2024

VII SEMANA de ALIMENTOS

Inovações e Desafios na Produção Agroindustrial de Alimentos

Organizadores

Wiaslan Figueiredo Martins
Ana Paula Stort Fernandes
Dayana Silva Batista Soares
Ellen Godinho Pinto
Erlon Alves Ribeiro
Josianny Alves Boeno
Suzane Martins Ferreira
Vania Silva Carvalho

Agronfy

2024

VII SEMANA de ALIMENTOS

Inovações e Desafios na Produção Agroindustrial de Alimentos

Organizadores

Wiaslan Figueiredo Martins
Ana Paula Stort Fernandes
Dayana Silva Batista Soares
Ellen Godinho Pinto
Erlon Alves Ribeiro
Josianny Alves Boeno
Suzane Martins Ferreira
Vania Silva Carvalho

Agronfy

VII SEMANA de ALIMENTOS

Inovações e Desafios na Produção Agroindustrial de Alimentos

Venda proibida

Open access

Revisado por pares

CONSELHO EDITORIAL

EDITOR CHEFE

Jackson Andson de Medeiros

CORPO EDITORIAL

Wiaslan Figueiredo Martins
Ana Paula Stort Fernandes
Dayana Silva Batista Soares
Ellen Godinho Pinto
Erlon Alves Ribeiro
Josianny Alves Boeno
Suzane Martins Ferreira
Vania Silva Carvalho

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Martins, Wiaslan Figueiredo [e outros sete organizadores]. Inovações e Desafios na Produção Agroindustrial de Alimentos / Wiaslan Figueiredo Martins, Ana Paula Stort Fernandes, Dayana Silva Batista Soares, Ellen Godinho Pinto, Erlon Alves Ribeiro, Josianny Alves Boeno, Suzane Martins Ferreira, Vania Silva Carvalho [organizadores]. Jardim do Seridó: Agronfy, 2025.

Formato digital.
Inclui referências bibliográficas e índice analítico.

ISBN: 978-65-85062-23-7

1. Agroindústria 2. Inovação Tecnológica 3. Segurança Alimentar 4. Microbiologia Preditiva 5. Modelagem Matemática 6. Atmosfera Modificada 7. Derivados Lácteos 8. Leite de Búfala 9. Tecnologia de Processamento 10. Sustentabilidade na Produção I. Martins, Wiaslan Figueiredo II. Fernandes, Ana Paula Stort III. Soares, Dayana Silva Batista IV. Pinto, Ellen Godinho V. Ribeiro, Erlon Alves VI. Boeno, Josianny Alves VII. Ferreira, Suzane Martins VIII. Carvalho, Vania Silva IX. Agron Food Academy (Brasil).

CDD 630

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03

Todas as opiniões e textos presentes neste livro são de inteira responsabilidade de seus autores e coautores.

AGRONFY
AGRONFY.COM.BR

Agronfy

VII SEMANA de ALIMENTOS

Inovações e Desafios na Produção Agroindustrial de Alimentos

COMISSÃO AVALIADORA

ALESSANDRA TOMÉ
DANIELLE SEVERO
DANILO DANTAS DA SILVA
ELLEN GODINHO PINTO
INGRID RAMALHO MARQUES
JACKSON ANDSON DE MEDEIROS
JONAS DA SILVA
LARISSA DA SILVA SANTOS PINHEIRO
MARIA DO SOCORRO DE CALDAS PINTO
MIRIAN CRISTINA FEITEN
WIASLAN FIGUEIREDO MARTINS

VII SEMANA de ALIMENTOS
Inovações e Desafios na Produção Agroindustrial de Alimentos

APRESENTAÇÃO

Este livro é uma coletânea de trabalhos científicos apresentados durante a VII Semana de Alimentos, realizada pelo Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos. A obra reúne estudos submetidos e aprovados no evento, cada um devidamente identificado por seu DOI, resumo e palavras-chave, evidenciando a diversidade de pesquisas desenvolvidas no campo da produção agroindustrial de alimentos.

Os trabalhos abrangem temas variados, como a análise da cinética de crescimento de microrganismos em filés de carne bovina embalados em atmosfera modificada, a revisão sobre a produção de derivados lácteos a partir de leite de búfala e a modelagem do comportamento de patógenos, como Salmonella spp., sob diferentes condições de armazenamento. Cada capítulo apresenta abordagens metodológicas que ressaltam os desafios e as inovações tecnológicas aplicadas à segurança, qualidade e eficiência dos processos produtivos no setor alimentar.

Orientada a partir da coletânea de trabalhos apresentados no evento, esta publicação serve como um importante registro das discussões técnicas e científicas ocorridas na VII Semana de Alimentos. Ao reunir contribuições relevantes para a agroindústria, o livro se torna uma referência indispensável para profissionais, pesquisadores e estudantes interessados em aprofundar seus conhecimentos e acompanhar as tendências e os desafios atuais na produção de alimentos.

SUMÁRIO

Capítulo 01 ..... **7**

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-01 ..... **7**

ESTUDO DA CINÉTICA DE CRESCIMENTO DE BACTÉRIAS DETERIORANTES EM FILÉ DE CARNE BOVINA EMBALADA EM ATMOSFERA MODIFICADA **7**

Capítulo 02 ..... **16**

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-02 ..... **16**

PRODUÇÃO DE DERIVADOS LÁCTEOS DE LEITE DE BÚFALA: UMA REVISÃO **16**

Capítulo 03 ..... **24**

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-03 ..... **24**

MODELAGEM DO COMPORTAMENTO DE *Salmonella* spp. NA PRESENÇA DE CLORETO DE SÓDIO E SOB DIFERENTES TEMPERATURAS DE ARMAZENAMENTO UTILIZANDO O *COMBASE* . **24**

Capítulo 04 ..... **30**

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-04 ..... **30**

EFEITO DO REVESTIMENTO COMESTÍVEL À BASE DE FÉCULA DE MANDIOCA NAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE *DOVYALIS* (*Dovyalis abyssinica*) DURANTE O ARMAZENAMENTO **30**

Capítulo 05 ..... **37**

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-05 ..... **37**

IMPORTÂNCIA DA HIGIENE NA SALA DE ORDENHA PARA A QUALIDADE DO LEITE **37**

Capítulo 06 ..... **46**

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-06 ..... **46**

UTILIZAÇÃO DE PASTAGENS DO CERRADO PARA OVINOS **46**

Capítulo 07 ..... **54**

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-07 ..... **54**

USO DO LEITE DE CABRA NA NUTRIÇÃO HUMANA COMO ALTERNATIVA A INTOLERANTE LACTOSE **54**

Capítulo 08 ..... **60**
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-08 ..... **60**
CINÉTICA DE CRESCIMENTO DE Salmonella Enteritidis EM CULTIVO MISTO COM Clostridium botulinum NÃO PROTEOLÍTICO EM QUICHE. **60**

Capítulo 09 ..... **68**
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-09 ..... **68**
PRINCIPAIS MICRORGANIMOS PATOGÊNICOS PRESENTES EM QUEIJO MINAS ARTESANAL **68**

Capítulo 10 ..... **80**
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-10 ..... **80**
DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DO FRUTO DE ORA-PRO-NÓBIS **80**

Capítulo 11 ..... **86**
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-11 ..... **86**
INTERFERÊNCIA DA FIBRA NA DIETA NA QUALIDADE DO LEITE **86**

Capítulo 12 ..... **93**
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-12 ..... **93**
USO DE ADITIVOS NUTRICIONAIS NA MELHORIA DA QUALIDADE DO LEITE **93**

Capítulo 13 ..... **98**
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-13 ..... **98**
CINÉTICA DE CRESCIMENTO DE *Escherichia coli* EM ALFACE AMERICANA SOB DIFERENTES CONDIÇÕES ISOTÉRMICAS DE ARMAZENAMENTO **98**

Capítulo 14 ..... **104**
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-14 ..... **104**
O CAFÉ: DIVERSAS FUNÇÕES NA SAÚDE HUMANA **104**

Capítulo 15 ..... **115**
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-15 ..... **115**
BACTÉRIAS MALÉFICAS NA PRODUÇÃO DE PRODUTOS LÁCTEOS . **115**

Capítulo 16 ..... **122**
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-16 ..... **122**
Efeitos da Contagem de Células Somáticas (CCS) na Composição do Leite Bovino **122**

Capítulo 17 132
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-17 132
DESAFIO DA UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS ALIMENTARES EM PRODUTOS DE SUPLEMENTAÇÃO ESPORTIVA: UMA REVISÃO 132

Capítulo 18 142
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-18 142
BISCOITOS ELABORADOS COM FARINHAS ALTERNATIVAS: UMA REVISÃO 142

Capítulo 19 154
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-19 154
ESTUDO COMPARATIVO DA COMPOSIÇÃO DO LEITE DE VACAS EM CONDIÇÕES DE MANEJO SEMELHANTES 154

Capítulo 20 162
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-20 162
CONTROLE DE QUALIDADE DE BIOINOCULANTES PRODUZIDOS ON FARM 162

Capítulo 21 170
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-21 170
ABORDAGEM SIMPLIFICADA PARA MODELAGEM DO CRESCIMENTO DE *Listeria monocytogenes* EM FATIAS DE QUEIJO BRANCO EMBALADO A VÁCUO 170

Capítulo 22 177
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-22 177
FATORES QUE INFLUENCIAM A PRODUÇÃO E O SABOR DO LEITE DE CABRA 177

Capítulo 23 186
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-23 186
EFEITO DE QUEDA SOBRE A QUALIDADE DE TOMATES 186

Capítulo 24 194
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-24 194
ADAPTAÇÃO CRUZADA DE *Cronobacter sakazakii* AO CINAMALDEÍDO SOB ESTRESSE ÁCIDO 194

Capítulo 25 201
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-25 201
ACESSIBILIDADE À INFORMAÇÃO NUTRICIONAL A PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL: UMA REVISÃO 201

Capítulo 26 210
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-26 210
PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DE EXTRATO ENZIMÁTICO DE ALFA AMILASE, AMILOGLUCOSIDASE E CELULASE NA FORMULAÇÃO DE PÃES SEM GLÚTEN 210

Capítulo 27 5
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-27 5
BACTÉRIAS PATOGÊNICAS DE IMPORTÂNCIA EM ALIMENTOS 5

Capítulo 28 19
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-28 19
DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS NO ROMÃ 19

Capítulo 29 25
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-29 25
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS CASTANHAS DO CERRADO 25

Capítulo 30 31
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-30 31
DESENVOLVIMENTO DE HAMBÚRGUER COM ADIÇÃO DE FARINHA DE AMORA 31

Capítulo 31 38
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-31 38
ANÁLISE QUANTITATIVA DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM GRÃOS DE CAFÉ CRU E TORRA TRADICIONAL 38

Capítulo 32 44
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-32 44
DESENVOLVIMENTO DE HAMBÚRGUER COM CASCA DE BANANA, GRÃO DE BICO, ENRIQUECIDO COM CHIA 44

Capítulo 33 54

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-33 54

EMPREGO DA NANOTECNOLOGIA EM EMBALAGENS DE ALIMENTOS E POSSÍVEIS EFEITOS NEGATIVOS PARA A SAÚDE: UMA REVISÃO... 54

Capítulo 34 69

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-34 69

AVALIAÇÃO DE PADRÕES MICROBIOLÓGICOS DE QUEIJOS MINAS ARTESANAIS DA MICRORREGIÃO DO CAMPO DAS VERTENTES..... 69

Capítulo 35 5

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-35 5

MAPEAMENTO GLOBAL DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE MICROENCAPSULAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS ALIMENTARES: TENDÊNCIAS, IMPACTO E DIREÇÕES FUTURAS 5

Capítulo 36 19

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-36 19

VALORIZAÇÃO DE SEMENTES DE INGÁ (*Inga laurina* Willd) PELO USO DE TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL PARA A EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS 19

Capítulo 37 31

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-37 31

MODELAGEM PREDITIVA E SIMULAÇÃO DO CRESCIMENTO DE *Staphylococcus aureus* EM CONDIÇÕES ISOTÉRMICAS E DINÂMICAS UTILIZANDO O SOFTWARE *COMBASE* 31

Capítulo 38 40

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-38 40

DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS FUNCIONAIS E SEM GLÚTEN A PARTIR DE BATATAS-DOCES 40

Capítulo 39 52

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-39 52

COBERTURAS BIODEGRADÁVEIS: EFEITOS SOBRE A VIDA ÚTIL DE TOMATES TIPO ITALIANO 52

Capítulo 40 61
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-40 61
HIDROCOLOIDES NATURAIS COMO MELHORADORES TECNOLÓGICOS E DE TEXTURA EM IOGURTES DE LEITE DE CABRA: REVISÃO COM FOCO NO USO DE ORA-PRO-NÓBIS 61

Capítulo 41 69
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-41 69
PERFIL FÍSICO-QUÍMICO DE VACAS LEITEIRAS DA REGIÃO SUL DO ESTADO DE GOIÁS 69

Capítulo 42 76
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-42 76
MODELAGEM DO CRESCIMENTO DE BACTÉRIAS AERÓBIAS EM CARNE FRESCA UTILIZANDO O *COMBASE* 76

Capítulo 43 83
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-43 83
DESENVOLVIMENTO DE MASSAS ALIMENTÍCIAS ISENTAS DE GLÚTEN- UMA REVISÃO 83

Capítulo 44 94
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-44 94
A INFLUÊNCIA DO AGENTE LOCAL DE INOVAÇÃO RURAL NA APLICAÇÃO DO CONTROLE GERENCIAL NA PECUÁRIA DE RECRIA NO SUL DO ESTADO DE GOIÁS 94

Capítulo 45 101
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-45 101
ATIVIDADE BACTERICIDA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE CRAVO, HORTELÃ-PIMENTA, MANJERONA E LIMÃO TAHITI SOBRE *Listeria monocytogenes* 101

Capítulo 46 110
DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-46 110
RESÍDUO DE MARACUJÁ NA DIETA DE RUMINANTES 110

Capítulo 01

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-01

ESTUDO DA CINÉTICA DE CRESCIMENTO DE BACTÉRIAS DETERIORANTES EM FILÉ DE CARNE BOVINA EMBALADA EM ATMOSFERA MODIFICADA

João Vyktor Bueno Gonçalves Silva; Samara Rodrigues da Silva; Sofiah Laura de Campos Siqueira; Ellen Godinho Pinto; Dayana Silva Batista Soares; Ana Paula Stort Fernandes; Wiaslan Figueiredo Martins*

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: wiaslan.martins@ifgoiano.edu.br*

Resumo: O estudo analisou a cinética de crescimento de bactérias deteriorantes em filés de carne bovina embalados em atmosfera modificada (MAP) e armazenados em diferentes temperaturas (0 °C, 5 °C, 10 °C e 15 °C). O objetivo foi avaliar o comportamento microbiano para melhorar a gestão da vida útil do produto. Utilizando dados do banco *ComBase* e modelos matemáticos (primários e secundários), como o modelo de Baranyi e Roberts, o crescimento bacteriano foi ajustado para obter os parâmetros como velocidade máxima específica de crescimento ($\mu_{máx}$) e duração da fase de latência (λ). Os resultados mostraram que o aumento da temperatura acelera o crescimento bacteriano, reduzindo o tempo de adaptação (fase lag) e favorecendo condições ideais para bactérias psicrotróficas, como *Pseudomonas* spp. O modelo de Baranyi apresentou alto desempenho estatístico (R^2 entre 0,871 e 0,992) para todas as temperaturas), indicando bom ajuste aos dados experimentais. Conclui-se que a temperatura influencia diretamente na deterioração da carne, e o uso de MAP associado à microbiologia preditiva pode otimizar a conservação e a segurança dos produtos cárneos, sendo uma ferramenta essencial para a indústria alimentícia.

Palavras–chave: atmosfera modificada; carne bovina; microbiologia preditiva; modelos matemáticos; temperatura

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o consumo de carne bovina tem experimentado um aumento constante. Nos quais os bifes preparados, em particular, conquistaram um lugar especial no coração dos consumidores, devido às suas qualidades de macieis, suculência e claro, por ser deliciosas. Além disto, por se considerar uma grande fonte de proteínas e nutrientes, a carne bovina se torna altamente atrativa pelo seu sabor e pelas suas características na culinária.

Entretanto devido ser uma grande fonte nutricional, durante o seu armazenamento, esse alimento torna propenso para o crescimento bacteriano e os processos metabólicos, podendo influenciar na mudança da aparecia do alimento, causando a redução de sua qualidade e a perda do seu valor econômico. Contudo a presença da atividade enzimática e a oxidação lipídica, são amplamente reconhecidos pelo crescimento e os metabólicos de bactérias psicrófilas, sendo a principais culpadas pela deterioração da carne (1).

Essa deterioração microbiana, é um processo complexo, influenciado pela competição entre os diferentes tipos de micro-organismos e suas interações tanto

biológicas quanto ambientais (2). Embora esse processo depende, principalmente, do tipo de carne, das práticas de higiene durante o abate e do processamento, além das condições de armazenamento. Sendo assim, as combinações desses fatores podem acelerar ou retardas a manipulação da carne, podendo afetar a sua segurança e qualidade (3).

No entanto, estudos realizados demonstraram que diferentes condições de armazenamento, como o uso de atmosfera modificadas, a temperatura e a aplicação de compostos antibacterianos desempenham um papel fundamental no crescimento e a sucessão microbiana da carne (4,5). Assim devido ao fato de as bactérias serem responsáveis por ocasionar perdas significativas para indústria de carne, muitas vezes se torna difícil estabelecer uma relação direta entre um tipo específico de limitações e a bactéria envolvida, ou mesmo entender como a interação entre um conjunto de várias espécies possa contribuir ao processo de deterioração do alimento (6).

A temperatura é o principal fator ambiental que influencia diretamente a essas mudanças. O abuso da temperatura em alimentos refrigerados é um problema frequente que afeta a qualidade e a segurança dos produtos alimentícios, pois favorece o crescimento de micro-organismos deteriorantes e patógenos transmitidos por alimentos (7).

Contudo, devido aos fatores gerados por esses micro-organismo, faz com que a vida útil da carne bovina se torna bastante reduzida. Dessa forma, para a preservação do alimento, o uso da embalagem vem se tornando métodos eficazes, podendo garantir que os produtos de carne bovina mantenham a sua aparência e qualidade originais a um período mais prolongado, ofertando tempos de processamento mais flexíveis ao especial de carne bovina e garantido a segurança dos produtos (8).

A alta concentração de oxigênio sobre os produtos de carne bovina, também pode contribuir para o desempenho das bactérias aeróbias, além de aumentar a oxidação das gorduras, o que resulta em sabores rançosos e prejudica a sua qualidade. Devido esse grande problema o uso de embalagem em atmosfera modificada (MAP) se tornou amplamente empregadas pelas empresas de carne. O MAP é uma tecnologia que modifica a mistura de gases dentro de uma embalagem para aumentar a durabilidade e aprimorar a qualidade dos produtos cárneos. Esse processo é realizado ao controlar o desenvolvimento de micro-organismos e reduzir os processos metabólicos que contribuem para a deterioração da carne (9).

Desta forma, o processo dessa a embalagem, tem como objetivo de aumentar a durabilidade e a qualidade da carne, inibindo o crescimento e as atividades metabólicas dos micro-organismos. Atualmente, existem diferentes tipos de embalagens de atmosfera modificada, usadas na conservação de carne bovina, como o MAP de baixo oxigênio (O_2), com alto oxigênio (O_2), anóxido e com monóxido de carbono (CO). Contudo os níveis de oxigênio e dióxido de carbono presentes nas embalagens têm um impacto significativo no crescimento de bactérias deteriorantes. Assim como descrito por Couvert *et al*. (10), foi observado que, exceto *Leuconostoc mesenteroides*, que é resistente ao dióxido de carbono, o crescimento das outras espécies bacterianas diminui de forma proporcional com o aumento da concentração de CO_2.

A microbiologia preditiva engloba conceitos de microbiologia de alimentos, matemática, estatística e informática para estudar a dinâmica de crescimento de micro-organismos. Ela baseia-se em análise de todas as fases de crescimento do micro-organismo, desde a fase lag, em que o micro-organismo se encontra em adaptação no ambiente, a fase exponencial, que é caracterizada pelo crescimento acelerado dos micro-organismos, predominando as células mais jovens e a fase estacionária, que se característica por possuir o mesmo número de células viáveis e não viáveis (11).

A utilização de modelos matemáticos auxilia na obtenção de dados sobre o comporta mento dos micro-organismos, tanto na sua inativação ou no seu crescimento.

Os modelos a serem utilizados são divididos em modelos primários, secundários e terciários. Os modelos primários representam a dinâmica dos micro-organismos em condições constantes, em função do tempo. Já os secundários descrevem a influência dos fatores intrínsecos ou extrínsecos sobre o crescimento dos micro-organismos e, por fim, os modelos terciários se detém na utilização de softwares capazes de realizarem a consolidação dos dados obtidos nos modelos primários e secundários (12).

Diante desse contexto, o objetivou-se estudar a cinética de crescimento de bactérias aeróbias deteriorantes em filé de carne bovina embalada em atmosfera modificada e armazenada em diferentes condições isotérmicas, utilizando o *DMFit*.

MATERIAL E MÉTODOS

Dados de crescimento

Os dados de crescimento em diferentes temperaturas foram obtidos no banco de dados *ComBase* (www.combase.cc) utilizando a categoria de alimento "*Beef*", e micro-organismo "*Total spoilage aerobic bacteria*". Foram selecionados dados do crescimento (log_{10} UFC/g) de bactérias aeróbicas em filé de carne bovina fresca (pH 5,4–5,6), embalado a vácuo e ar em quatro temperaturas de armazenamento (0 °C, 5 °C, 10 °C e 15 °C). Os dados foram reportados da pesquisa de Skandamis e Nychas (14), intitulada "*Preservation of fresh meat with active and modified atmosphere packaging conditions*". Os autores, nessa pesquisa, avaliaram a eficácia de compostos voláteis do óleo essencial de orégano em combinação com o uso de condições de embalagem em atmosfera modificada no crescimento de bactérias aeróbicas.

Modelagem primária

Para uma avaliação mais biológica sob a presença de micro-organismos e as consequências que eles desencadeiam no alimento armazenado foi utilizado o modelo matemático primário. Ele analisa a dinâmica do micro-organismo em função do tempo, o modelo matemático primário sigmoidal com função de ajuste, Baranyi e Roberts (13) (Equações 1, 2 e 3) que foi ajustado às curvas experimentais de bactérias aeróbicas em diferentes temperaturas.

$$y(t) = y_0 + \mu_{máx}F(t) - \ln\left\{1 + \frac{e^{\mu_{máx}F(t)} - 1}{e^{y_{máx} - y_0}}\right\} \quad (1)$$

$$F(t) = t + \left(\frac{1}{\mu_{máx}}\right)\ln\left[e^{(-\mu_{máx}t)} + e^{(-h_0)} - e^{(-\mu_{máx}t - h_0)}\right] \quad (2)$$

$$h_0 = \mu_{máx}\lambda \quad (3)$$

Nas equações, $y(t)$ é o logaritmo da concentração microbiana N (UFC/g) no tempo t (horas), ou seja, $y(t) = log\ [N(t)]$. O parâmetro $\mu_{máx}$ é a velocidade máxima específica de crescimento (h^{-1}); λ é a duração da fase de latência (h); y_0 é o logaritmo da concentração microbiana inicial, $y_0 = log\ (N_0)$; $Y_{máx}$ é o logaritmo da população máxima, $Y_{máx}$ = log ($N_{máx}$); h_0 é o parâmetro relacionado ao estado fisiológico das células (adimensional); $F(t)$ é a função do modelo Baranyi e Roberts.

Modelagem secundária

Os modelos secundários Linear e Exponencial (Equações 4 e 5, respectivamente) foram usados para descrever o efeito da temperatura na velocidade específica máxima de crescimento ($\mu_{máx}$), em que a e b são parâmetros empíricos e T é a temperatura de armazenamento (°C).

$$\mu_{máx} = aT + b \quad (4)$$

$$\mu_{máx} = aexp^{(bT)} \quad (5)$$

Análises numéricas

Os ajustes do modelo primário aos dados experimentais de crescimento de bactérias aeróbicas em carne bovina em atmosfera modificada nas temperaturas de armazenamento entre 0 °C e 15 °C foram realizados no *DMFit* online, na interface do *Combase*. O ajuste foi realizado em apenas uma etapa, obtendo os parâmetros $\mu_{máx}$, λ, y_0 e $Y_{máx}$. Os modelos secundários foram ajustados no programa Microsoft Excel®.

Avaliação do desempenho dos modelos

Para avaliar o desempenho do modelo primário, foram usados o Coeficiente de Determinação (R^2) e o Erro Padrão (EP) do ajuste, obtidos no *DMFit*. Um valor de R^2 = 1 e EP = 0 indica que existe uma concordância perfeita entre todos os dados experimentais e os valores do ajuste do modelo. Já o desempenho dos modelos secundários foi avalia do pelo R^2, obtido do ajuste dos modelos aos dados de $\mu_{máx}$ em função da temperatura de armazenamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados sobre a cinética de crescimentos das bactérias deteriorantes usados nesse trabalho foram obtidos do artigo de Skandamis, George-John e Nychas (14). Embora o comportamento das bactérias deteriorantes em bife de carne bovina, foi analisado pelo autor, com intuito de avaliar a velocidade de crescimento desses micro-organismos sobre a embalagem em atmosfera modificada, em relação a variações de temperatura, sendo a 0 °C, 5 °C, 10 °C e 15 °C de armazenamento. Dessa forma, o modelo de Baranyi e Roberts foi ajustado aos dados de crescimento utilizando o software *DMFit* do site do *Combase*.

No entanto a curva de crescimento das bactérias deteriorante em file da carne bovina embaladas em atmosfera modificada e os ajustes com o modelo de Baranyi e Roberts sobre os dados experimentais nas temperaturas 0 °C, 5 °C, 10 °C e 15 °C de armazenamento estão representadas na Figura 1.

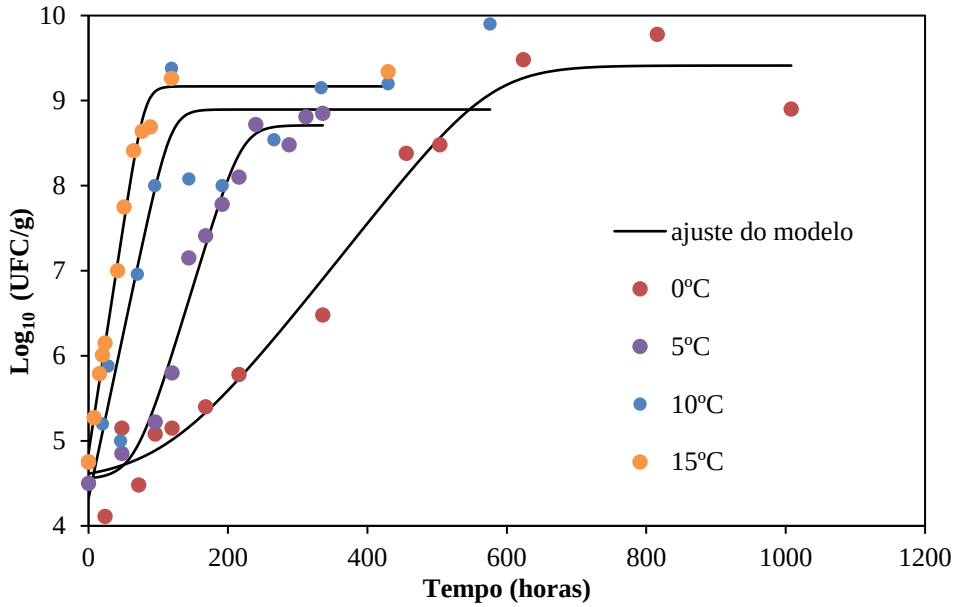


Figura 1- A curva de crescimento das bactérias deteriorantes em file de carne bovina embalada em atmosfera modificada e os ajustes com o modelo de Baranyi e Roberts, aos dados experimentais nas temperaturas 0 ºC, 5 ºC, 10 ºC e 15 ºC de armazenamento. No gráfico os dados experimentais estão representados pelos símbolos em círculo e as linhas estão representando o modelo de ajuste de Baranyi e Roberts.

Tabela 1 – Os parâmetros do crescimento estimados pelo ajuste do modelo de Baranyi e Roberts, sobre os dados experimentais de bactérias deteriorantes em file de carne bovina embalada em atmosfera modificada, artificialmente inoculada a temperatura de 0 ºC, 5 ºC, 10 ºC e 15 ºC e os índices estatísticos de desempenho de modelo.

Temperatura (°C)	**Parâmetros de crescimento**			**Índices estatísticos**	
	$\mu_{máx}$ (1/h)	λ (h)	$y_{máx}$ ($\log_{10}$UFC/g)	R^2	Erro padrão
0	0,0105	118,444	9,412	0,967	0,369
5	0,0271	64,717	8,709	0,981	0,241
10	0,0389	0	8,895	0,871	0,694
15	0,0536	0	9,159	0,992	0,151

A temperatura é um dos principais fatores extrínsecos que influenciam diretamente o desenvolvimento microbiano. Cada micro-organismo possui uma faixa ideal de temperatura para multiplicação, com limites mínimo, ótimo e máximo que definem seu desempenho. Esse fator afeta diretamente tanto o crescimento quanto a velocidade de proliferação dos micro-organismos ao contaminarem alimentos. Assim, quando a temperatura se aproxima da faixa ótima, observa-se uma alta velocidade de crescimento. Por outro lado, à medida que a temperatura se afasta dessa faixa ideal, o crescimento microbiano tende a diminuir.

A Figura 1 e a Tabela 1 evidenciam que a velocidade específica máxima de crescimento de bactérias deteriorantes em filés de carne bovina variou de 0,0105 h^{-1} a 0,0536 h^{-1}, conforme as temperaturas de 0 °C a 15 °C, respectivamente. Isso demonstra que a velocidade de crescimento desses micro-organismos é diretamente proporcional ao aumento da temperatura do ambiente. No entanto, o crescimento dessas bactérias está relacionado ao fato de que o filé de carne bovina é um substrato propício para o desenvolvimento desses micro-organismos, mesmo quando armazenado sob condições de refrigeração, caracterizando-os como psicrotróficos.

Assim como apontado por Muir (15), o armazenamento do alimento sobre baixa temperatura é uma técnica bastante utilizada, por promover a redução na multiplicação microbiana, porém com o prolongamento do tempo de estocagem sobre essa condição, maiores será a possibilidade de causarem alterações sobre o alimento, devido as ações desse micro-organismo psicrotrófico, tendo como predomínio a bactérias do gênero *Pseudomonas* spp.

Além disso, pode se observar o formato sigmoidal das curvas de crescimento nas temperaturas entre 0 °C e 15 °C, pode ser visto que esse micro-organismo apresentou uma alta velocidade de crescimento, sendo está 0,0105 h^{-1} a 0,0536 h^{-1} mutuamente. Esse fator é devido ao aumento da temperatura, tornou-se as condições propicias ao ambiente para essas microbiotas.

Sendo assim, é possível verificar uma redução do tempo da fase lag (λ), com relação ao aumento da temperatura, apesar de ter obtido somente dois valores dessa fase, nota-se a redução entre os valore. Em comparação o valor máximo obtido se deu sobre a temperatura de 0 °C (λ = 118,444 h), decaindo-se com o aumento da temperatura a 5 °C (λ = 64,717 h). Portanto esse fato pode estar relacionado ao estado fisiológico das células do micro-organismo, o qual essa alteração, proveu-se que essas bactérias se encontravam condições adaptáveis, elevando o seu o índice de multiplicação quando submetidos as condições do armazenamento, evidenciando-se então, com a redução de um menor período para que a células se adapta e acomodam ao alimento, com a elevação da temperatura de refrigeração.

Contudo o modelo de Baranyi e Roberts se adequou bem aos dados de crescimento das bactérias deteriorantes de bife de carne bovina embalada em atmosfera modificada, tendo o valor de R^2 variando de 0,871 a 0,992 para as temperaturas de 0 °C a 15 °C, de modo recíproco, destacando-se para a temperatura de 15 °C, o qual apresentou o R^2 de 0,992. Já os valores do erro padrão variaram-se de 0,151 a 0,694, sendo que o valor menor, obtido na temperatura de 15 °C.

Assim como (16), também obteve resultados semelhantes sobre o crescimento da *Pseudomonas* spp. em carne suína, com a variação da temperatura (4,5 °C, 7,1 °C, 9,1 °C, e 10,4 °C) influenciando nos resultados da velocidade de crescimento desse micro-organismo, provendo a redução da fase lag (λ). Ainda segundo o mesmo autor o valor de R^2 apontado apresentou variância de 0,971 a 0,993, deste modo valores de R^2 próximos a 1, representa um melhor desempenho do modelo. Além disto, os valores de erro padrão mais próximo a zero, indica-se a melhor aproximação entre os valores preditivos com a estimação dos dados real. Resultados esses que corroboram com os encontrados neste trabalho, demonstrando que a variação de temperatura influencia no desenvolvimento do micro-organismo no alimento.

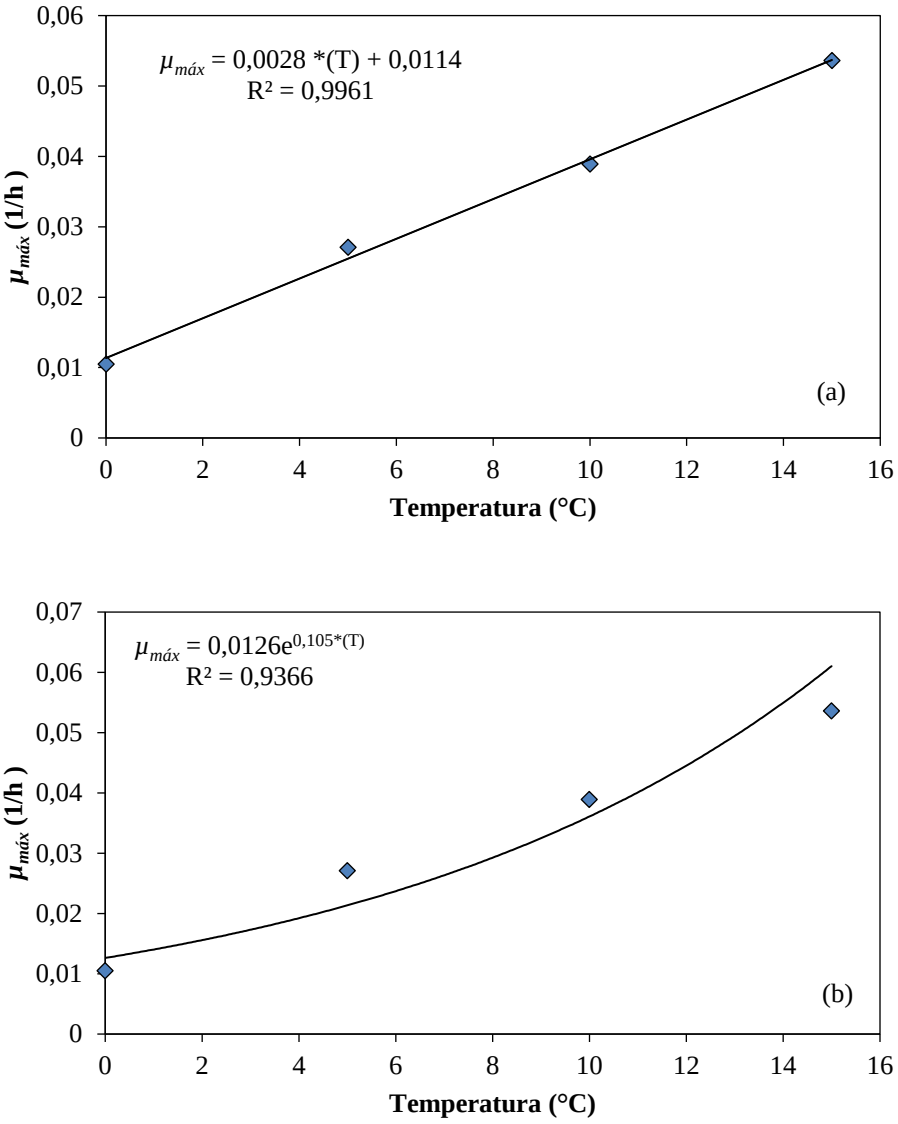


Figura 2 - Modelos secundários que representam o efeito da temperatura no parâmetro velocidade específica máxima de crescimento ($\mu_{máx}$) de bactérias aeróbias deteriorantes em bife bovino. (a) modelo linear e (b) modelo exponencial.

CONCLUSÕES

O modelo primário de Baranyi e Roberts demonstrou bom desempenho ao descrever o crescimento de bactérias deteriorantes em filés bovinos embalados em atmosfera modificada, sob diferentes temperaturas de armazenamento (0 °C, 5 °C, 10 °C e 15 °C). Além disso, o modelo linear primário foi eficaz em representar a influência da temperatura na velocidade de crescimento desses micro-organismos. Esses resultados evidenciam o potencial da microbiologia preditiva como uma ferramenta essencial para a indústria alimentícia, especialmente no gerenciamento da vida útil e na conservação de produtos cárneos, promovendo maior segurança e qualidade nos alimentos.

REFERÊNCIAS

1. Shao L, Wang H, Li C, Wang X, Xu Y, Feng Y. Avanços na compreensão da predominância, fenótipos e mecanismos de bactérias relacionadas à deterioração da carne. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2021.

2. Doulgeraki AI, Ercolini D, Villani F, Nychas GJE. Spoilage microbiota associated to the storage of raw meat in different conditions. Int J Food Microbiol. 2012;157(2):130–141. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2012.05.020.

3. Chaillou S, Chaulot-Talmon A, Caekebeke H, Cardinal M, Christieans S, Denis C, et al. Origin and ecological selection of core and food-specific bacterial communities associated with meat and seafood spoilage. ISME J. 2015;9(5):1105–1118.

4. Doulgeraki AI, Nychas GJE. Monitoring the succession of the biota grown on a selective medium for pseudomonads during storage of minced beef with molecular-based methods. Food Microbiol. 2013;34(1):62–69. doi: 10.1016/j.fm.2012.11.017.

5. Doulgeraki AI, Paramithiotis S, Kagkli DM, Nychas GJE. Lactic acid bacteria population dynamics during minced beef storage under aerobic or modified atmosphere packaging conditions. Food Microbiol. 2010;27(8):1028–1034. doi: 10.1016/j.fm.2010.07.004.

6. Zagorec M, Champomier-Vergès MC. *Lactobacillus sakei*: A starter for sausage fermentation, a protective culture for meat products. Microorganisms. 2017;5(3):56.

7. Homem CMD. Testes de armazenamento de alimentos. In: Subramariam P, editor. A estabilidade e a vida útil dos alimentos. 2ª ed. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd.; 2016. p. 171–198.

8. Stella S, Bernardi C, Tirloni E. Influence of skin packaging on raw beef quality: A review. J Food Qual. 2018;2018:7464578.

9. Kandeepan G, Tahseen A. Modified atmosphere packaging (MAP) of meat and meat products: A review. J Packag Technol Res. 2022;6(3):137–148.

10. Couvert O, Launay C, Callon C, Grosset N, Jeanson S. Effects of carbon dioxide and oxygen on the growth rate of various food spoilage bacteria. Food Microbiol. 2023;114:104289.

11. Schlei KP, Costa ES, Azevedo NL, Silva LB. Microbiologia preditiva: aspectos gerais e tendências. Perspectivas da Ciência e Tecnologia. 2018;10:52–68.

12. Robazza WS, Teleken JT, Gomes GA. Modelagem Matemática do Crescimento de Microrganismos em Alimentos. Trends Comput Appl Math. 2010;1:101–110.

13. Baranyi J, Roberts TA. A dynamic approach to predicting bacterial growth in food. Int J Food Microbiol. 1994;23:277–294.

14. Skandamis PN, Nychas GJE. Preservation of fresh meat with active and modified atmosphere packaging conditions. Int J Food Microbiol. 2002;79(1–2):35–45. doi: 10.1016/S0168-1605(02)00177-0.

15. Muir DD. The shelf-life of dairy products: factors influencing raw and fresh products. J Soc Dairy Technol. 1996;49:24–32.

16. Zomer M. Exploratory investigation into the experimental design of shelf-life tests with fresh meat as a model system (in Dutch). TNO report. 1992;92.603.

Capítulo 02

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-02

PRODUÇÃO DE DERIVADOS LÁCTEOS DE LEITE DE BÚFALA: UMA REVISÃO

Débora Rodrigues Vieira Toledo; Maria Carolina Gonçalves de Paula; Ellen Godinho Pinto; Dayana Silva Batista Soares; Ana Paula Stort Fernandes; Danielle de Sousa Severo; Maria do Socorro de Caldas Pinto; Andréia Santos Cezário; Wiaslan Figueiredo Martins*

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: wiaslan.martins@ifgoiano.edu.br*

Resumo: O leite de búfala é reconhecido por suas propriedades nutricionais superiores, incluindo altos teores de proteínas, gorduras e minerais, o que o torna uma matéria-prima promissora para a produção de derivados lácteos. Este artigo revisa os avanços no desenvolvimento desses produtos, destacando suas características físico-químicas, sensoriais e funcionais. A incorporação de ingredientes como frutas tropicais e sementes funcionais, como chia, tem ampliado as possibilidades de desenvolvimento de produtos inovadores e saudáveis. Inicialmente, são abordadas as propriedades intrínsecas do leite de búfala e sua relevância no mercado de lácteos. Em seguida, discute-se a incorporação de ingredientes funcionais, como frutas tropicais e sementes de chia, que têm impulsionado a criação de produtos inovadores e saudáveis. Estudos demonstram que o iogurte de leite de búfala apresenta melhor consistência, sabor agradável e maior valor nutricional comparado a produtos à base de leite bovino. Além disso, as técnicas de processamento e estocagem influenciam diretamente na qualidade final dos derivados. Conclui-se que o leite de búfala oferece um amplo potencial para a diversificação e aprimoramento de produtos lácteos, alinhando-se às demandas crescentes por alimentos diferenciados e funcionais no mercado atual. Esta revisão consolida informações cruciais para o desenvolvimento de derivados inovadores, contribuindo para atender às expectativas dos consumidores por produtos lácteos de alta qualidade.

Palavras–chave: produtos lácteos; inovação; leite bubalino; tecnologias de processamento

INTRODUÇÃO

Estima-se que os búfalos contribuam com 12% da produção mundial de leite, de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Esse mesmo percentual é aplicado à contribuição do leite na bubalinocultura brasileira. Assim, em 2022, o Brasil produziu cerca de 34.609.218 mil litros de leite, gerando uma receita de R$ 80.043.813 (1). Desses valores, os búfalos produziram aproximadamente 4.153.107 mil litros, gerando uma receita estimada de R$ 9.605.258 para o setor leiteiro do país.

O leite de búfala ou leite bubalino se diferencia do leite de vaca por suas características físico-químicas distintas. Sua composição é composta por 4% de proteína, 8% de lipídios, 4,9% de lactose, 82% de água e um total de 214% de colesterol. Isso confere ao leite bubalino um rendimento industrial 40% maior na produção de produtos lácteos em comparação ao leite bovino (2).

Outras características notáveis do leite bubalino incluem a ausência de β-caroteno, valores de sais minerais e acidez titulável (3). Por isso, o leite bubalino é uma base promissora para o desenvolvimento de iogurtes, atendendo à demanda por alimentos práticos e de alta qualidade (4). Estudos recentes indicam que o leite de búfala é mais eficiente para a produção de derivados lácteos devido ao seu maior conteúdo nutricional e rendimento superior (5,6).

No Brasil, com destaque para as regiões Norte e Sudeste, existe um grande potencial para o desenvolvimento da bubalinocultura (5). Contudo, apesar de suas vantagens, o consumo de derivados de leite de búfala ainda é limitado. Essa lacuna oferece oportunidades para a promoção de produtos de alto valor agregado, como iogurtes, leites fermentados, leite em pó, queijos, dentre outros. Este artigo revisa os avanços na produção de derivados lácteos de leite de búfala, com foco nas características nutricionais, sensoriais e no impacto da utilização de ingredientes adicionais.

METODOLOGIA

A presente revisão foi elaborada com base em uma pesquisa bibliográfica sistemática conduzida em bases de dados científicas renomadas, como *SciELO*, *Google Scholar*, Periódicos Capes e *ScienceDirect*. Foram consideradas publicações do período de 2010 a 2024. Os descritores utilizados incluíram “leite de búfala”, “produtos lácteos inovadores” e “iogurte funcional”. A seleção dos estudos destacou artigos que explorassem aspectos das propriedades nutricionais, sensoriais e funcionais do leite de búfala, bem como técnicas inovadoras de processamento e conservação aplicadas ao desenvolvimento de derivados lácteos. Adicionalmente, foram incorporadas referências citadas em artigos relevantes, permitindo a inclusão de informações atualizadas ou anteriores ao intervalo temporal definido, sempre que pertinente e quando as definições permaneceram inalteradas.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os componentes apresentados no leite bubalino são de muito interesse para a indústria de derivados, pois resultam em produtos mais rentáveis e de maior qualidade, de acordo com Rocha *et al*. (4). O leite bubalino quando utilizado em derivados apresenta ótima qualidade sensorial e nutricional, devido ao maior teor de cálcio e vitamina A, além disso, confere aos produtos um sabor suave no paladar, além de ser excelente em questão de rendimento no seu processamento (7).

Em testes sensoriais, alguns autores comprovaram que o iogurte grego à base de leite bubalino pode ser amplamente aceito. Garmus *et al*. (8), Guimarães *et al*. (9) e Medeiros *et al*. (10) obtiveram números satisfatórios de aceitabilidade de iogurte grego à base de leite bubalino.

Devido às características nutricionais do leite bubalino, identifica-se esse, como uma ótima matéria-prima para produção de iogurte, mesmo com poucos estudos sobre essa utilização, os que existem, procura viabilizar a fabricação (11,12).

Produtos lácteos à base de leite bubalino

Nos últimos anos, a demanda por produtos lácteos à base de leite bubalino no Brasil tem crescido de forma constante, incentivando o desenvolvimento tecnológico nas propriedades leiteiras, impulsionadas pela maior demanda por esses produtos no mercado (13). O leite bubalino, apreciado por seu sabor característico e alta qualidade nutricional, tem sido amplamente utilizado na produção de produtos lácteos. Sob a perspectiva

sensorial, esse leite apresenta sabor ligeiramente mais doce e coloração mais branca, devido à ausência de caroteno em sua gordura. Além disso, possui maior teor de gordura em comparação ao leite de vaca, o que o torna mais vantajoso para a produção de laticínios. Por exemplo, para produzir 1 kg de manteiga, são necessários 14 litros de leite bubalino, enquanto a mesma quantidade de manteiga requer 20 litros de leite de vaca (14, 15).

O mercado de laticínios tem registrado um crescente destaque para o leite de búfala, impulsionado pelo sucesso e expansão das vendas de produtos derivados de criadores de búfalos. Esse crescimento reflete o desenvolvimento de uma ampla variedade de produtos mais diversificados e atraentes para os consumidores. Atualmente, laticínios oferecem em seus portfólios uma gama abrangente de itens, incluindo manteiga, provolone, requeijão, iogurte, ricota, cottage, queijo fresco e a tradicional mozzarella de búfala, consolidando a importância do leite bubalino no mercado (16). Paralelamente, estudos recentes têm aprofundado a análise da produção e das características dos produtos de leite de búfala, destacando seus níveis superiores de nutrientes em relação ao leite de vaca (5,6). Esses atributos tornam o leite de búfala uma matéria-prima altamente eficiente para a produção de derivados lácteos, contribuindo para a elaboração de produtos que aliam qualidade nutricional, funcionalidade e aceitação sensorial superior.

A produção de leite de búfala em pó com e sem hidrólise de lactose tem sido investigada, examinando como as condições de armazenamento afetam a qualidade do produto (17). As pesquisas também têm se concentrado no desenvolvimento de produtos fermentados de leite de búfala, como uma bebida semelhante a iogurte com abacaxi em lata, que apresentou boa aceitação sensorial e valor nutricional (6). Além disso, o desenvolvimento de sorvete usando leite saborizado com polpa de romã tem sido estudado, resultando em um produto com alto teor mineral e baixo teor de gordura, atendendo às demandas dos consumidores por opções lácteas mais saudáveis e inovadoras (18). Esses estudos destacam o potencial de diversificação na indústria de laticínios usando leite de búfala.

Dentre os produtos lácteos produzidos com leite de diferentes espécies está o iogurte estilo grego, um produto semissólido derivado do iogurte com remoção parcial da água e componentes solúveis. Esse iogurte é também conhecido como iogurte concentrado ou Labneh, um produto lácteo fermentado produzido pela eliminação do soro do iogurte. Originário do Oriente Médio, ele tem ampla distribuição global devido aos benefícios nutricionais.

Muitos estudos investigaram as propriedades reológicas, microbiológicas, composição e parâmetros de processamento que afetam a produção de iogurte estilo grego (19, 20). Esse produto possui alto teor de sólidos e gordura, com cor creme ou branca, corpo macio, boa espalhabilidade e sabor limpo e ligeiramente ácido (21). Diferentes tipos de leite, como bovino, ovino e caprino, podem ser utilizados em sua produção, sendo o leite bovino e caprino mais comuns (22). Embora alguns autores também tenham utilizado o leite bubalino para a produção desse tipo de iogurte (23, 24,25).

Avanços tecnológicos na produção de derivados lácteos de leite de búfala

Inovações em técnicas de fermentação têm transformado significativamente a produção de derivados lácteos de leite de búfala, elevando a qualidade e eficiência do processo (26). Enquanto os métodos tradicionais utilizam a fermentação natural, avanços recentes introduziram técnicas controladas que oferecem maior precisão e consistência no produto (26). Estudos mostram que a variação do tempo de fermentação influencia parâmetros como acidez e pH. Por exemplo, iogurtes fermentados por 22 a 24 horas apresentaram sabor e textura ideais, enquanto fermentações de 18 horas não atingiram os

padrões esperados (27). Essas melhorias otimizam não apenas o sabor e a textura, mas também garantem maior confiabilidade e qualidade ao produto para os consumidores.

Focando na produção de iogurte de leite de búfala, a incorporação de culturas iniciadoras especializadas e probióticos tem sido um avanço crucial (28). Culturas como *Lactococcus lactis* metabolizam a lactose em ácido láctico, conferindo ao iogurte um sabor picante e uma textura espessa (29). Além disso, o uso de culturas selecionadas permite maior controle no processo fermentativo, resultando em perfis de sabor aprimorados e benefícios à saúde, como melhora da saúde intestinal e da função imunológica (26,30). Dessa forma, o iogurte de leite de búfala se destaca como uma opção nutritiva e inovadora no mercado.

Avanços em tecnologias de embalagem e preservação também são determinantes para a comercialização de produtos lácteos de leite de búfala (30). Embalagens inovadoras, como recipientes selados a vácuo e atmosferas modificadas, prolongam a vida útil dos produtos, mantendo seu frescor e sabor. Esses métodos são especialmente importantes devido ao alto teor de gordura do leite de búfala, que o torna mais suscetível à deterioração (31). Com essas soluções, os fabricantes podem oferecer produtos de alta qualidade e maior durabilidade, atendendo à crescente demanda por alimentos frescos e saudáveis no mercado atual.

Diante do contexto abordado acima, os avanços tecnológicos no processamento, fermentação e preservação têm impulsionado a produção de derivados lácteos de leite de búfala, tornando-os mais atrativos e funcionais. Desde técnicas de fermentação controlada até a aplicação de culturas iniciadoras e probióticos, os processos produtivos têm sido otimizados, resultando em produtos de maior valor sensorial e nutricional. Além disso, a adoção de tecnologias de embalagem inovadoras assegura maior durabilidade e frescor, alinhando-se às expectativas de qualidade dos consumidores modernos. Juntas, essas inovações fortalecem o potencial competitivo dos derivados de leite de búfala no mercado.

Tendências de mercado e preferências do consumidor

A crescente demanda por alternativas lácteas mais saudáveis é uma tendência significativa que molda o mercado de derivados lácteos de leite de búfala (32). À medida que os consumidores se tornam cada vez mais preocupados com a saúde, eles buscam produtos que ofereçam benefícios nutricionais superiores, como maior teor de proteína e menor teor de água, em comparação ao leite de vaca tradicional (31). Por exemplo, o iogurte de leite de búfala, enriquecido com componentes benéficos como probióticos, serve como uma opção atraente para aqueles que buscam melhorar suas dietas com alternativas nutritivas. Além disso, o apelo sensorial do iogurte de leite de búfala, especialmente com adições de sabor como abacaxi, cria um produto viável que atrai consumidores preocupados com a saúde que também desejam sabores agradáveis (27). Essa mudança na preferência do consumidor destaca o potencial do iogurte de leite de búfala para conquistar um nicho substancial no competitivo mercado de laticínios.

As estratégias de marketing desempenham um papel crucial em influenciar as escolhas e percepções do consumidor em relação ao iogurte de leite de búfala (32). Campanhas promocionais e de branding eficazes podem elevar a visibilidade do iogurte de leite de búfala, posicionando-o como um produto premium no corredor de laticínios. Pesquisas indicam que os consumidores muitas vezes ficam em conflito entre prazer e saúde ao selecionar produtos lácteos, tornando os esforços de marketing que enfatizam os benefícios exclusivos do leite de búfala para a saúde cruciais (32). Ao alavancar elementos gráficos na embalagem e fornecer informações claras sobre as vantagens para a saúde e qualidades sensoriais do iogurte de leite de búfala, as empresas podem

efetivamente capturar a atenção dos consumidores que buscam prazer e nutrição (33). Essa abordagem estratégica pode levar ao aumento da participação de mercado e à fidelidade do consumidor a longo prazo.

Olhando para o futuro, as perspectivas futuras para os derivados lácteos de leite de búfala nos mercados globais parecem promissoras (34). À medida que a conscientização sobre os benefícios para a saúde associados ao leite de búfala continua a crescer, os produtores provavelmente investirão mais no desenvolvimento de sabores e formulações inovadores para atender às preferências em evolução do consumidor. Além disso, com os indicadores crescentes da produção de leite de búfala, o mercado está se expandindo e se tornando cada vez mais valorizado, atraindo investimentos que podem aumentar ainda mais as capacidades de produção (32). Essa tendência sugere que os produtos lácteos de leite de búfala podem não apenas sustentar sua trajetória de crescimento atual, mas também ganhar maior importância no cenário global de laticínios.

CONCLUSÕES

O leite de búfala apresenta propriedades nutricionais e funcionais que o tornam uma matéria-prima valiosa para a diversificação de derivados lácteos. Este artigo de revisão consolidou informações sobre as características físico-químicas do leite bubalino e os avanços na produção de produtos derivados, como iogurtes, evidenciando seu potencial para atender às demandas crescentes por alimentos saudáveis e inovadores. Estratégias como a incorporação de ingredientes funcionais e a aplicação de tecnologias avançadas de fermentação e conservação demonstram ser promissoras para expandir o mercado desses produtos.

Apesar desse potencial, é evidente a necessidade de mais pesquisas para otimizar processos produtivos, explorar novas combinações de ingredientes e avaliar a aceitação dos consumidores em diferentes mercados. Esses esforços não apenas fortaleceriam a competitividade dos derivados lácteos de leite de búfala, mas também contribuiriam para a valorização da bubalinocultura e o desenvolvimento sustentável dessa cadeia produtiva.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos pela concessão da bolsa de iniciação científica ao primeiro autor, apoio essencial para a concretização deste estudo.

REFERÊNCIAS

1. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Rebanho de Bubalinos (Búfalos). 2023. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/explica/producaoagropecuaria/bubalinos/br.

2. Pacheco FC, Almeida L, Santos RS, Lima LG, Silva T. Avaliação microbiológica de iogurte de leite de búfala produzido a partir da fermentação assistida por ultrassom. The Journal of Engineering and Exact Sciences. 2022;8(10):14824-01a.

3. Silva CAM, Dias VC. Probióticos e prebióticos: avaliação do efeito da suplementação com frutooligossacarídeos (FOS) sobre cinética de fermentação de leite de búfala [Trabalho de Conclusão de Curso]. Macapá: Instituto Federal do Amapá; 2021.

4. Rocha C, Silva J, Andrade G, Costa F. Iogurte de leite de búfala sabor frutos do cerrado. B CEPPA. 2004;22(1):1-5.

5. Motolo GS, Franco JR, Lossolli NAP, de Nardi Junior G, Dantas A. Produção leiteira de bubalinos e suas particularidades em comparação aos de bovinos. Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences. 2024;6(3):1147-57.

6. Rodrigues FDS, Oliveira MS, Gonçalves N. Produção de bebidas fermentadas de leite de búfala com frutas tropicais. Brazilian Journal of Food Technology. 2020;23(5):1-12.

7. Teixeira L, Bastianetto E, Oliveira DA. Leite de búfala na indústria de produtos lácteos. Rev Bras Reprod Anim. 2005;29(2):96-100.

8. Garmus T, Santos AG, Silveira F, Carvalho MA. Avaliação sensorial e físico-química de iogurte enriquecido com farinha de linhaça. Ambiência. 2016;12(1):1-10.

9. Guimarães L, Costa AF, Carvalho R. Iogurte elaborado à base de leite de búfala sabor queijo com geleia de goiaba. Campinas. 2015;18(1):57-61.

10. Medeiros A, Correia R. Iogurte de leite de búfala sabor cajá (Spondias lutea L.): caracterização físico-química e aceitação sensorial entre indivíduos de 11 a 16 anos. Alim Nutr. 2009;20(2):295-300.

11. Cunha Neto O. Avaliação do iogurte natural produzido com leite de búfala contendo diferentes níveis de gordura [Tese de Doutorado]. Pirassununga: Universidade de São Paulo; 2005.

12. Amaral C, Silva F, Andrade C, Freitas R. Caracterização físico-química de diferentes marcas de iogurte grego. Anais do 15º Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos – CBCTA; 2016; Gramado, RS.

13. Di Domenico VL. Monitoramento da qualidade do leite de búfala (Bubalus bubalis) produzido na Estação Experimental Agronômica da UFRGS e desenvolvimento do queijo colonial bubalino [Dissertação de Mestrado]. [S.l.]: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2023.

14. Food and Agriculture Organization (FAO). FAOSTAT Agriculture Data. Disponível em: http://apps.fao.org/.

15. Patino E. Produção de búfalas de leite. Rev Ciênc Rural. 2011;26:79-108.

16. Ernesto M. Criação de búfalos para produção de carne e laticínios cresce em MG: estado é o 6º maior em oferta de animais e investe em novos itens, como derivados do leite. Estado de Minas Agropecuário. 2017.

17. Lima de Paula I, Scaldini Teixeira EB, d'Almeida Francisquini J, Stephani R, Perrone IT, Fernandes de Carvalho A, et al. Buffalo powder dairy products with and without lactose hydrolysis: Physical-chemical and technical-functional

characterizations. LWT - Food Science and Technology. 2021;151:112124. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112124.

18. Souza Coelho SM, Fernandes AO, Almeida FM. Desenvolvimento de sorvete à base de leite de búfala sabor romã. J Dairy Sci. 2019;102:1-15.

19. Özer BH, Akin N, Akay S. Rheology and microstructure of Labneh (concentrated yogurt). J Dairy Sci. 1999;82:682-9.

20. Abu-Jdayil B, Jumah RY, Shaker RR. Rheological properties of a concentrated fermented product, Labneh, produced from bovine milk: Effect of production method. Int J Food Prop. 2002;5:667-79.

21. Nsabimana C, Jiang B, Kossah R. Manufacturing, properties and shelf life of Labneh: A review. Int J Dairy Technol. 2005;58:129-37.

22. Tamime AY, Robinson RK. Tamime and Robinson's yoghurt: Science and technology. 3rd ed. Chichester, UK: Elsevier Inc. Woodhead Publishing; 2007.

23. Costa M, Cardoso M, Cruz A. Desenvolvimento e caracterização de iogurte grego simbiótico sabor baunilha. Anais da 5ª Semana da Química e Jornada da Pós-Graduação em Alimentos; 2014; Rio de Janeiro.

24. Junior MNE, Barbosa AC, Moreira LM, Almeida C. Elaboração de iogurte grego de leite de búfala e influência da adição de calda de ginja (Eugenia uniflora L.) no teor de ácido ascórbico e antocianinas do produto. Rev Inst Laticínios Cândido Tostes. 2016;71(3):131-43.

25. Modesto J, Andrade AC, Santos AF. Elaboração de iogurte grego de leite de búfala com ginja. Rev Inst Laticínios Cândido Tostes. 2016;71(3):131-43.

26. Komatsu TR, Buriti FCA, Saad SMI. Inovação, persistência e criatividade superando barreiras no desenvolvimento de alimentos probióticos. Rev Bras Ciênc Farm. 2008;44(3):329-40.

27. Faria CP, Benedet HD, Le Guerroue J-L. Parâmetros de produção de leite de búfala fermentado por Lactobacillus casei. Pesq Agropec Bras. 2006;41(3):511-6.

28. Pinto SS, Cruz AG, Cardoso MO. A potential technological application of probiotic microcapsules in lactose-free Greek-style yoghurt. Int Dairy J. 2019;97:131-8.

29. Carneiro RP. Desenvolvimento de uma cultura iniciadora para produção de kefir [Dissertação de Mestrado]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais; 2010.

30. Gul O, Mortas M, Türe H, Kilic T. Manufacture and characterization of kefir made from cow and buffalo milk, using kefir grain and starter culture. J Dairy Sci. 2015;98(3):1315-25.

31. Valente L. Qualidade do leite de búfala e benefícios à saúde [Internet]. São Paulo: USP ESALQ – Divisão de Comunicação; 2019 [citado em 23 nov 2024]. Disponível em: https://guaiba.com.br/2019/09/14/qualidade-do-leite-de-bufala-e-beneficios-a-saude/.

32. Embrapa Gado de Leite. Anuário Leite 2024: avaliação genética multirracial. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; 2024. 137 p.

33. Carneiro AM. Influência de elementos gráficos de rótulos de iogurtes sobre a expectativa de aceitação e respostas emocionais de consumidores [Monografia]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2021.

34. Durço BB, Farias COL, Pagani MM, Cruz AG, Duarte MCKH, Esmerino EA. Inovações e sustentabilidade na produção de leite de búfala e seus derivados. Rev Tec Agroind. 2024;1(1):Artigo 032/04.

Capítulo 03

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-03

MODELAGEM DO COMPORTAMENTO DE *Salmonella* spp. NA PRESENÇA DE CLORETO DE SÓDIO E SOB DIFERENTES TEMPERATURAS DE ARMAZENAMENTO UTILIZANDO O *COMBASE*

Gabriel Silva Arantes; Henrique Oliveira Mello; Ellen Godinho Pinto; Ana Paula Stort Fernandes; Dayana Silva Batista Soares; Maria do Socorro de Caldas Pinto; Alessandra Cristina Tomé; Wiaslan Figueiredo Martins; Danielle de Sousa Severo*

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: danni.severo.ds@gmail.com*

Resumo: As bactérias do gênero *Salmonella spp.* estão entre os principais patógenos associados a surtos de origem alimentar, causando impactos significativos à saúde pública e à economia. A capacidade de adaptação de *Salmonella enterica* a ambientes adversos, como alimentos com baixa atividade de água (a_w), é um desafio para o controle dessa bactéria. Assim, objetivou-se modelar o comportamento de *Salmonella* spp. na presença de 0,5% de cloreto de sódio e sob diferentes temperaturas de armazenamento (7 °C, 12 °C, 20 °C e 30 °C) utilizando o *ComBase*. Observou-se que temperaturas mais altas (30 °C) promoveram maior crescimento bacteriano, enquanto temperaturas baixas (7 °C) retardaram significativamente o crescimento, com aumento na duração da fase de lag (λ). Em temperaturas intermediárias (20 °C), o estresse osmótico causado pela combinação com NaCl foi mais intenso, reduzindo a velocidade de crescimento ($\mu_{máx}$). Modelos secundários, como o de Arrhenius (R^2 = 0,95), demonstraram alta eficiência na previsão da influência da temperatura no crescimento bacteriano. Estratégias combinadas, como manutenção de baixas temperaturas e ajustes na salinidade, são essenciais para mitigar a contaminação por *Salmonella spp.* durante o armazenamento e processamento de alimentos, reforçando a importância de práticas eficazes para garantir a segurança de alimentos e prolongar a vida útil dos produtos.

Palavras–chave: Estresse osmótico; modelagem preditiva; *Salmonella*; segurança dos alimentos; vida útil

INTRODUÇÃO

Salmonella spp. é um agente patogênico de distribuição mundial, com importância epidemiológica tanto do ponto de vista humano quanto animal. Esta bactéria está relacionada com contaminações nas indústrias alimentícias e consequentemente com surtos de doenças veiculadas por alimentos (1). Segundo Varnam *et al*. (2), as bactérias do gênero *Salmonella* estão amplamente distribuídas na natureza. Está presente em todas as espécies animais, especialmente nas aves e nos suínos, sendo patogênica para humanos e muitas espécies de animais (3).

Os principais alimentos veiculadores de *Salmonella*, frequentemente envolvidos em surtos alimentares, são carnes de aves, suínos, bovinos e pescados, ovos, alimentos à

base de ovos, produtos lácteos, vegetais frescos e alimentos com baixa atividade de água (a_w) (4).

A diminuição da temperatura das carnes é necessária para evitar alterações, como a putrefação, que pode ocorrer rapidamente à temperatura ambiente, principalmente em carnes recém obtidas, além de eliminar os riscos produzidos pelo desenvolvimento de bactérias patogênicas, responsáveis por infecções e intoxicações alimentares (5). Brizio (6) destaca que pequenos acréscimos na temperatura provocam aumentos na velocidade de crescimento de micro-organismos deteriorantes e patogênicos, os quais reduzem rapidamente a vida útil dos produtos. Isso destaca a necessidade de melhorias na prevenção e controle de *Salmonella* spp. nesses produtos.

O sucesso de detecção de *Salmonella* é dependente da escolha de um procedimento de amostragem adequado combinado com um método de cultura sensível (7). Nascimento *et al*. (8) recomendaram o uso concomitante de caldos para o isolamento da bactéria. Segundo um estudo de Oliveira *et al*. (9), concentrações elevadas de NaCl podem aumentar a resistência da *Salmonella* a condições adversas, modificando sua capacidade de sobrevivência em ambientes com estresse osmótico.

Conforme afirmado por Mitchell *et al*. (10), temperaturas mais altas favorecem a multiplicação bacteriana, enquanto temperaturas mais baixas podem retardar ou até inibir o crescimento da *Salmonella*. No entanto, a interação entre o NaCl e a temperatura pode ser complexa, pois a alta salinidade pode mitigar os efeitos negativos de temperaturas extremas, tornando a bactéria mais resistente ao calor ou ao frio. Assim, compreender esses fatores é essencial para o controle de *Salmonella* em ambientes industriais e alimentares.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo modelar o comportamento de *Salmonella* spp. na presença de 0,5% de cloreto de sódio e sob diferentes temperaturas de armazenamento utilizando o *ComBase*.

MATERIAL E MÉTODOS

CINÉTICA DE CRESCIMENTO E MODELAGEM PRIMÁRIA

Para este estudo, foram utilizados dados de crescimento de *Salmonella* spp. em diferentes temperaturas (7 °C a 30 °C), obtidos do banco de dados *ComBase* do *Institute of Food Research*. Os dados selecionados correspondem a experimentos realizados em caldo de cultivo com composição pré-determinada (a_w 0,997, 0,5% de NaCl e pH 6,0). A fim de avaliar o comportamento da bactéria em condições controladas e simular um ambiente alimentar, o modelo matemático primário de Baranyi e Roberts (BAR) (11) foi empregado para descrever a cinética de crescimento em função do tempo (Equações 1, 2 e 3).

$$y(t) = y_0 + \mu_{max} F(t) - ln\left\{1 + \frac{e^{\mu max F(t)} - 1}{e^{y_{máx} - y_0}}\right\} \quad (1)$$

$$F(t) = t + \left(\frac{1}{\mu_{máx}}\right) \ln\left[e^{(-\mu_{máx} t)} + e^{(-h_0)} + e^{(-\mu_{máx} t) - h_0}\right] \quad (2)$$

$$h_0 = \mu_{máx} \lambda \quad (3)$$

Em que, $F(t)$ é a função de ajuste, $y(t)$ é a concentração microbiana [$y = \log_{10}$ (N (UFC/mL))] no tempo t (h), y_0 é a concentração microbiana inicial, $y_{máx}$ é a concentração da população máxima, $\mu_{máx}$ é a velocidade específica máxima de crescimento (h^{-1}), λ é a

duração da fase de lag (h) e h_0 é o parâmetro relacionado ao estado fisiológico das células (adimensional).

MODELAGEM SECUNDÁRIA

Os modelos secundários selecionados para descrever a influência da temperatura sobre o parâmetro de crescimento, velocidade específica máxima ($\mu_{máx}$), do modelo primário utilizado neste estudo foram: equação da raiz quadrada (12), Exponencial, Linear e Tipo Arrhenius.

ANÁLISES NUMÉRICAS E AVALIAÇÃO DO AJUSTE DOS MODELOS

O procedimento de ajuste dos modelos primários e secundários aos dados experimentais foram realizados através do *software* ComBase e o desempenho dos modelos foi avaliado por meio do índice estatístico coeficiente de determinação (13).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

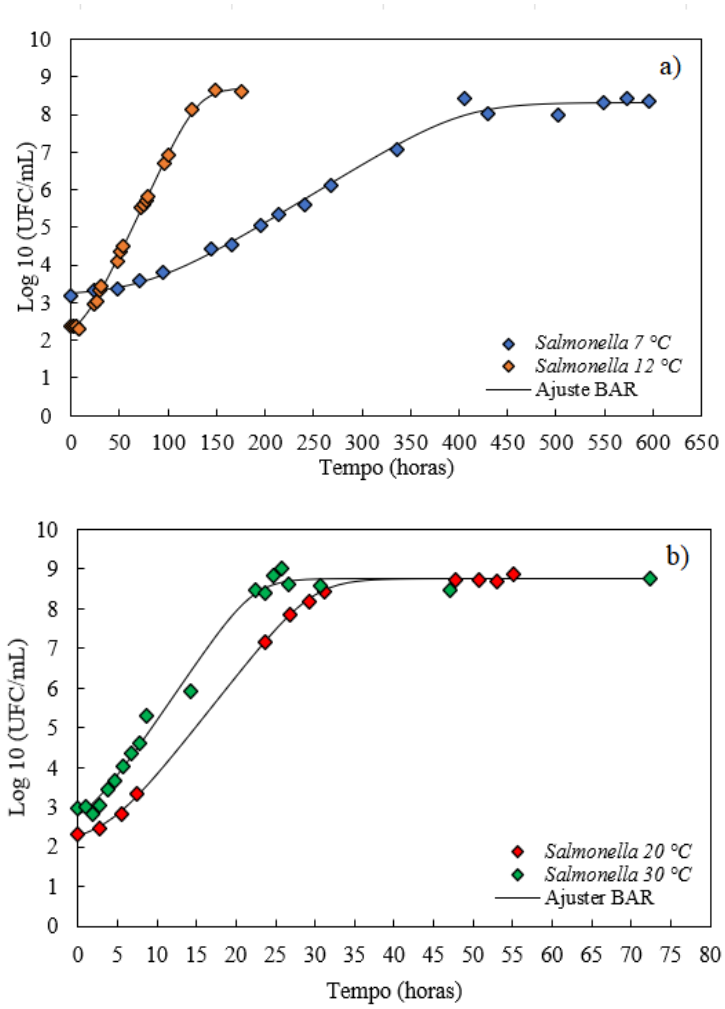


Figura 1 - Curvas de crescimento de *Salmonella* spp. em meio de cultivo e os ajustes do modelo de Baranyi e Roberts aos dados experimentais nas temperaturas 7, 12, 20 e 30 °C de incubação. No gráfico, os dados experimentais estão representados pelos símbolos em losango e a linha contínua representa o ajuste do modelo de Baranyi e Roberts.

A legislação brasileira exige a ausência de *Salmonella* em 25 g de alimento (14). No entanto, o processamento de alguns alimentos como de aves, que envolve diversas etapas como o abate, a evisceração e a embalagem, torna esses produtos altamente suscetíveis à contaminação cruzada por *Salmonella* spp. Essa situação representa um sério risco à saúde pública, uma vez que a *Salmonella* spp. é um dos principais causadores de doenças transmitidas por alimentos. Assim estudos sobre o comportamento da *Salmonella* spp. se fazem necessários.

Nas Figuras 1 (a) e (b) estão apresentadas as cinéticas de crescimento de *Salmonella spp.* em meio de cultivo incubados às temperaturas de 7, 12, 20 e 30 °C e o ajuste do modelo primário de BAR aos dados experimentais utilizando o software *DMFit* do *ComBase*.

Uma melhor visualização do comportamento da *Salmonella* spp. pode ser observada por meio dos parâmetros de crescimento obtidos pelo ajuste do modelo de BAR (Tabela 1).

Tabela 1 – Parâmetros e índices estatísticos do ajuste do modelo de BAR aos dados experimentais para *Salmonella* spp. nas temperaturas de 7, 12, 20 e 30 °C.

Temperatura (°C)	**Parâmetros de crescimento**			**Índices estatísticos**	
	$\mu_{máx}$ (h^{-1})	λ (h)	$y_{máx}$ (log_{10} UFC/mL)	R^2	Erro padrão
7	0,01 ± 0,001	82,635 ± 0,211	8,316 ± 0,031	0,994	0,156
12	0,05 ± 0,001	13,54 ± 1,707	8,712 ± 0,068	0,998	0,083
20	0,25 ± 0,004	4,21 ± 0,501	8,737 ± 0,032	0,999	0,066
30	0,29 ± 0,025	1,87 ± 1,186	8,737 ± 0,126	0,989	0,259

A partir dos gráficos (Figura 1) e tabela (Tabela 1) acima, observou-se que todas as curvas de crescimento apresentaram formato sigmoidal, apresentando as fases lag, exponencial e estacionária bem definidas.

Ao analisar o comportamento de *Salmonella* spp. cultivada sob estresse osmótico (concentração constante de NaCl de 0,5%) nota-se que a temperatura teve um uma forte influência sobre o seu crescimento.

A velocidade máxima de crescimento ($\mu_{máx}$) foi o parâmetro que mais sofreu influência da temperatura de incubação, principalmente na temperatura de 30 °C, que é próxima a temperatura ideal para o crescimento de *Salmonella*, indicando um ambiente propício para sua multiplicação. Em temperaturas mais baixas (7 °C), o crescimento foi notavelmente retardado, com uma fase lag (λ) mais prolongada e menor valor de $\mu_{máx}$.

Embora a concentração de NaCl tenha sido mantida constante, os efeitos do sal sobre a *Salmonella* podem ser potencializados ou atenuados dependendo da temperatura. Em condições de baixa temperatura, o efeito inibitório do NaCl é mais moderado, e a bactéria pode continuar seu crescimento, embora mais lentamente. Já em temperaturas mais altas, o sal pode exacerbar o estresse osmótico, dificultando ainda mais o crescimento da bactéria.

Os índices estatísticos apresentados na Tabela 1 permitem a avaliação do modelo de BAR. O modelo apresentou um bom ajuste aos dados experimentais de *Salmonella* spp. em caldo armazenado a 7, 12. 20 e 30 °C, com valores de R^2 superiores a 0,98.

A influência da temperatura de incubação sobre o parâmetro $\mu_{máx}$, velocidade específica máxima para *Salmonella* spp. foi estabelecida através do ajuste dos modelos secundários Exponencial, Linear, Tipo Arrhenius e Raiz quadrada, e a escolha do modelo foi realizada por meio da comparação dos coeficientes de correlação (R^2) encontrados (Figura 2).

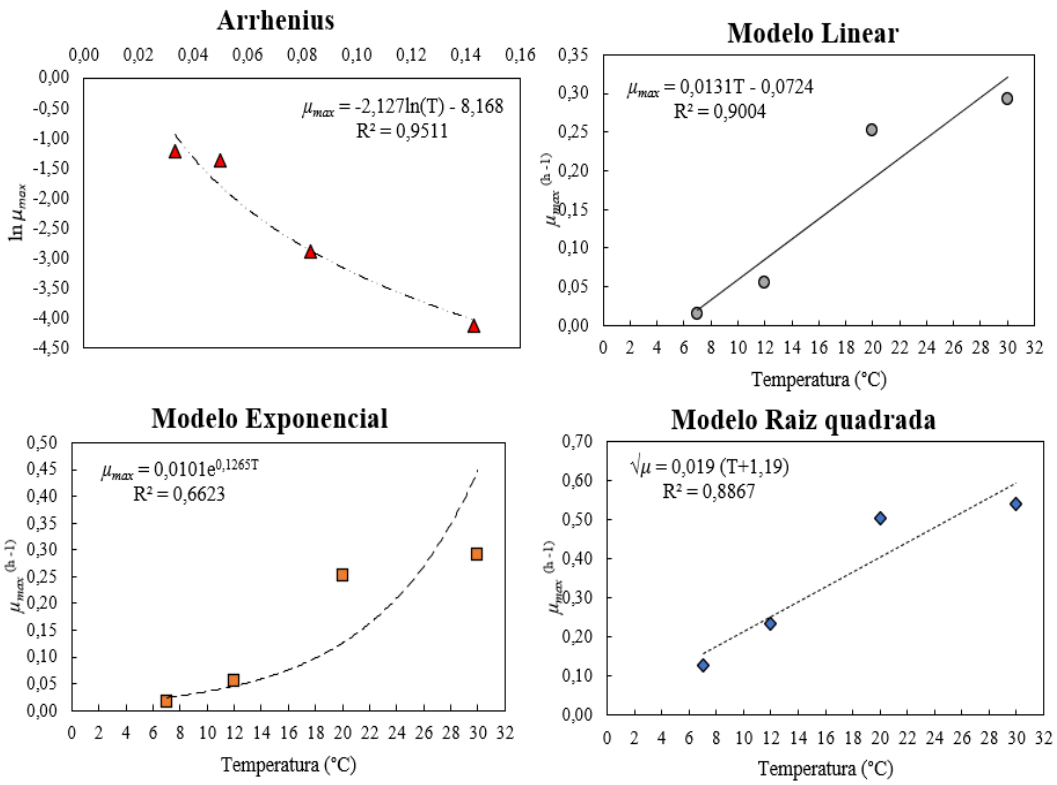


Figura 2 – Curvas, Equações e coeficientes de correlação (R^2) dos modelos secundários que descrevem a influência da temperatura de incubação de *Salmonella* spp. sobre o parâmetro de crescimento velocidade específica máxima ($\mu_{máx}$).

Todos os modelos mostraram bons ajustes, porém os modelos de Arrhenius e Linear foram os que apresentaram melhores valores de R^2, porém o modelo de Arrhenius foi escolhido para representar a dependência do parâmetro $\mu_{máx}$ em relação a temperatura no crescimento de *Salmonella* spp., pois apresentou o valor de R^2 superior (0,9511).

CONCLUSÕES

O estudo demonstrou que a interação entre temperatura e salinidade afeta significativamente o crescimento de *Salmonella spp.*, evidenciando que temperaturas mais baixas, combinadas com condições osmóticas estressantes, podem retardar a multiplicação bacteriana. Apesar disso, a capacidade de adaptação da bactéria a ambientes adversos destaca a importância de estratégias integradas e contínuas de controle.

A modelagem preditiva, especialmente pelo modelo de Arrhenius, mostrou-se uma ferramenta robusta para prever o comportamento da bactéria em diferentes cenários, fornecendo subsídios para a adoção de práticas eficazes no armazenamento e processamento de alimentos. Assim, este estudo contribui para o aprimoramento de medidas preventivas, promovendo a segurança de alimentos e reduzindo os riscos associados à contaminação por *Salmonella* spp.

REFERÊNCIAS

1. Beam A, Garber L, Sakugawa J, Kopral C. *Salmonella* awareness and related management practices in U.S. urban backyard chicken flocks. Prev Vet Med. 2013;110(3-4):481-8.

2. Varnam AH, Evans MG. Foodborne pathogens: an illustrated text. St. Louis: Mosby-Year Book; 1991. p. 209-34.

3. Holt JG, Krieg NR, Sneath PHA, Williams ST. Berger. Manual of determinative bacteriology. 9th ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1994. 787 p.

4. Carneiro DO, Costa MSF. Características e patogenicidade da *Salmonella enterica*: uma revisão de literatura. Visão Acadêmica. 2020;21(1):72-9.

5. Russell SM, Fletcher DL, Cox NA. Spoilage bacteria of fresh broiler chicken carcasses. Poult Sci. 1996;75:2041-7.

6. Brizio APDR, Prentice C. Effects of temperature variation in the simulation of the supply chain of poultry products. Int Food Res J. 2013;21:1143-8.

7. Carrique-Mas J, Davies R. Sampling and bacteriological detection of *Salmonella* in poultry and poultry premises: a review. Rev Sci Tech. 2008;27:665-77.

8. Nascimento MS, Berchieri Jr A, Barbosa MD, Zancan FT, Almeida WAF. Comparison of different enrichment broths and plating media used to isolate *Salmonella* from chicken carcasses and poultry feces samples. Braz J Poult Sci. 2000;2:85-91.

9. Oliveira EF, Souza MF, Silva AT. Efeito do cloreto de sódio sobre a resistência da *Salmonella* a condições adversas: uma revisão. Rev Bras Microbiol. 2020;51(3):779-88.

10. Mitchell GA, Brocklehurst TF, Parker R, Smith AC. The effect of transient temperatures on the growth of *Salmonella* typhimurium LT2. II: Excursions outside the growth region. J Appl Bacteriol. 1995 Aug;79(2):128-34. doi: 10.1111/j.1365-2672.1995.tb00925.x. PMID: 7592107.
11. Baranyi J, Roberts TA. A dynamic approach to predicting bacterial growth in food. Int J Food Microbiol. 1994;23:277-94.

12. Ratkowsky DA, Olley J, McMeekin TA, Ball A. Model for bacterial culture growth rate throughout the entire biokinetic temperature range. J Bacteriol. 1982;154(3):1222-6.

13. Soper H, Young AH, Cave BM, Lee AH, Pearson ES. On the distribution of the correlation coefficient in small samples. Biometrika. 1916;11(4):328-413. Available from: https://doi.org/10.2307/2331830

14. Brasil. Resolução RDC n.º 216, de 15 de setembro de 2004. Aprova o Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. Diário Oficial da União. 2004 Sep 16.

Capítulo 04

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-04

EFEITO DO REVESTIMENTO COMESTÍVEL À BASE DE FÉCULA DE MANDIOCA NAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE *DOVYALIS* (*Dovyalis abyssinica*) DURANTE O ARMAZENAMENTO

Liliam da Silva Lima Oliveira; Ellen Godinho Pinto; Dayana Silva Batista Soares; Ana Paula Stort Fernandes; Wiaslan Figueiredo Martins*

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: wiaslan.martins@ifgoiano.edu.br*

Resumo: O presente estudo avaliou o efeito de um revestimento comestível à base de fécula de mandioca nas propriedades físico-químicas de frutos de *Dovyalis abyssinica* durante o armazenamento em temperatura ambiente (25 ± 2 °C). A fécula (3%) foi combinada com gelatina incolor (2%) para formar uma solução, que foi aplicada nos frutos por imersão. Os parâmetros analisados foram acidez titulável, pH, sólidos solúveis (°Brix) e vitamina C, monitorados em diferentes intervalos (dias 0, 2, 4 e 6). Os frutos revestidos apresentaram maior estabilidade ao longo do período de armazenamento. A acidez titulável dos frutos revestidos foi mantida próxima ao valor inicial, enquanto as amostras sem revestimento reduziram. O teor de sólidos solúveis foi preservado nos frutos revestidos, em contraste com quedas mais acentuadas nas amostras controle. Da mesma forma, a retenção de vitamina C foi maior nos frutos com revestimento, destacando o efeito protetor contra a oxidação. Os resultados evidenciam que o revestimento comestível retardou a perda de qualidade físico-química, destacando-se como uma tecnologia sustentável e de baixo custo para conservação de frutos exóticos. Essa abordagem oferece potencial para a extensão da vida útil de produtos hortifrutícolas, sendo relevante para a indústria e pequenos produtores. Estudos futuros poderão explorar diferentes formulações e condições de armazenamento para aprimorar a eficácia do revestimento.

Palavras–chave: *Dovyalis abyssinica*; fruta exótica; pós-colheita; revestimento comestível

INTRODUÇÃO

O gênero *Dovyalis*, pertencente à família Flacourtiaceae, é composto por diversas espécies como *Dovyalis caffra*, *Dovyalis abyssinica* e *Dovyalis hebecarpa*. A *Dovyalis abyssinica*, popularmente conhecida como mukambura, groselha-do-ceilão ou abricó-da-flórida, é originária da África e destaca-se pelos frutos esféricos, suculentos e de elevada acidez, características que os tornam atrativos para a produção de doces, geleias e sucos (1,2). Além disso, a coloração variada da casca, que vai do laranja ao vermelho-arroxeado, juntamente com a textura macia e a presença de uma fina camada de pelos, reforça o apelo sensorial dessa fruta exótica. No Brasil, a propagação da *dovyalis* teve início com a introdução de uma variedade pela UNESP, e sua aptidão para o processamento industrial tem sido amplamente investigada (3).

A *Dovyalis abyssinica* apresenta alto rendimento em polpa e sementes facilmente removíveis, características que facilitam sua aplicação industrial. Estudos apontam que clones como a variedade ‘Romana’ possuem menor acidez, favorecendo seu consumo in natura, além de manterem características desejáveis como elevado índice de maturação e sólidos solúveis, que garantem a aceitação sensorial e a versatilidade do fruto no mercado (4,5).

Paralelamente, a busca por soluções sustentáveis no processamento e conservação de frutas tem incentivado a utilização de revestimentos comestíveis biodegradáveis, como os elaborados a partir de fécula de mandioca (*Manihot esculenta*). Esse biopolímero oferece propriedades físicas e químicas favoráveis, como formação de barreiras contra a perda de água e proteção contra microrganismos, prolongando a vida útil e mantendo a qualidade dos produtos hortifrutícolas (6,7).

Diante do exposto, objetivou-se, com o presente trabalho, avaliar o efeito do revestimento comestível à base de fécula de mandioca nas propriedades físico-químicas da *dovyalis* (*Dovyalis abyssinica*) durante o armazenamento em temperatura ambiente, destacando seu potencial como tecnologia sustentável para conservação de frutas exóticas.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com frutos de *Dovyalis abyssinica* cultivados e colhidos na fase de maturação comercial no período de maio de 2024, na cidade de Morrinhos, Goiás, e transportados para o laboratório de análises físico-química do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos. Os frutos foram selecionados quanto à uniformidade de tamanho, coloração e ausência de defeitos aparentes. Após a colheita, os frutos foram higienizados com solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm por 15 minutos e enxaguados em água destilada.

REVESTIMENTO COMESTÍVEL

O revestimento à base de fécula de mandioca foi preparado seguindo o protocolo de Henrique e Cereda (8), com algumas adaptações. Para a formulação, utilizou-se uma solução contendo 3% de fécula de mandioca e 2% de gelatina incolor (Dr. Oetker®), ambas solubilizadas em 2 litros de água destilada. A mistura foi aquecida a 70 °C até atingir o ponto de geleificação. Posteriormente, os frutos foram completamente imersos na solução e colocados para secar inicialmente sobre grades de plástico, permitindo o escoamento do excesso de líquido, e em seguida, sobre placas de Petri esterilizadas. Um grupo de frutos sem revestimento foi utilizado como controle. Após o processo de aplicação, todos os frutos foram armazenados à temperatura ambiente (25 ± 2 °C) e submetidos a análises nos dias 0, 2, 4 e 6. A Figura 1 ilustra os frutos de *dovyalis* em estado in natura, imersos em cobertura à base de fécula de mandioca, dispostos sobre grades de plástico e armazenados à temperatura ambiente em placas de Petri.

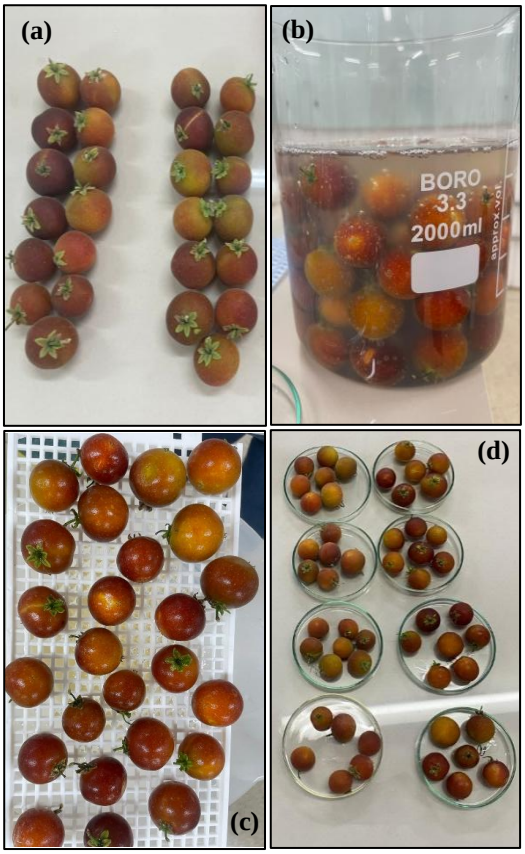


Figura 1 – Conservação pós-colheita de frutos de *Dovyalis abyssinica*: (a) estado *in natura*; (b) imersão em cobertura à base de fécula de mandioca; (c) disposição sobre grades de plástico para escorrimento do excesso de cobertura; e (d) armazenamento em placas de Petri à temperatura ambiente, com e sem revestimento de fécula de mandioca.

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

As análises foram realizadas em triplicata no Laboratório de Físico-química, do Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, conforme a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (9). Os seguintes parâmetros foram avaliados ao longo do armazenamento: acidez titulável, pH, teor de sólidos solúveis e teor de vitamina C.

A acidez titulável foi determinada por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N, utilizando fenolftaleína como indicador. A titulação foi conduzida até o aparecimento de coloração levemente rosada, persistente por cerca de 30 segundos. Os resultados foram expressos em gramas de ácido cítrico por 100 g de polpa, utilizando a Equação 1.

$$Acidez\ (g\ ácido\ cítrico/100\ g\ ) = \frac{(V \times N \times F \times 100)}{P \times 1000} \qquad \text{Eq. (1)}$$

Em que, V = volume de NaOH gasto na titulação (mL), N = normalidade do NaOH, F = fator de conversão do ácido cítrico (64,04), P = massa da amostra (g).

O pH foi determinado diretamente no suco utilizando um potenciômetro digital previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0. A medida foi realizada imergindo o eletrodo no suco à temperatura ambiente. Já o teor de sólidos solúveis foi avaliado utilizando um refratômetro portátil calibrado com água destilada e o resultado foi registrado em graus Brix (°Brix).

A vitamina C foi quantificada pelo método de titulação com solução de iodo, baseando-se na reação do ácido ascórbico com o iodo em presença de amido como indicador. A quantidade de vitamina C foi expressa em mg por 100 g de polpa, utilizando a Equação 2.

$$Vitamina\ C\ (mg/100\ g\ ) = \frac{(V \times F \times 100)}{P} \qquad \text{Eq. (2)}$$

Em que, V = volume de iodato gasto na titulação (mL), F = 3,522 ou 0,3522, respectivamente para KIO_3 0,02 M ou 0,002 M e P = peso (g) ou volume (mL) da amostra.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística dos resultados foi conduzida por meio de estatística descritiva, expressa como média ± desvio padrão. Para a comparação entre as médias, utilizou-se o teste de *Tukey* ($p \leq 0,05$) em análises envolvendo quatro médias, e o teste t de *Student* ($p \leq 0,05$) para comparações entre duas médias. As análises foram realizadas no software ASSISTAT versão 7.7.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores médios (± DP) dos parâmetros físico-químicos (acidez titulável, pH, teor de sólidos solúveis e vitamina C) das amostras de *Dovyalis abyssinica* com e sem revestimento comestível à base de fécula de mandioca, avaliados ao longo de 0, 2, 4 e 6 dias de armazenamento.

Tabela 1 – Valores médios (± DP) dos parâmetros físico-químicos de amostras de *dovyalis* (*Dovyalis abyssinica*) com e sem revestimento comestível à base de fécula de mandioca.

Parâmetros	**Tempo (dias)**	**Tratamentos**	
		Sem revestimento	**Com revestimento**
Acidez titulável (g de ácido cítrico/100 g)	0	$1,44 \pm 0,04^{aA}$	$1,44 \pm 0,04^{aA}$
	2	$1,27 \pm 0,16^{aB}$	$1,43 \pm 0,09^{aA}$
	4	$1,03 \pm 0,02^{bA}$	$0,95 \pm 0,07^{bB}$
	6	-	$1,39 \pm 0,05^{a}$
pH	0	$3,46 \pm 0,08^{bA}$	$3,46 \pm 0,08^{bA}$
	2	$4,62 \pm 0,04^{aA}$	$4,63 \pm 0,01^{aA}$
	4	$4,66 \pm 0,07^{aA}$	$4,52 \pm 0,04^{aA}$
	6	-	$4,60 \pm 0,05^{a}$
Teor de sólidos solúveis (°Brix)	0	$12,00 \pm 0,00^{aA}$	$12,00 \pm 0,00^{aA}$
	2	$9,70 \pm 0,00^{bB}$	$10,30 \pm 0,00^{abA}$
	4	$8,00 \pm 0,00^{cB}$	$11,40 \pm 0,61^{abA}$
	6	-	$9,77 \pm 1,46^{b}$
Vitamina C (mg/100 g)	0	$35,65 \pm 2,91^{aA}$	$35,65 \pm 2,91^{aA}$
	2	$25,75 \pm 1,38^{bA}$	$32,09 \pm 2,37^{aA}$
	4	$20,66 \pm 0,41^{cB}$	$13,38 \pm 0,00^{cB}$
	6	-	$26,37 \pm 1,68^{b}$

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas entre os tempos pelo teste de *Tukey* ($p < 0,05$).

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre os tratamentos pelo teste t de *Student* ($p < 0,05$).

A acidez titulável inicial foi de 1,44 g de ácido cítrico/100 g, apresentando uma redução gradual ao longo do armazenamento, especialmente nas amostras sem revestimento, que atingiram 1,03 g de ácido cítrico/100 g no quarto dia. Nas amostras revestidas, observou-se uma diminuição nos valores de acidez titulável até o quarto dia; entretanto, no último dia de armazenamento (sexto dia), a acidez permaneceu em 1,39 g de ácido cítrico/100 g, sem diferenças significativas em relação aos valores registrados nos dias zero e dois. De acordo com Chitarra e Chitarra (10), a redução da acidez é um processo comum durante o amadurecimento dos frutos, decorrente do metabolismo respiratório que continua ativo após a colheita. Nesse processo, diversos substratos, incluindo os ácidos orgânicos presentes nos vacúolos das células, são utilizados no ciclo de Krebs para a geração de energia. Além disso, Siqueira (11) sugere que um possível aumento posterior na acidez pode ser atribuído à degradação da parede celular provocada pelo metabolismo, o que leva ao aumento do número de ácidos orgânicos no fruto.

Estudos anteriores destacaram valores mais elevados para outras variedades de *dovyalis*, como os 5,5% de ácido cítrico para frutos de *D. abyssinica* reportados por Silva *et al*. (4) e os 2,9 a 3,6 mg de ácido málico/100 g para híbridos (*D. abyssinica* e *D. hebecarpa*) analisados por Cavalcante e Martins (3). A menor acidez observada no presente trabalho pode ser atribuída às diferenças no manejo e condições ambientais, reforçando sua viabilidade para o consumo fresco.

O pH inicial de 3,46 aumentou significativamente para 4,60 nas amostras revestidas ao final de 6 dias e 4,66 nas amostras sem revestimento ao final de 4 dias de armazenamento. Esse aumento está relacionado ao mesmo fato citado anteriormente por Chitarra e Chitarra (10) com relação à diminuição da acidez. Valores inferiores de pH foram relatados por Silva *et al*. (4), que observaram médias de 3,02 para *Dovyalis* 'Romana' e 2,61 para *D. abyssinica*.

O teor de sólidos solúveis (°Brix) inicial foi de 12,00 °Brix, com reduções mais acentuadas nas amostras sem revestimento (8,00 °Brix no quarto dia). Frutos revestidos mantiveram valores mais elevados (9,77 °Brix no sexto dia), demonstrando a eficácia do revestimento em preservar açúcares durante o armazenamento. Esses valores são similares aos encontrados por Silva *et al*. (4) para frutos *dovyalis* (12 °Brix), mas inferiores aos reportados por Cavalcante e Martins (3), que identificaram entre 14,0 e 14,9 °Brix para híbridos, possivelmente devido a variações genéticas e ambientais.

Os teores iniciais de vitamina C nas amostras analisadas foram de 35,65 mg/100 g. No entanto, observou-se uma queda expressiva nas amostras sem revestimento, que atingiram 20,66 mg/100 g no quarto dia de armazenamento. Já nas amostras revestidas, ocorreu uma recuperação parcial do teor de vitamina C, alcançando 26,37 mg/100 g no sexto dia.

Conforme Zheng *et al*. (12), a degradação e o acúmulo de vitamina C durante o amadurecimento pós-colheita são processos geneticamente regulados, com níveis de expressão diferenciados em genes relacionados à síntese, metabolismo, degradação e regeneração do ácido ascórbico, variando entre espécies de frutas. Esses processos estão associados a fatores de transcrição, interações entre proteínas, hormônios vegetais e condições ambientais. Assim, a recuperação parcial observada no sexto dia para as amostras revestidas pode ser explicada por duas hipóteses complementares.

A primeira hipótese, proposta por Gil *et al*. (13), sugere que, em frutas como limão (*Citrus aurantifolia*), maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*) e laranja doce (*Citrus sinensis*), há uma redução significativa de ácido ascórbico acompanhada por um aumento dos níveis de vitamina C durante o armazenamento. Isso ocorre devido à maior atividade

da enzima ascorbato oxidase, que promove a conversão de ácido ascórbico em ácido deidroascórbico (DHA), contribuindo para o aumento do conteúdo total de vitamina C como resultado do aumento de DHA.

A segunda hipótese é fundamentada nos estudos de Abeysuriya *et al*. (14), que apontam que as vias sintéticas do ácido ascórbico podem ser ativadas durante o armazenamento como resultado do amadurecimento pós-colheita. Nesse processo, a conversão de reservas de amido em açúcares e a liberação de polissacarídeos da parede celular, devido à sua desmontagem, fornecem glicose adicional para a biossíntese de ácido ascórbico. Dessa forma, as células vivas das frutas mantêm a capacidade de sintetizar tanto glicose quanto ácido ascórbico durante o período de armazenamento.

Essas hipóteses ilustram os complexos mecanismos metabólicos e fisiológicos envolvidos na manutenção e variação dos teores de vitamina C em frutas armazenadas, especialmente na presença de revestimentos comestíveis que podem moderar esses processos.

CONCLUSÕES

Os resultados reforçam a eficácia do revestimento comestível à base de fécula de mandioca na preservação da qualidade físico-química de frutos de *Dovyalis abyssinica* durante o armazenamento. A aplicação do revestimento retardou a degradação da acidez, dos sólidos solúveis e da vitamina C, além de estabilizar o pH. Essas características tornam o revestimento uma solução sustentável e de baixo custo para a extensão da vida útil de frutos exóticos, sendo uma alternativa viável para complementar estratégias de cultivo e manejo de variedades. Estudos adicionais são recomendados para explorar combinações de revestimentos com diferentes aditivos e condições de armazenamento, visando maximizar os benefícios para a conservação de frutos.

REFERÊNCIAS

1. Joker D, Omondi W. Agroforestry Database. Nairobi: World Agroforestry Centre; 2000.

2. Mendes-Ferrão J. Fruticultura tropical. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian; 1999.

3. Cavalcante IH, Martins ABG. Physical and chemical characterization of dovyalis fruits. Int J Fruit Sci. 2005;5(4):39-46.

4. Silva JA, Grizotto RK, Miguel FB, Bárbaro IM. Caracterização físico-química de frutos de clones de doviális (*Dovyalis abyssinica* Warb). Rev Bras Frutic. 2011; Volume Especial, 466-72.

5. Donadio LC, Moro FV, Servidone AA. Frutas brasileiras. Jaboticabal: Novos Talentos, 2002: 288.

6. Carvalho A. Revestimentos comestíveis para frutas: fécula de mandioca como barreira natural. Alimentos Nutr. 2010;21(1):97-103.

7. Assis MM, Bitro AF. Embalagens biodegradáveis à base de amido para conservação de frutas tropicais. Sci Agric. 2014;71(5):424-30.

8. Henrique CM, Cereda MP. Uso de ethephon e fécula de mandioca na conservação pós-colheita de limão siciliano. Revista de Biologia e Ciências da Terra. 2007;(7):99-106.

9. Instituto Adolfo Lutz. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 4. Ed. São Paulo-SP; 2008.

10. Chitarra MIF, Chitarra AB. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: UFLA; 2005. 785 p.

11. Siqueira APO. Uso de coberturas comestíveis na conservação pós-colheita de goiaba e maracujá-azedo [Dissertação de mestrado]. Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; 2012. 80 p.

12. Zheng X, Gong M, Zhang Q, Tan H, Li L, Tang Y, *et al*. Metabolism and regulation of ascorbic acid in fruits. Plants. 2022;11(12):1602. doi:10.3390/plants11121602.

13. Gil MI, Aguayo E, Kader AA. Quality changes and nutrient retention in fresh-cut versus whole fruits during storage. J Agric Food Chem. 2006;54(12):4284-96. doi:10.1021/jf060303y.

14. Abeysuriya HI, Bulugahapitiya VP, Jayatissa LP. Variation of vitamin C content and antioxidant capacities during the post-harvest storage of fresh fruits under different temperatures. J Stored Prod Res. 2024;109:102426. doi:10.1016/j.jspr.2024.102426.

Capítulo 05

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-05

IMPORTÂNCIA DA HIGIENE NA SALA DE ORDENHA PARA A QUALIDADE DO LEITE

Salomé, Maria Guimarães de Mello Lucas; Barbacena, Wallacy Rosa Santos; Honório, Yasmin Silva;Ribeiro, Wanderson de Assis; Cristiny, Taynna de Sousa Silva; Freitas, Verônica de Silva; Rodrigues, Laryssa da Silva; Cristina, Hellen de Farias Barros; Cezario, Arthur Pires;

Email: [1]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos maria.mello@estudante.ifgoiano.edu.br, [2]Orientador, Docente do curso de Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, wallacy.barbacena@ifgoiano.edu.br; [3]Graduando em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos wanderson.ribeiro@estudante.ifgoiano.edu.br;
, [4]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, yasmin.honorio@estudante.ifgoiano.edu.br; [5]Graduando em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, taynna.silva@estudante.ifgoiano.edu.br;
; [6]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, veronica.freitas@estudante.ifgoiano.edu.br; [7]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, laryssa.rodrigues@estudante.ifgoiano.edu.br; [8]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, hellen.barros@estudante.ifgoiano.edu.br ; [9]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos arthur.cezario@estudante.ifgoiano.edu.br ;

Resumo

A qualidade, procedência e manejo sanitário são aspectos cruciais na produção de alimentos, especialmente no caso do leite, que é consumido diretamente ou utilizado na fabricação de derivados lácteos. Controlar a qualidade do leite é essencial para garantir a segurança do produto e maximizar o rendimento para o produtor rural. A limpeza adequada das instalações e equipamentos é fundamental para evitar a contaminação por bactérias que podem comprometer a saúde dos consumidores. Além disso, a manutenção correta das instalações contribui para o bem-estar animal, assegurando a segurança alimentar e a qualidade do produto final. Este artigo tem como objetivo analisar a importância da higiene na sala de ordenha e seu impacto direto na qualidade do leite produzido. Serão identificadas práticas essenciais de higiene, examinada a relação entre higiene e qualidade do leite, e investigadas as consequências sanitárias, com base em dados quantitativos e estudos recentes.

Palavras-Chave: Higiene na ordenha, Qualidade do leite, Biossegurança em produtos lácteos.

INTRODUÇÃO:

A ordenha higiênica e a retirada do leite em condições propícias, que envolvem desde o ordenhador até a estrutura da sala de ordenha, são fundamentais para garantir a boa qualidade do leite. A qualidade do leite é uma questão multifacetada que impacta a saúde pública, a nutrição, a economia e o bem-estar animal. Garantir a qualidade do leite é essencial para assegurar que os consumidores tenham acesso a produtos seguros e nutritivos (ANA, 2006).

O leite é um alimento amplamente consumido pela população devido ao seu sabor e valor nutritivo. Segundo o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), entende-se por leite o produto proveniente da ordenha completa, realizada em condições de manejo sanitário, de vacas sadias, bem alimentadas e descansadas (ANA, 2006).

A contaminação do leite pode ocorrer em várias etapas da produção, mas a sala de ordenha é um ponto crítico onde a higiene inadequada pode levar a sérios problemas de qualidade. O objetivo deste artigo é discutir a importância da higiene na sala de ordenha e como isso impacta a qualidade do leite produzido (ANA, 2006).

Contaminação microbiana

A contaminação microbiana do leite é um problema significativo que afeta tanto a qualidade do produto quanto a saúde pública. O leite é um meio de cultura ideal para diversos microrganismos, incluindo aqueles que podem causar doenças em humanos. A contaminação pode ocorrer em várias etapas da produção, desde a ordenha até o armazenamento e transporte.

Fontes de Contaminação

As principais fontes de contaminação microbiana incluem:

- **Glândula Mamária**: Microrganismos patogênicos podem estar presentes no interior da glândula mamária das vacas.
- **Superfície dos Tetos e Úbere**: A pele dos tetos e do úbere pode abrigar microrganismos que contaminam o leite durante a ordenha.
- **Equipamentos de ordenha e armazenamento**: utensílios e equipamentos inadequadamente higienizados são fontes comuns de contaminação

Impactos na qualidade do leite

A presença de microrganismos deteriorantes pode causar alterações sensoriais no leite, além de reduzir a vida útil do produto. Microrganismos patogênicos representam um risco à saúde pública, podendo causar doenças graves.

Tabela 1: contagem de micro-organismos em leite em natura.

Amostras	Coliformes Totais NMP/mL	Coliformes a 45° NMP/mL	Aeróbias Mesófilas (UFC/mL)
A	23 (*)	4 (*)	Incontáveis (*)
B	23 (*)	aus.	Incontáveis (*)
C	43 (*)	9 (*)	Incontáveis (*)
D	93 (*)	9 (*)	$10x10^3$ (*)
E	23 (*)	4 (*)	$12x10^3$ (*)
F	2400 (*)	93 (*)	$8x10^3$ (*)
Padrão	500 UFC/mL	5x103/g	$1,0x10^3$

Fonte: https://www.abq.org.br/cbq/2022/trabalhos/10/417-618.html

A tabela apresentada analisa a contaminação microbiana em diferentes amostras de leite, medindo **Coliformes Totais** e **Aeróbios Mesófilos**. Aqui estão os principais pontos:

- **Coliformes Totais (NMP/mL)**: As amostras A, B, D e E apresentam 23 NMP/mL, enquanto a amostra C tem 43 NMP/mL e a amostra F, 2400 NMP/mL. O padrão aceitável é de 500 NMP/mL.
- **Coliformes Totais a 45° (NMP/mL)**: Apenas as amostras A, C e F apresentam valores (4, 9 e 93 NMP/mL, respectivamente), enquanto as outras estão ausentes. O padrão é de $5x10^3$/g.
- **Aeróbios Mesófilos (UFC/mL)**: As amostras A, B e C são descritas como "Incontáveis," indicando uma alta contaminação. As amostras D, E e F apresentam valores de $10x10^3$, $12x10^3$ e $8x10^3$ UFC/mL, respectivamente. O padrão aceitável é de $1,0x10^3$ UFC/mL.

Os valores com asteriscos (*) indicam que há notas adicionais ou condições específicas associadas a essas medições. A tabela destaca a necessidade de melhorias nas práticas de higiene e controle de qualidade para reduzir a contaminação microbiana no leite.

Tabela 2: Principais grupos de bactérias que contaminam o leite e as prováveis causas da contaminação

Grupos de bactérias	Fontes e causas da contaminação
Psicrotróficas	- Deficiências na higiene da ordenha - Falhas na limpeza e higienização do tanque e equipamentos de ordenha - Refrigeração inadequada do leite - Água contaminada
Termodúricos	- Deficiências crônicas ou persistentes na limpeza dos equipamentos de ordenha ou dos utensílios que entram em contato com o leite - Tetos com sujeiras do solo
Coliformes	- Contaminação da cama e das tetas com fezes - Água contaminada

Fonte: https://pt.engormix.com/pecuaria-leite/confinamento-bovinos-leite/identificando-fontes-causas-alta_a38039/

Proteção da saúde do consumidor

O leite possui um grande potencial para a transmissão de doenças alimentares. A falta de higiene pode resultar na presença de micro-organismos patogênicos como Salmonella, Listeria e coli. Portanto, a implementação de boas práticas de higiene é crucial para garantir a segurança do produto e proteger a saúde do consumidor.

Quando não manipulado de forma correta e segura, o leite pode se tornar um veículo para transmissão de doenças. Essas doenças são frequentes causadas por patógenos que podem estar presentes devido à contaminação durante a ordenha, processamento ou manuseio. A falta de controle na produção de laticínios e a insuficiência de fiscalização pelas autoridades podem gerar problemas de saúde em grande escala. (PARK & BAHK, 2017)

A conscientização do consumidor sobre a qualidade do leite é um tema que deve ser explorado para auxiliar as ações dos órgãos de saúde pública. Estudos indicam que fraudes e contaminação são preocupações constantes. A implementação de programas como o programa leite seguro, que visa maximizar a segurança, qualidade e integridade do leite e derivados, é essencial para garantir a alimentação segura e proteção a saúde do consumidor. (PARK & BAHK, 2017).

Para melhorar a qualidade do leite, é necessário adotar práticas preventivas e sistemáticas, desde a propriedade rural até a mesa do consumidor. Isso inclui o controle da mastite, a redução de resíduos e contaminantes no leite, e o capacitação de técnicos e produtores em boas práticas agropecuárias. Além disso, a utilização de tecnologias modernas e a integração de dados em plataformas digitais, podem aumentar os níveis de segurança na cadeia de produção de produtos lácteos. (PARK & BAHK, 2017).

Em conclusão, é fundamental que sejam feitas recomendações práticas baseadas nos dados discutidos, como a implementação de programas de conscientização e consumo de leite seguro, além de melhorias contínuas nas práticas de higiene e controle de qualidade. A adoção dessas medidas contribuirá significativamente para a proteção da saúde do consumidor e a sustentabilidade da produção de leite. (BREITENBACH & RODRIGUES 2018)

Melhorias na qualidade do leite

A qualidade do leite é fundamental não apenas para a saúde pública, mas também para a rentabilidade da indústria láctea. Melhorar a qualidade do leite envolve uma série de práticas e técnicas que vão desde a produção no campo até o processamento e a distribuição. Leites com alta contagem de células somáticas (CCS) e contagem total de bactérias (CTB) são frequentemente indicativos de problemas de higiene (DÜRR, 2012). A implementação de práticas adequadas de manejo, higiene, processamento e monitoramento podem levar a um aumento significativo na qualidade do leite, beneficiando a saúde pública e a rentabilidade da indústria. Investir em tecnologia é fundamental para garantir um produto seguro e de alta qualidade (DÜRR, 2012).

Para uma melhoria na qualidade do leite e segurança alimentar, o ministério da agricultura, pecuária e abastecimento (MAPA, 2018), editou duas normativas que trouxeram mudanças.

Instruções normativas 76/2018

Aprova os regulamentos técnicos que fixam a identidade e as características de qualidade que devem apresentar o leite cru refrigerado, o leite pasteurizado e o leite pasteurizado tipo A (MAPA 2018).

Instruções normativas 77/2018

Estabelece os critérios e procedimentos para a produção, acondicionamento, conservação, transporte, seleção e recepção do leite cru em estabelecimentos registrados no serviço de inspeção official (MAPA 2018), Seguir a figura 1: coleta de amostra de tanque para análise e contagem de células somáticas.

Fonte: https://www.milkpoint.com.br/temas/qualidade-leite

O leite deve ter características sensoriais, como a coloração branca opaca, ser homogêneo e ter odor suave característico e alguns parâmetros quimico químicos, seguir a figura 2 Amostra de tanque, com conservantes para análise de contagem de células somáticas.

Fonte: https://www.milkpoint.com.br/temas/qualidade-leite

Na Figura 3, são apresentadas amostras de leite coletadas para análise laboratorial, com foco na contagem de células somáticas. Esse procedimento é fundamental para

avaliar a qualidade do leite, indicando possíveis alterações relacionadas à saúde do animal e ao manejo sanitário da ordem.

Fonte: https://www.milkpoint.com.br/temas/qualidade-leite

Limpeza e desinfecção

A limpeza rigorosa dos equipamentos da ordenha, incluindo ordenhadeiras, baldes e canecos, é fundamental. A desinfecção deve ser realizada após a limpeza, utilizando produtos adequados como: detergente ácido desincrustante, limpador de equipamentos de ordenha, detergente espumante, pré dipping e pós dipping. É importante seguir as recomendações dos fabricantes para garantir a eficácia dos produtos utilizados (FONSECA 2024)

Controle do ambiente

Manter a sala de ordenha em boas condições ambientais, com ventilação adequada e controle de umidade, é essencial para a hygiene, a presença de poeira, fezes e outros contaminantes deve ser reduzida, a implementação de práticas, a implementação de práticas de manejo que evitem o estresse dos animais pode ajudar a diminuir a contaminação (FONSECA 2024).

Capacitação da equipe

Treinamentos regulares sobre a importância da higiene, técnicas adequadas de ordenha e manejo seguro dos equipamentos são fundamentais para a obtenção de qualidade do leite, para garantir máxima higiene na ordenha o operador sede seguir algumas boas práticas lavar bem as mãos e os braços antes de iniciar o trabalho, usar roupas limpas, como aventais ou uniformes específicos para a ordenha e anter unhas curtas e limpas para evitar acúmulo de sujeira e contaminação (BRITO 1998)

Higiene dos animais:

Limpar os tetos com toalhas descartáveis ou individuais, usando água morna e solução sanitizante, para remover sujeiras ou resíduos antes de colocar o equipamento. Verificar se os animais estão em boas condições de saúde, observando se tem alguma infecção.

Higiene do equipamento

Lavar e esterilizar o equipamento de ordenha ante e depois de cada uso, garantindo que não haja resíduos de leite ou bactérias (SANTOS 2002).

Problemas legais e comerciais

Multas: falhas na higiene podem levar ao descumprimento de normas sanitárias, resultando em multas e suspensão de produção, perda de mercado: consumidores e empresas evitam fornecedores com histórico de baixa qualidade ou problemas sanitários (SANTOS 2002).

Conclusão

A manutenção da higiene na sala de ordenha é essencial para assegurar a saúde dos rebanhos, a qualidade do leite e a segurança alimentar dos consumidores. A limpeza rigorosa dos equipamentos, do ambiente e dos operadores reduz significativamente os riscos de contaminação. As práticas de higiene durante a ordenham são fundamentais para prevenir doenças e infecções no rebanho, resultando em melhores índices de produtividade e eficiência. Um ambiente de ordenha bem mantido favorece o bem-estar dos animais, impactando diretamente na qualidade do leite produzido. A implementação de protocolos rigorosos de higiene, aliada à educação e capacitação constante dos operadores, garante a continuidade e o sucesso das atividades leiteiras. Portanto, a manutenção de altos padrões de limpeza na sala de ordenha não é apenas uma exigência sanitária, mas uma estratégia essencial para a sustentabilidade e o crescimento da atividade leiteira, garantindo a competitividade no mercado e a confiança dos consumidores.

Com base nos dados discutidos sobre a importância da higiene na sala de ordenha para a qualidade do leite, aqui estão algumas propostas práticas:

1. Implementação de Protocolos de Higiene Estritos:
    - Limpeza Diária: Realizar a limpeza completa dos equipamentos de ordenha, incluindo tetos, mangueiras e tanques de armazenamento, após cada sessão de ordenha.
    - Desinfecção Regular: Utilizar desinfetantes apropriados para garantir a eliminação de patógenos. A desinfecção deve ser feita após a limpeza para ser eficaz.

2. Capacitação e Educação dos Operadores:
    - Treinamentos Regulares: Oferecer treinamentos contínuos para os operadores sobre as melhores práticas de higiene e manuseio dos equipamentos.
    - Atualização de Conhecimentos: Manter os operadores atualizados sobre novas técnicas e produtos de limpeza que possam melhorar a eficiência da higiene.
3. Monitoramento e Avaliação Constante:
    - Inspeções Frequentes: Realizar inspeções regulares na sala de ordenha para garantir que os protocolos de higiene estão sendo seguidos corretamente.
    - Análise de Qualidade do Leite: Monitorar constantemente a qualidade do leite produzido para identificar rapidamente qualquer sinal de contaminação.
4. Manutenção Preventiva dos Equipamentos:
    - Revisões Periódicas: Programar manutenções preventivas dos equipamentos de ordenha para evitar falhas que possam comprometer a higiene.
    - Substituição de Peças: Trocar regularmente peças desgastadas ou danificadas para garantir o funcionamento adequado dos equipamentos.
5. Ambiente de Ordenha Adequado:
    - Ventilação e Iluminação: Garantir que a sala de ordenha tenha boa ventilação e iluminação para facilitar a limpeza e reduzir a proliferação de patógenos.
    - Controle de Acesso: Limitar o acesso à sala de ordenha para evitar a entrada de pessoas não autorizadas e reduzir o risco de contaminação.
6. Bem-Estar Animal:
    - Condições de Higiene dos Animais: Manter os animais limpos e saudáveis, com cuidados regulares de higiene, como a limpeza dos tetos antes da ordenha.
    - Ambiente Confortável: Proporcionar um ambiente confortável para os animais, reduzindo o estresse e, consequentemente, o risco de doenças.
7. Uso de Tecnologias Avançadas:
    - Sistemas Automatizados de Limpeza: Investir em tecnologias que automatizem a limpeza dos equipamentos de ordenha, garantindo uma higienização mais eficiente e consistente.
    - Monitoramento Eletrônico: Utilizar sensores e sistemas de monitoramento eletrônico para acompanhar a qualidade do leite e a higiene dos equipamentos em tempo real.

Essas práticas e recomendações são essenciais para manter a qualidade do leite, garantir a saúde dos rebanhos e a segurança alimentar dos consumidores, além de promover a sustentabilidade e o crescimento da atividade leiteira.

Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 76, de 26 de novembro de 2018 . Diário Oficial da União, Brasília, 2018. Disponível em: https ://www .in .gov .br .

COSTA, GM et al. Impacto da contagem bacteriana total na qualidade do leite. ***Revista de Produção Animal***, v. 2, pág. 123-131, 2020.

SOUZA, RM Boas práticas de manejo na ordem: uma revisão. ***Ciência Rural***, v. 5, 2019.

DÜRR, JW *Produção de leite conforme Instrução Normativa nº 62* . 4.ed. Brasília: SENAR, 2012. 44 p

KROLOW, ACR **Pesquisadora em Tecnologia de Alimentos.** ***Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Doutoranda em Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Embrapa Clima Temperado, Pelotas***- *RS* . Disponível em: https ://www .infoteca .cnptia .embrapa .br /bitstream /doc /745163 /1 /documento154 .pdf . Acesso em: 24 nov. 2024.

PARK, MS; KIM, HN; BAHK, GJ A análise de incidentes de segurança alimentar na Coreia do Sul, 1998–2016. *Food Control* , v. 81, p. 196-199, 2017.

FONSECA, LF ***Qualidade do leite e controle de mastite*** . 2024. 4. ed.

BRITO, JRF ***Higiene e qualidade do leite na produção***. 1998.

SANTOS, L. ***Boas práticas na ordem e higiene dos animais***. 2015.

Capítulo 06

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-06

UTILIZAÇÃO DE PASTAGENS DO CERRADO PARA OVINOS

Dias, Thaylon Pereira; Cezário, Andréia Santos; Salgado, Guilherme Henrique; Santos, Marcus Alves; Gonzaga, Ana Maria Pinheiro; Ferreira, Danielly; Santos, Carlos Gabriel dos Martins, Wiaslan Figueiredo; Dos Santos, Wallacy Barbacena Rosa; Ribeiro, Jeferson Correa

**Autor correspondente (Corresponding author) –Email: thaylon.pereira@estudante.ifgoiano.edu.br; andreia.cezario@ifgoiano.edu.br; guilhermehensal@gmail.com; marcus.alves@estudante.ifgoiano.edu.br; ana.pinheiro@estudante.ifgoiano.edu.br; danielly.ferreira@estudante.ifgoiano.edu.br; carlos.gabriel1@estudante.ifgoiano.edu.br; wiaslan.martins@ifgoiano.edu.br; wallacy.barbacena@ifgoiano.edu.br; jeferson.ribeiro@ifgoiano.edu.br*

Resumo: A utilização de pastagens do Cerrado para ovinos é uma estratégia sustentável e eficaz para atender às necessidades nutricionais dos rebanhos em sistemas produtivos adaptados às condições dessa região. As espécies forrageiras adaptadas ao bioma apresentam características como alta capacidade de regeneração, resistência às condições adversas e potencial para produção de biomassa de qualidade. Conhecer a composição bromatológica dessas forrageiras é essencial para maximizar os ganhos produtivos dos ovinos. Espécies que oferecem altos teores de proteína bruta e digestibilidade tornam-se estratégicas para sistemas de produção mais intensivos, contribuindo para o aumento do ganho de peso, eficiência alimentar e qualidade da carne. O manejo adequado das pastagens, incluindo a definição de alturas ideais para entrada e saída do pastejo, é crucial para garantir alta produtividade, otimizando a oferta de forragem e o desempenho animal. A produtividade dessas pastagens é essencial para viabilizar economicamente a ovinocultura, uma vez que influencia diretamente o ganho de peso e a qualidade da carne.
Palavras-chave: alimentação, forragem, produção, sistemas intensivos.

1. INTRODUÇÃO

A ovinocultura brasileira tem experimentado um crescimento significativo nos últimos anos, impulsionada pelo aumento da demanda por carne ovina, leite e derivados, além do crescente interesse pela criação de animais para produção de lã e pele. Atualmente, o Brasil conta com um rebanho estimado em mais de 18 milhões de ovinos, concentrados principalmente nas regiões Nordeste, Sul e Centro-Oeste, onde condições climáticas e geográficas favorecem a atividade.

O setor tem se beneficiado de avanços tecnológicos, melhoramento genético e adoção de sistemas de manejo mais eficientes, que têm elevado a produtividade e a qualidade dos produtos. Apesar de ser historicamente uma atividade de pequeno e médio porte, a ovinocultura vem atraindo novos investidores e se destacando como uma alternativa viável para diversificação das propriedades rurais, contribuindo para o fortalecimento do agronegócio brasileiro e abrindo oportunidades no mercado interno e externo.

No Brasil a ovinocultura está baseada em sua grande maioria de sistemas de produção em pasto destinada a subsistência de famílias em zonas rurais, com baixa capacidade de suporte e lotação animal. Associado a tais condições, a necessidade de

intensificar os sistemas de produção para atender à procura do mercado consumidor (1).

Mercado que cada dia mais busca alternativas que vão diretamente de encontro com o desenvolvimento de técnicas e manejos das pastagens, principalmente durante o inverno, que devido à queda acentuada na produção e qualidade, é responsabilizada pela perda de peso dos animais e pela grande redução na capacidade de produção a pasto.

Para amenizar tais fatores nos sistemas de produção a pasto, o uso alternativo de pastos cultivados de inverno, consorciados com tropicais, promovem a disponibilidade de forragem de alta qualidade no período em que há pouco crescimento das espécies tropicais e subtropicais, além de consistir em importante ferramenta no sistema de produção. Esta otimização dependerá do manejo a ser empregado, visto que ele interfere na estrutura do dossel, e por sua vez na produção de forragem e na capacidade de colheita e seleção dos animais (2).

Nos últimos anos, o aumento na procura por carne ovina tem tornado a ovinocultura de corte uma atividade mais promissora. Com isso, os estados das regiões Centro-Oeste, Norte e Sudeste têm demonstrado grande interesse na criação de ovinos específicos para a produção de carne, como uma opção viável para diversificar as atividades e incrementar a renda de pequenos e médios produtores. Essa tendência tem impulsionado um crescimento significativo dos rebanhos nessas áreas. Já na região Nordeste, a criação de ovinos tem avançado de forma mais moderada, estimulada principalmente pela demanda de outros estados por animais destinados à reprodução.

De acordo com levantamentos do Cepea, o preço médio do cordeiro vivo em 2024 foi de R$ 13,94/kg, refletindo a valorização do mercado de ovinos no Brasil. Esse resultado evidencia o fortalecimento da cadeia produtiva, impulsionado pela crescente demanda por carne ovina de qualidade e pela busca por produtos diferenciados no mercado consumidor. A alta nos preços também ressalta o potencial econômico da ovinocultura como alternativa rentável para produtores em diversas regiões do país.

As reduções dos custos de produção, junto à demanda por novas tecnologias, expressam as principais propostas para a viabilização econômica da pecuária brasileira. Esta intensificação da produção animal em pastagem deve compatibilizar uma relação planta, animal, solo e clima, com o objetivo de equilibrar o estoque e o acúmulo de forragem com o desempenho e a produtividade animal desejada (3).

Objetivou-se neste capitulo de livro apresentar as principais forrageiras do cerrado para a cadeia da ovinocultura, composição bromatológica e produtividade.

2. FORRAGEIRAS DO CERRADO BRASILEIRO PARA OVINOS

O Brasil apresenta condições edafoclimáticas favoráveis à produção animal, pois possui clima tropical e extensas áreas de terras ocupadas com pastagens (4). Por isso, as plantas forrageiras apresentam grande importância por constituírem à base da alimentação dos ruminantes, representando a fonte de alimento mais importante na produção animal, assim fundamentalmente, deverão ser consideradas como culturas agrícolas e receber todos os cuidados para uma produtividade satisfatória e boa composição bromatológica no decorrer do ano (5).

Para uma utilização eficiente e sustentável das forrageiras, é fundamental compreender as interações do ambiente em que elas estão inseridas, considerando fatores como solo, clima e características específicas de cada espécie. O manejo adequado, baseado em informações planejadas sobre o ciclo de desenvolvimento das plantas, possibilita estratégias planejadas de pastejo e colheita que otimizam o uso do recurso forrageiro, garantindo sua renovação e produtividade ao longo do tempo. Segundo

Hodgson (1990), a forma de utilização da forragem e a sua conversão em produto animal, fazem partes de estágios a serem considerados em sistemas de produção animal.

Ovinos têm o hábito de pastejar em grupo, quando criados juntamente com bovinos, especialmente em pastagens mais altas, é comum observar os ovinos se alimentando em áreas previamente consumidas e rebaixadas pelos bovinos, aproveitando os fluxos que ficam mais acessíveis a eles. Esse comportamento reflete sua adaptação ao ambiente e sua capacidade de complementar o uso do pasto em sistemas de manejo misto.

Desta forma, quando colocados em pastagens com forrageiras de porte alto (acima de 0.80 m), tendem a movimentar-se em contorno, somente penetrando no interior da pastagem à medida que houver rebaixamento pelo pastejo ou pisoteio (7) [1].

Outra característica dos ovinos é o pastejo seletivo. Em razão dos lábios superiores bastante móveis, estes animais possuem extrema habilidade na apreensão de partes selecionadas das forrageiras, dada ainda a possibilidade de utilização dos lábios, dentes e língua. Sendo os dentes um dos órgãos de apreensão da forragem, o animal tem possibilidade de efetuar o pastejo rente ao solo (7) [1].

As pastagens indicadas para ovinos devem atender às características específicas que garantem boa produtividade e manejo eficiente. Espécies de porte baixo, com crescimento rasteiro ou prostrado, são preferidas, pois fornecem excelente cobertura do solo e toleram manejos mais intensivos. Cultivares do gênero Cynodon, como a estrela-africana e o tifton, são amplamente utilizadas por sua adaptabilidade e qualidade nutritiva. Seguem-se as do gênero Urochloa, especialmente em áreas onde se busca resistência e menor exigência em fertilidade do solo.

Por outro lado, as gramíneas do gênero Megathyrsus, como a cultivar Tamani, têm hábito de crescimento cespitoso, mas podem ser usadas desde que sejam necessárias práticas de manejo específicas, como ajustes na altura de entrada e saída dos ovinos no piquete. A exceção são Urochloa humidicola e sua cultivar Lanero, que apresentam maior tolerância a solos de baixa fertilidade, enquanto as demais cultivares exigem solos de média a alta fertilidade para pleno desempenho.

Algumas forrageiras ainda que de porte baixo, não são indicadas como pastagens para ovinos por apresentarem os mais diversos problemas, como a Swanne bermuda (Cynodon dactylon), pasto negro (Paspalum plicatulum) e missioneira (Axonopus compressus), por possuírem baixa aceitabilidade e Urochloa decumbens e U. ruziziensis, por favorecer a ocorrência de fotossensibilização (8).

Já a altura de corte é fator de manejo determinante na produção e qualidade da forragem. Assim, a avaliação de intensidades de desfolhação torna-se importante para recomendações mais eficientes de manejo no lançamento de uma nova cultivar.

Barth Neto et al. (9) as forrageiras do Cerrado desempenham um papel crucial na alimentação de ovinos, especialmente em sistemas de pastejo bem gerenciados. A altura ideal de entrada e saída dos animais nas pastagens é um fator determinante para a produtividade e a qualidade nutricional do pasto, além de influenciar diretamente na sustentabilidade do sistema (Tabela 1).

Tabela 1. Forrageiras essenciais para o cerrado com seus concernentes de alturas de entradas e saídas.

Cultivares	Altura de pastejo (cm)	
	Entrada	Saída
Cynodon (Coast cross e Tifton 85)	20-30	10-15
Urochloa brizantha	40-60	20-30
Megathyrsus maximum cv. Aruana	40-60	20-30
Megathyrsus maximum cv. Tamani	50-60	20-25
Capim elefante BRS Kurumi	75-80	35-45

Fonte: EMBRAPA (10).

As gramíneas mais indicadas para ovinos, por serem de hábito de crescimento rasteiro, especialmente as cultivares do gênero Cynodon, tendem a promover maior cobertura de solo, dificultando o estabelecimento de associação equilibrada com leguminosas de porte baixo (11).

3. COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA

A composição nutricional de forrageiras e os atributos de crescimento e estrutura da planta, são variáveis em função das condições edafoclimáticas as quais estão submetidas, tipo de manejo relacionado ao processo de pastejo, frequência e intensidade de desfolha (12). Outros fatores como espécie ou cultivar, maturidade e fertilidade do solo também podem influenciar o valor nutricional das pastagens (13). Para Santos (14) [2], as variações no valor nutritivo da planta podem ocorrer também em diferentes partes da planta e estádio de desenvolvimento.

O conhecimento sobre a composição químico-bromatológica das forrageiras é fundamental o balanceamento de dietas à base de volumosos. A composição bromatológica das plantas forrageiras engloba principalmente os teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) (15).

Dessa forma, o produtor que entende a composição bromatológica das forrageiras utilizadas pode tomar decisões mais assertivas sobre suplementação e manejo do pasto, contribuindo para maior eficiência produtiva e sustentabilidade econômica da atividade (Tabela 2).

Tabela 2: Composição bromatológica das forrageiras do cerrado

Forrageiras	**MS**	**PB**	**FDN**	**FDA**
			%	
Urochloa brizantha	34.09	6.91	70.57	39.56
Megathyrsus maximum cv. Aruana	34.78	10.39	72.99	37.55
Megathyrsus maximum cv. Tamani	20.00	12.40	75.40	40.00
Cynodon (Coast cross e Tifton 85)	25.19 24.36	13.12 12.21	76.85 76.08	35.49 40.20
Capim elefante BRS Kurumi	17.00	20.00	67.67	32.60

Fonte: CQBAL.

A produção de forragem é altamente influenciada pela adubação, sobretudo pela nitrogenada, que modifica os processos de crescimento das plantas. Logo, a aplicação deste nutriente é uma das formas de incrementar a produtividade dos pastos, principalmente quando a forrageira considerada responde eficientemente a sua aplicação,

como é o caso da espécie P. maximum (16).

Recentemente, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), lançou a cultivar híbrida de *Panicum maximum* BRS Tamani. Esta planta se destaca por apresentar porte baixo, abundância de folhas e perfilhos, produtividade, vigor, valor nutritivo (elevados teores de proteína bruta e digestibilidade), resistência à cigarrinha-das-pastagens e facilidade de manejo (17).

Já o gênero *Cynodon* sp. apresenta uma alta resposta a fertilizações e alto valor alimentício em função de elevados níveis nutricionais e uma boa digestibilidade (55 a 60%) em relação às outras plantas forrageiras, sendo estes os principais componentes que determinam o valor nutritivo de um alimento. Contudo, o Tifton 85, promissor do gênero resultante de melhoramentos genéticos, tem uma alta exigência em fertilidade do solo, não sendo recomendado em solos ácidos e pobres em nutrientes (18).

Silva et al. (19)[1] ressalva que o valor nutritivo de uma pastagem depende basicamente da composição química, da quantidade de nutrientes ingerida pelo animal e de sua digestibilidade. *Silva e Queiroz* (20) [2] confirmam que o consumo de matéria seca é fundamental para formulação de dietas, para que, assim, possa atender as exigências nutricionais dos animais, além de predizer o ganho de peso diário do animal e estimar a lucratividade da exploração.

O BRS kurumi e o tifton destacam-se pela alta qualidade nutricional e digestibilidade, sendo mais adequados para ovinos em sistemas intensivos que exigem desempenho superior. A forrageira Tamani possui uma combinação interessante de produção de biomassa e qualidade, fornecida como alternativa em sistemas mais versáteis. Já a brizantha é indicada para sistemas extensivos, onde a prioridade é a resiliência das pastagens em solos de baixa fertilidade e condições climáticas desafiadoras.

A escolha entre essas forrageiras deve considerar os critérios nutricionais dos ovinos, o sistema de produção adotado e as características do solo e do clima. Estratégias que combinam essas espécies podem oferecer maior sustentabilidade e eficiência na produção ovina ao longo do ano.

4. PRODUTIVIDADE DAS FORRAGEIRAS

Por se tratar de um país de clima tropical, o potencial produtivo das pastagens no Brasil é elevado, entretanto, a taxa de lotação do rebanho bovino nacional ainda é baixa, da ordem de 1,2 animal por hectare (21).

O capim elefante é originário da África Tropical, e possui boas condições de adaptabilidade às condições climáticas e de solo predominantes no Brasil. Pertence à família Poaceae, com grande variedade em suas características nutricionais e morfológicas, oferecendo variadas opções de aplicação, a partir da escolha da melhor cultivar, adaptada ao uso e necessidades, de acordo com uma finalidade específica (22).

Segundo Moraes (23), A cultivar BRS Kurumi foi lançada no mercado, pela Embrapa, em 2012 como uma alternativa para aumentar a produção de leite a pasto, devido a sua excelente estrutura de pasto, alto índice foliar e pequeno alongamento dos colmos, resultando numa altura de pastagem ideal, diferente de outras espécies de capim elefante, que possuem altura elevada. Além disso, esse capim se destaca pelo alto valor nutricional, alto teor de proteína bruta, nutrientes digestíveis totais e boa digestibilidade.

Em uma pesquisa conduzida por *Paciullo et al.* (24) encontrou-se um resultado de 5,19 toneladas por hectare de massa seca de forragem (MSF) do BRS Kurumi, em um ciclo de pastejo com duração de 4 dias e intervalo de desfolhação de 24 dias.

Já em trabalho realizado pela Embrapa, publicado por Mittelmann (25), o BRS

Kurumi apresentou uma produtividade de 16,2 t/ha de matéria seca, avaliado em 5 ciclos de pastejo, com a vantagem sobre outras cultivares, pelo maior número de perfilhos, o que representa uma maior capacidade de rebrote, e, consequentemente, maior produtividade e menor prazo de reentrada dos animais, favorecendo seu uso no pastejo rotacionado (26).

Segundo Mitidieri (27) houve a introdução casual da gramínea do gênero *Megathyrsus maximum*, por meio de navios negreiros que traziam escravos de Guiné, o capim servia de cama para os escravos e, depois, eram jogados em áreas costeiras.

Entre as forrageiras indicadas para essa região, há o capim *Panicum maximum* – híbrido BRS Tamani, que apresenta boa produção de forragem de elevada qualidade, grande velocidade de estabelecimento e de rebrota, sendo recomendado para plantio após culturas anuais em sistema agropastoril (28).

Em uma pesquisa conduzida por *De Souza et al*. (29) destacou que o acúmulo anual de forragem semelhante, indica que o *Panicum maximum* cv. BRS Tamani possui potencial produtivo semelhante em diferentes épocas de corte no cerrado, quando manejados com intensidade e frequência adequada. Isso ocorreu, pois apesar da defasagem de corte contrastante, não houve diferença na taxa de crescimento. As maiores taxas de crescimento diário (86 e 89 kg de Matéria Seca/hectare/dia) ocorreram aos 21 e 28 dias de crescimento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de forrageiras do cerrado para a alimentação de ovinos é uma estratégia eficiente e sustentável, especialmente em sistemas produtivos adaptados às condições dessa região. Essas forrageiras, quando manejadas adequadamente, oferecem uma excelente base alimentar, suprindo grande parte dos critérios nutricionais dos ovinos e contribuindo para a redução de custos com suplementação.

Por fim, a diversidade de espécies forrageiras disponíveis no Cerrado permite ao produtor planejar o uso de pastagens que atendem às necessidades nutricionais em diferentes períodos do ano, proporcionando a dependência de insumos externos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. LINO, Diego Marostica. Produtividade e métodos de sobressemeadura de aveia preta em pastagem irrigada de Tifton-85 sob pastejo de ovinos no cerrado. 2018.

2. GERDES, L., Mattos, H. B. de ., Werner, J. C., Colozza, M. T., Santos, L. E. dos ., Cunha, E. A. da ., Bueno, M. S., & Schammass, E. A.. (2005). Características do dossel forrageiro e acúmulo de forragem em pastagem irrigada de capim-aruana exclusivo ou sobre-semeado com uma mistura de espécies forrageiras de inverno. Revista Brasileira De Zootecnia, 34(4), 1088–1097. https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000400002.

3. LEITE, J. L. B.; GOMES, A. T. O agronegócio de leite no Brasil. Juiz de Fora: EMBRAPA Gado de Leite, Cap. 13, p. 213-217, 2001.

4. ALVES, S. J.; MORAES, A.; CANTO, M.W.; SANDINI, I. Espécies forrageiras recomendadas para produção animal. Londrina: Fundepec, 2008.

5. CASTAGNARA, D. D. et al. Use of a conditioning unit at the haymaking of Tifton 85 overseeded with Avena sativa or Lolium multiflorum. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 41, p. 1353-1359, 2012.

6. HODGSON, J. Grazing management–science into practice. Essex: Longman Scientific & Technical, 1990. 203 p.

7. SANTOS, L.E. dos Pastagens para ovinos e caprinos. In": I CURSO DE MANEJO DE PASTAGENS (Coord. PEDREIRA, JVS.) Anais ..., Nova Odessa, SP, 1985.

8. SIQUEIRA, E.R. Pastagens para ovinos. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Eds.) SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 8. Anais ... Piracicaba: FEALO. p. 351-60. 1988.
9. BARTH NETO, A.; CARVALHO, P.C.F.; LEMAIRE, G.; SBRISSIA, A.F.; CANTO, M.W.; SAVIAN, J.V.; AMARAL, G.A.; BREMM, C. Perfilhamento em pastagens de azevém em sucessão a soja ou milho, sob diferentes métodos e intensidades de pastejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.48, p.329-338, 2013. https://doi. org/10.1590/s0100-204x2013000300012.
10. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – EMBRAPA. BRS Tamani, forrageira híbrida de Panicum maximum. Campo Grande: EMBRAPA, 2015. Folder.
11. COSTA, C.; MEIRELLES, PR de L.; FACTORI, M. A. Pastagens para ovinos. 2007.
12. GALZERANO, L. et al. Características morfogênicas e estruturais do capim-xarés submetido a intensidades de pastejo. Semina: Ciências Agrarias, Londrina, v.34, n.4, p.1879- 1890, 2013.
13. FLORES, R.S. et al. Desempenho animal, produção de forragem e características estruturais dos capins marandu e xaraés submetidos a intensidades de pastejo. Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, p.1355-1365, 2008.
14. SANTOS, E. A. Cobertura do solo em sistema de semeadura direta em Fênix (PR). 177 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE: Presidente Prudente, 2011.
15. VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. 2a ed. Ithaca: Cornell University Press; 1994. 476 p.
16. MARTUSCELLO, J. A.; SILVA, L. P.; CUNHA, D. N. F. V.; BATISTA, A. C. S.; BRAZ, T. G. S.; FERREIRA, P. S. Adubação nitrogenada em capim-massai: morfogênese e produção. Ciência Animal Brasileira, v.16, p. 1-13. 2015. http://dx.doi.org/10.1590/1089- 68916i118730
17. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – EMBRAPA. BRS Tamani, forrageira híbrida de Panicum maximum. Campo Grande: EMBRAPA, 2015. Folder.
18. TONATO, F.; PEDREIRA, C. G. S. O capim Tifton 85. Disponível em: Acesso em: 17 nov. 2024.
19. SILVA, E. A.; RIBEIRO, T. R.; PEREIRA, J. C. Avaliação da qualidade de uma pastagem natural utilizando novilhos fistulados no esôfago e o corte manual. Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Anais... Fortaleza, CE, 1996.
20. SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006.
21. ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. Pecuária brasileira. 22 jan. 2014.
22. CHAMBELA NETO, A.; VIEIRA, G. H. S.; HADDADE, I. R.; ROSADO, T. L.; MELLO, B. L. B. de. Aplicação de novas tecnologias na bovinocultura leiteira. Incaper em Revista, Vitória, v. 9, p. 51-65, 2018.
23. MORAES, C. T. de. Desempenho de vacas em lactação em pastejo de capim-elefante BRS Kurumi, com e sem suplementação energética. 2020. 61p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, 2020.
24. PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. de M.; MORENZ, M. J. F.; ANDRADE, D. F. de A. A.; ANDRADE, P. J. M.; LÉDO, F. J. da S.; PEREIRA, A. V. Características do pasto e desempenho de novilhas leiteiras em pastagem de capim-elefante cv. BRS Kurumi. Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, v. 35, 2015.

25. MITTELMANN, A. CAPIM-Elefante: BRS Kurumi. Embrapa Clima Temperado-Folder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E), 2013.
26. VIEIRA, Alciel Pinto; BATISTA, Odair Gonçalves; DE FREITAS, Luciana Morais. PRODUTIVIDADE DO CAPIM ELEFANTE ANÃO CULTIVAR BRS KURUMI (Pennisetum purpureum) NO PERÍODO DE SECA NO CERRADO BRASILEIRO PARA ALIMENTAÇÃO ANIMAL (AGRONOMIA). Repositório Institucional, v. 2, n. 2, 2024.
27. MITIDIERI, J. Manual de gramíneas e leguminosas para pastos tropicais. São Paulo. Nobel, 1983.195 p.
28,29. DE SOUZA, Amanda Azevedo Rodrigues et al. Produtividade em diferentes períodos de crescimento do capim Panicum maximum cv. BRS Tamani no Brasil central. 2019.

Capítulo 07

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-07

USO DO LEITE DE CABRA NA NUTRIÇÃO HUMANA COMO ALTERNATIVA A INTOLERANTE LACTOSE

Yasmin Honório Silva e Wallacy Barbacena Rosa

Resumo: O leite de cabra tem ganhado reconhecimento como uma alternativa benéfica para indivíduos com intolerância à lactose, uma condição que afeta uma parcela significativa da população global. O uso do leite de cabra sendo explorado para a utilização na alimentação de intolerantes, o leite de cabra, contendo aproximadamente 4,1% a 4,5% de lactose, um pouco menor que o 4,7% a 4,9% encontrados no leite de vaca pode oferecer uma opção mais tolerável para alguns indivíduos, especialmente aqueles com intolerância leve. Esse artigo teve como objetivo explorar a utilização do leite de cabra na alimentação humana. Por sua boa digestibilidade, e um baixo potencial alergênico. Em muitos casos o leite de cabra pode com êxito substituir o leite de vaca na alimentação de indivíduos alérgicos ao leite de vaca, sendo recomendada à orientação médica.

Palavras-Chave: Leite de cabra; Digestibilidade; Intolerância à lactose.

1. INTRODUÇÃO

O leite de cabra, consumido por diversas culturas ao longo da história, tem se destacado nos últimos anos como uma alternativa ao leite de vaca para pessoas com intolerância à lactose. Apesar de apresentar similaridades em sua composição nutricional, o leite de cabra possui características próprias que o tornam uma opção potencialmente mais adequada para este público, sua composição nutricional e digestibilidade, comparando-a com o leite de vaca, embora o leite de vaca seja um alimento amplamente consumido, o leite de cabra tem se destacado como uma opção de um número crescente de pessoas.

Para Ribeiro e Ribeiro, A exploração dos caprinos para a produção de leite é bastante antiga, já aparecendo na mitologia grega ,onde Zeus teria sido alimentado com leite da cabra Amaltéia.

> A exploração dos caprinos para leite tem crescido, porque além do leite ser considerado um produto de alto valor nutritivo, os caprinos têm a capacidade de se adaptar a condições criatórias variáveis, podendo proporcionar a famílias de baixa renda familiar, e a população em geral, uma melhoria do nível nutricional da dieta. (RIBEIRO & RIBEIRO, 2004, p.228).

Embora ambos os lácteos contenham valor nutricional significativo, o leite de cabra se revela enquanto uma escolha mais adequada em algumas situações sendo uma delas a tolerância ao leite de cabra por indivíduos alérgicos ao leite de vaca. A explicação para essa tolerância reside não apenas na menor quantidade de lactose presente no leite de cabra, mas também na composição diferenciada de suas proteínas. Abordando, assim, a viabilidade do leite de cabra como alimento para pessoas com intolerância à lactose, com base em estudos científicos que investigam os benefícios e as possíveis limitações de seu consumo.

A estrutura dessas proteínas no leite de cabra é ligeiramente distinta, o que pode afetar como o sistema imunológico responde a elas. Pesquisas mostraram que o leite de cabra pode ser uma alternativa adequada para indivíduos com alergias ao leite de vaca devido à sua composição proteica diferente, conforme menciona Discovery Texas (2024).

O leite de cabra é uma excelente fonte de cálcio e zinco, minerais essenciais para a saúde. O zinco desempenha um papel crucial na manutenção da pele saudável, na cicatrização de feridas e na imunidade, tanto inata quanto adaptativa. O cálcio, por sua vez, apresenta potenciais propriedades anti-inflamatórias. Uma das razões pelas quais muitas pessoas preferem o leite de cabra é a ausência de inflamação e desconforto estomacais frequentemente associados ao consumo de leite de vaca. Essa diferença benéfica se deve à composição enzimática única do leite de cabra, que promove o alívio da inflamação intestinal.

Atualmente, pesquisas estão em andamento para investigar se essas propriedades anti-inflamatórias se estendem a outras partes do corpo, mas seus benefícios para a saúde digestiva são inegáveis. O leite de cabra continua se apresentando como uma alternativa saudável para aqueles que buscam uma opção láctea mais gentil.

O leite de cabra possui propriedades anti-inflamatórias que podem auxiliar na redução da inflamação no organismo. Estudos demonstram que componentes presentes no leite de cabra apresentam potenciais propriedades anticâncer, abrindo caminho para novas aplicações medicinais. A investigação contínua sobre os benefícios do leite de cabra para a saúde é crucial para entender completamente seu potencial terapêutico. A exploração de seus componentes bioativos pode revelar ainda mais aplicações na prevenção e tratamento de doenças Discovery Texas (2024).

O leite de cabra promove o crescimento e o desenvolvimento integral, prevenindo, inclusive, condições como a anemia, graças à sua elevada biodisponibilidade de ferro. Assim,

> Um único copo de leite de cabra contém:
> 168 calorias
> 6,5 gramas de gordura saturada
> 10,9 gramas de proteína
> 11 gramas de carboidratos
> 27 mg de colesterol (PIYUSH YADAY, 2024).

O leite de cabra, com suas múltiplas propriedades, ocupa um lugar de destaque na pesquisa nutricional. A investigação contínua nesse campo abre portas para novas aplicações que podem promover a saúde e o bem-estar Piyush Yadav (2024).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Sabe-se que nos últimos anos, o leite de cabra apresenta uma composição única que pode atender às necessidades de pessoas com restrições alimentares, como intolerância à lactose, além de ser uma opção nutritiva para o público em geral. A opção tem se tornado uma escolha popular em dietas voltadas para maior digestibilidade e menor risco de reações adversas.

A composição do leite de cabra reflete uma combinação de nutrientes essenciais que podem contribuir para o desenvolvimento saudável e o fortalecimento do organismo. Entre suas características mais notáveis, destaca-se a presença de proteínas de alta

qualidade, minerais, como cálcio e magnésio, e vitaminas que desempenham papéis fundamentais na manutenção da saúde óssea, muscular e imunológica. Ademais, em sua estrutura de glóbulos de gordura e ácidos graxos confere vantagens no processo digestivo, sendo particularmente benéfica para indivíduos com sistemas digestivos sensíveis ou em desenvolvimento.

Este conteúdo foi conduzido com o intuito de investigar as propriedades nutricionais e funcionais do leite de cabra, analisando suas características químicas, digestibilidade e potencial alergênico. Em razão disso, utilizou-se um conjunto de procedimentos padronizados e replicáveis, que englobaram a coleta, preparação e análise das amostras, além do tratamento estatístico dos dados obtidos.

As amostras do leite de cabra, segundo os materiais bibliográficos usados, foram coletadas em condições controladas, seguindo alguns protocolos que garantem a integridade e a representatividade dos dados. Tais metodologias incluíram análises químicas para determinação de composição nutricional, testes físicos para avaliar propriedades como o tamanho dos glóbulos de gordura, entre outros.

No tópico a seguir, serão enfatizados detalhadamente os aspectos nutricionais e funcionais do leite de cabra, incluindo suas vantagens em relação ao leite de vaca e os fatores que podem influenciar na sua ingestão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A gordura do leite é um nutriente muito importante e contribui significativamente com a formação do flavour caprino.

> especialmente pela relação lipídios / lipólise. Vários autores sugerem que esta característica peculiar do leite caprino deve-se a presença de ácidos graxos de cadeia curta (capróico - C6:0, caprílico - C8:0, cáprico C10:0) com teores duas vezes maiores que no leite de vaca, tornando-os quimicamente e sensorialmente distintos. A atividade de lípases no leite resulta na liberação de ácidos graxos de cadeia curta especialmente de C6:0 a C10:0 e ácidos graxos ramificados. (COSTA, 2009, p.10).

Tratando-se de um composto físico e químico complexo, o leite de cabra é um o leite é basicamente uma emulsão de gordura numa solução aquosa, contendo vários elementos, alguns, como a lactose e minerais, estão dissolvidos, e outros em forma coloidal, como os compostos nitrogenados. Desta forma Ribeiro e Ribeiro (2004), atestam que

> O leite de cabra possui qualidades próprias, que muito o recomendam como alimento, porém a sua composição varia de acordo com vários fatores, entre estes, a raça, estágio de lactação, ciclo estral, condições ambientais, estação do ano, alimentação, cuidados dispensados ao animal e estado de saúde do mesmo (JARDIM, 1984). De acordo com Le Jaouen (1981), o leite de cabra apresenta algumas características físicas que o distinguem do leite de vaca. Apresenta um gosto típico, que dependendo de onde os animais estão instalados e da alimentação que recebem, por exemplo, em estábulos mal cheirosos e alimentos odoríferos, podem apresenta rum gosto mais forte, muitas vezes indesejável. (RIBEIRO & RIBEIRO, 2004, p.230).

Com base nas análises e leituras realizadas, o leite de cabra apresenta uma composição nutricional em relação ao leite de vaca, destacando-se por conter maior quantidade de proteínas, cálcio, vitaminas e minerais, além de obter menor teor de gordura. Contudo, os componentes presentes em qualquer tipo de leite variam

significativamente conforme fatores como raça do animal, dieta, tal como o ambiente em que é criado. Essas distinções tornam a tipologia mais nutritiva e não tão agressiva ao organismo humano. As principais diferenças das duas tipologias lácteas são:

1. O leite de cabra contém mais proteína nutricional, cálcio, vitaminas e minerais e tem menor teor de gordura do que o leite de vaca. No entanto, os componentes presentes em qualquer leite dependem da raça do animal, dieta, ambiente, etc.
2. O leite de cabra é facilmente digerido, pois seus glóbulos de gordura são menores, então as enzimas digestivas o quebram rapidamente. Enquanto o leite de vaca tem níveis mais baixos de ácidos graxos de cadeia curta e média, tornando-o mais difícil de digerir, também depende do tipo de leite de vaca, ou seja, A1 e A2.
3. O leite de cabra tem menos lactose do que o leite de vaca. Algumas pessoas têm níveis mais baixos da enzima digestiva lactose 'lactase', o que as torna intolerantes à lactose ao leite de vaca.
4. O leite de cabra contém glóbulos de gordura menores, que fazem queijo duro. Ao mesmo tempo, o leite de vaca tem glóbulos de gordura maiores do que o leite de cabra, o que faz queijo mais macio.
5. O leite de cabra tem mais carboidratos prebióticos, que dão suporte a bactérias boas no trato digestivo de uma criança, equivalente ao leite materno humano. Em comparação, o carboidrato prebiótico está ausente no leite de vaca. (PIYUSH YADAY, 2024).

Na tabela abaixo, retirada do site *Ask any difference* / Pergunte qualquer pergunta, há uma comparação entre as duas tipologias:

Tabela de comparação

Parâmetros de comparação	Leite de cabra	Leite de vaca
Gosto	Mais doce que o leite de vaca e de sabor um pouco caprino.	Menos doce que o leite de cabra, mas de sabor neutro.
Aparência	Branco	Amarelado
Digestão	Facilmente digerido em comparação com o leite de vaca.	Menos facilmente digerido em comparação com o leite de cabra.
Lactose	A lactose é cerca de 12% menor por xícara do que o leite de vaca.	A lactose está presente
Conteúdo de vitaminas e minerais	As vitaminas A e D e os minerais cálcio e selênio são mais elevados no leite de cabra.	A vitamina B12 e o ácido fólico são encontrados em maior quantidade no leite de vaca.

Com base nas comparações contidas acima, o leite caprino, ainda assim, é o alimento ideal para crianças, pessoas idosas, doentes e convalescentes, pois além de ter boa composição nutricional, não provoca o aparecimento de cólicas estomacais, podendo mesmo, em alguns casos, eliminá-las. “Também é recomendado para crianças alérgicas ao leite de vaca e a pessoas que fazem tratamento quimioterápico, porque pode diminuir a queda de cabelos, que ocorre com este tipo de tratamento.” (RIBEIRO & RIBEIRO, 2004, p.232).

Para além disso, as estratégias para controlar a intolerância à lactose variam conforme o tipo de hipolactasia, a gravidade da intolerância e a idade do paciente. Essas estratégias incluem a redução do teor de lactose nos alimentos, o consumo de produtod lácteos e especiais ou utilização de lactase exógena.

Embora sejam raros, há registros de algumas recorrências em que pessoas intolerantes a leite de cabra e ovelha evidenciaram tolerância ao leite de vaca, conforme menciona Ribeiro e Ribeiro (2004).

> Contudo, a disponibilidade desses leites é limitada, devido à dificuldade de acesso a essas espécies em determinadas regiões. Quando o uso de leites de outras espécies não é viável, fórmulas infantis com proteínas altamente hidrolisadas ou à base de soja são alternativas recomendadas. Essas fórmulas resultam da quebra de proteínas por calor e hidrólise enzimática, mas podem apresentar desafios, como sabor desagradável, custo elevado e alta osmolaridade, que pode causar diarreia osmótica e comprometer o intestino. (RIBEIRO & RIBEIRO, 2004, p.234).

De maneira eficaz, o uso do leite de cabra como alternativa na nutrição de pessoas alérgicas ou intolerantes exige atenção à sua origem e processamento, para garantir segurança e tranquilidade. Pode-se esperar que no futuro novos métodos de produção e técnicas que aprimorem ainda mais sua acessibilidade e custo-benefício.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora o leite de cabra, contenha lactose, apresenta características que o diferenciam do leite de vaca e podem torná-lo mais tolerável para indivíduos com intolerância à lactose. A estrutura da lactose no leite de cabra é ligeiramente diferente, com moléculas menores e mais facilmente digeríveis. Além disso, o leite de cabra possui uma maior concentração de ácidos graxos de cadeia curta, que podem auxiliar na digestão da lactose. Visto que

> O leite de cabra é considerado um dos alimentos mais completos por apresentar vários elementos importantes para a nutrição humana, constituído de proteínas de alto valor biológico e ácidos graxos essenciais, além de seu conteúdo mineral e vitamínico. Esta revisão tem como objetivo avaliar as variações referentes à composição química e propriedades físicoquímicas do leite, que ocorrem em função de alguns fatores, tais como: climáticos, raça, indivíduo, estágio de lactação e alimentação. O manejo alimentar tem sido considerado um fator preponderante na manipulação dos componentes do leite. Há um entendimento dominante que a gordura é o componente do leite que mais sofre influência dos alimentos. (COSTA, 2009).

Esse artigo teve como objetivo explorar a utilização do leite de cabra na alimentação humana. Por sua boa digestibilidade, e um baixo potencial alergênico. Apesar dessas diferenças, é fundamental reconhecer que a quantidade de lactose presente no leite de cabra pode variar, dependendo da raça da cabra, da alimentação e do processo de produção. A tolerância individual à lactose também é um fator crucial a ser considerado, visto que o que uma pessoa tolera, outra pode não tolerar.

A sensibilidade individual a proteínas do leite também pode influenciar a tolerância ao leite de cabra. Algumas pessoas podem experimentar sintomas leves, como gases ou inchaço, mesmo com o consumo de pequenas quantidades de leite de cabra,

enquanto outras podem consumi-lo sem problemas. A intensidade dos sintomas também pode depender da quantidade de leite de cabra ingerida

Portanto, a melhor abordagem para indivíduos com intolerância à lactose é consultar um nutricionista ou médico para uma avaliação individualizada. Eles podem realizar testes para determinar o nível de intolerância e recomendar a quantidade apropriada de leite de cabra, ou alternativas lácteas, que se adequem às necessidades e tolerância de cada pessoa. Além disso, o profissional de saúde poderá orientar sobre outras estratégias para gerenciar os sintomas, como o consumo de enzimas lactase. Enquanto o leite de cabra pode ser uma opção mais tolerável para alguns indivíduos com intolerância à lactose devido à sua composição única e potencialmente menor teor de lactose, não é uma solução universal.

5. AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao Instituto Federal de Goiás - Campus Morrinhos, pela oportunidade de aprendizado e desenvolvimento ao longo desta jornada acadêmica, que tem sido fundamental para minha formação. Minha gratidão se estende ao professor Wallacy Barbacena Rosa, cuja orientação, paciência e dedicação foram indispensáveis para a realização deste trabalho.

Também registro meus agradecimentos à VII Semana de Alimentos, evento que proporcionou um ambiente enriquecedor para troca de conhecimentos e experiências entre estudantes, professores e profissionais da área. A organização e qualidade das palestras e atividades foram inspiradoras, reforçando meu compromisso com a pesquisa e a inovação no campo da ciência de alimentos.

A todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a concretização deste estudo, meu sincero agradecimento.

6. REFERÊNCIAS

COSTA, Roberto Germano; QUEIROGA, Rita de Cássia RE; PEREIRA, Renata AG. Influência do alimento na produção e qualidade do leite de cabra. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 38, p. 307-321, 2009.

DISCOVER, Texas.The Impact of Goat Milk on Lactose Intolerance. Disponível em: https://discover.texasrealfood.com/milking-goat-qa/the-impact-of-goat-milk-on-lactose-intolerance. Acesso em: 15 nov. 2024.

RIBEIRO, E. L. de A., & Ribeiro, H. J. S. de S. (2004). Uso nutricional e terapêutico do leite de cabra. *Semina: Ciências Agrárias*, *22*(2), 229–235.

YADAY, Piyush. Goat vs Coe Milk: Difference and Comparison. Askanydifference. Disponível em: https://askanydifference.com/difference-between-goat-and-cow-milk/. Acesso em 13. Nov. 2024.

Capítulo 08

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-08

CINÉTICA DE CRESCIMENTO DE *Salmonella* Enteritidis EM CULTIVO MISTO COM *Clostridium botulinum* NÃO PROTEOLÍTICO EM QUICHE

Maria Eduarda Teles de Queiroz; Afonso Moraes Maiochi; Igor Calixto Morsoletto; Joao Victor dos Santos Leao ; Tulio Rabelo da Silva; Ellen Godinho Pinto; Dayana Silva Batista Soares; Ana Paula Stort Fernandes Wiaslan Figueiredo Martins

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: wiaslan.martins@ifgoiano.edu.br*

Resumo: O estudo avaliou o crescimento de *Salmonella* Enteritidis e *Clostridium botulinum* não proteolítico em quiche, alimentos processados propensos à contaminação microbiológica. O objetivo foi modelar o comportamento desses patógenos em diferentes temperaturas isotérmicas (8 °C, 12 °C, 18 °C e 25 °C), utilizando o banco de dados *ComBase* e o software *DMFit online* para obter parâmetros de crescimento microbiano. A metodologia incluiu a preparação de quiches inoculadas com culturas bacterianas, monitoradas em condições controladas para identificar os efeitos da temperatura. Os resultados demonstraram que temperaturas acima de 8 °C favoreceram a proliferação dos microrganismos, com velocidades máximas de crescimento observadas a 25 °C, com $\mu_{máx}$ de 0,141 h^{-1}, enquanto temperaturas abaixo de 8 °C foram eficazes em diminuir seu desenvolvimento, com $\mu_{máx}$ de 0,00835 h^{-1}. O estudo concluiu que práticas rigorosas de controle térmico são essenciais para a segurança de alimentos prontos, destacando os riscos de produtos similares, como carnes processadas, maioneses caseiras e peixes frescos, quando armazenados de forma inadequada. Os achados reforçam a necessidade de estratégias eficazes de conservação para minimizar riscos microbiológicos e garantir a segurança dos alimentos.

Palavras–chave: Modelagem preditiva; quiches; *Salmonella* Enteritidis; segurança de alimentos

INTRODUÇÃO

A proliferação de microrganismos nocivos em alimentos prontos para consumo é um assunto de grande importância para a segurança de alimentos e a saúde pública. A *Salmonella* Enteritidis e o *Clostridium botulinum* não proteolítico, entre os principais patógenos alimentares, se destacam como ameaças consideráveis, devido à sua habilidade de se multiplicar em condições propícias, mesmo em alimentos processados e embalados. Entender sua interação em sistemas alimentares é crucial para a criação de estratégias de controle e prevenção eficientes.

A segurança de alimentos é um tema central no cenário global, especialmente diante do aumento da demanda por alimentos prontos para consumo e da necessidade de métodos eficazes de controle microbiológico. Entre os produtos que demandam atenção estão as quiches, alimentos compostos por ingredientes de alto valor nutricional, como

ovos, laticínios e vegetais, que apresentam características favoráveis à proliferação microbiana quando armazenados em condições inadequadas (1).

Nesse contexto, duas bactérias têm despertado especial atenção: *Salmonella* Enteritidis, onde é um dos agentes mais frequentes em surtos de doenças transmitidas por alimentos, e o *Clostridium botulinum* não proteolítico, conhecido por produzir toxinas botulínicas letais mesmo em alimentos com baixos níveis de oxigênio (1,2).

S. Enteritidis é uma bactéria Gram-negativa, pertencente à família Enterobacteriaceae, que se destaca como uma das principais causas de doenças transmitidas por alimentos (DTA) no mundo. Essa bactéria é um sorotipo de *Salmonella enterica* subsp. *enterica* está amplamente associada a produtos de origem animal, como ovos, carnes e laticínios, além de alimentos contaminados durante o processamento ou armazenamento (3).

A patogenicidade de *S.* Enteritidis está relacionada à sua capacidade de sobreviver em condições adversas, incluindo baixa atividade de água (*aw*) e pH ácido, além de sua elevada resistência a processos de refrigeração e congelamento. Após o consumo de alimentos contaminados, a bactéria pode causar gastroenterite, caracterizada por sintomas como diarreia, febre e dores abdominais, sendo que em casos graves pode evoluir para septicemia, especialmente em indivíduos imunossuprimidos (1).

Clostridium botulinum é uma bactéria Gram-positiva, anaeróbica e formadora de esporos, pertencente ao filo Firmicutes. As cepas não proteolíticas do tipo II são particularmente preocupantes na segurança de alimentos devido à sua capacidade de produzir toxinas botulínicas letais, mesmo em condições de baixa temperatura e atmosfera anaeróbica, características de alimentos embalados a vácuo ou em atmosfera modificada (4).

Ao contrário das cepas proteolíticas, o *C. botulinum* não proteolítico não metaboliza proteínas de maneira eficiente, mas é capaz de crescer em temperaturas tão baixas quanto 3 °C, tornando-o uma ameaça em alimentos refrigerados. As toxinas produzidas por essa bactéria são neurotóxicas e podem causar botulismo, uma doença rara, porém grave, caracterizada por paralisia muscular progressiva e risco de morte em casos não tratados (5).

A sobrevivência de *C. botulinum* é atribuída à formação de esporos altamente resistentes, capazes de suportar condições extremas, como aquecimento em temperaturas acima de 100 °C. Essa característica reforça a necessidade de rigorosos controles de temperatura e manejo no processamento de alimentos sensíveis (1). Microrganismos como *S.* Enteritidis e *C. botulinum* não proteolítico destacam-se pelo seu potencial patogênico em alimentos processados. *S.* Enteritidis é amplamente reconhecida por causar gastroenterites e infecções sistêmicas graves, sendo associada a alimentos de origem animal e pratos preparados inadequadamente (4). Por sua vez, *C. botulinum* não proteolítico, produtor de toxinas botulínicas, é particularmente perigoso em alimentos embalados a vácuo ou com atmosfera modificada, devido à sua capacidade de sobreviver e se multiplicar em ambientes anaeróbicos (5). A coexistência desses microrganismos em sistemas alimentares complexos, como as quiches, representa um desafio significativo para o setor alimentício e requer maior compreensão científica.

O presente estudo tem como objetivo principal modelar o crescimento de *S.* Enteritidis em cultivo misto com *C. botulinum* não proteolítico, utilizando o *Combase*, para analisar o comportamento microbiano em quiches armazenadas sob diferentes temperaturas isotérmicas (8 °C, 12 °C, 18 °C e 25 °C). Essa abordagem possibilita a geração de modelos matemáticos capazes de prever o crescimento microbiano em cenários específicos, contribuindo para a avaliação de risco microbiológico e o estabelecimento de práticas seguras de armazenamento (2).

No contexto científico, a pesquisa contribui diretamente para a ampliação do entendimento sobre microbiologia preditiva, um campo que vem ganhando importância ao aliar conhecimentos tradicionais da microbiologia com ferramentas de modelagem computacional. Banco de dados como o *ComBase* têm permitido avanços significativos na previsão de cenários de risco, fornecendo informações que orientam a criação de legislações, inspeções sanitárias e diretrizes industriais (5).

Do ponto de vista tecnológico, os resultados desta pesquisa poderão impactar diretamente a indústria alimentícia ao proporcionar dados robustos sobre o comportamento de patógenos em alimentos processados. Isso possibilita não apenas a mitigação de riscos em produtos prontos para consumo, mas também a formulação de protocolos de segurança que considerem condições reais de mercado e consumo.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados para compor esse estudo foram retirados do software *ComBase*, utilizando a categoria de alimentos "*ovo ou produto à base de ovo*", o microrganismo "*Salmonella* Enteritidis" e uma faixa de temperatura entre 8 °C a 25 °C, pH 6,0 e cloreto de sódio (NaCl) 1,1%. A partir disso foram selecionadas informações referentes ao crescimento (log_{10} UFC/g) de *Salmonella* Enteritidis em quiche, considerando 4 temperaturas de armazenamento: 8 °C, 12 °C, 18 °C e 25 °C. Esses dados foram extraídos do "Food Standards Agency" gerados em Torry, Aberdeen, Reino Unido.

Em virtude de sua composição rica em nutrientes, que inclui ovos, laticínios e vegetais, as quiches foram empregadas como substrato alimentar (1). As amostras foram produzidas em ambiente laboratorial sob rigorosos padrões de higiene, seguidas pela inoculação de culturas puras de *S.* Enteritidis e *C. botulinum* não proteolítico (3). Cada unidade foi moldada em porções de tamanho uniforme para padronizar as análises.

Após o preparo, as quiches foram inoculadas com culturas puras de *S.* Enteritidis e *C. botulinum* não proteolítico. As bactérias foram previamente cultivadas em meios de crescimento apropriados para garantir sua viabilidade, sendo inoculadas em concentrações conhecidas, ajustadas para simular situações reais de contaminação alimentar (1).

ANÁLISE E MODELAGEM DE DADOS

Modelagem primária

Os dados obtidos das contagens foram ajustados utilizando o software *DMFit online*, amplamente utilizado na microbiologia preditiva. O modelo de Baranyi e Roberts sem a fase lag foi selecionado pela função "*model of Baranyi and Roberts- no lag*" no *DMFit*. Assim, nas equações 1, 2 e 3 abaixo, o valor do parâmetro de curvatura tende a zero e os parâmetros de crescimento determinados são y_0 (população inicial), $\mu_{máx}$ (velocidade específica máxima de crescimento) e $Y_{máx}$ (população máxima), de acordo com as equações abaixo.

$$y(t) = y_0 + \mu_{max}F(t) - log\left[1 + \frac{exp(\mu_{max}F(t))-1}{exp(y_{max}-y_0)}\right] \quad (1)$$

$$F(t) = t + \left(\frac{1}{\mu_{max}}\right) log[exp(-\mu_{max}t) + exp(-h_0) - exp(-\mu_{max}t - h_0)] \quad (2)$$

$$h_0 = \mu_{max}\lambda \quad (3)$$

Nas equações, y(t) representa o logaritmo da concentração de microrganismos N (UFC/mL) no tempo t (horas), ou seja, y(t) = log [N(t)]. O parâmetro $\mu_{máx}$ corresponde à velocidade específica máxima de crescimento (h^{-1}); λ indica a duração da fase de latência (h); y é o logaritmo da concentração inicial de microrganismos, com y_0 = log (N_0); $Y_{máx}$ é o logaritmo da concentração máxima, com $Y_{máx}$ = log ($N_{máx}$); h_0 é um parâmetro relacionado ao estado fisiológico das células (adimensional); e F(t) representa a função do modelo de Baranyi e Roberts.

Modelagem secundária

Os modelos secundários Linear e Raiz Quadrada (Equações 4 e 5, respectivamente) foram usados para descrever o efeito da temperatura na velocidade máxima específica de crescimento ($\mu_{máx}$), em que a, b e c são parâmetros empíricos, T é a temperatura de armazenamento (°C) e $T_{mín}$ é a temperatura teórica mínima de crescimento (°C).

$$\mu_{máx} = aT + b \quad (4)$$

$$\sqrt{\mu_{máx}} = c(T - T_{min}) \quad (5)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE CRESCIMENTO

Os resultados demonstraram que o crescimento de *S.* Enteritidis e *C. botulinum* não proteolítico foi fortemente influenciado pela temperatura, com uma relação positiva entre o aumento da temperatura e a velocidade específica máxima de crescimento ($\mu_{máx}$) (Tabela 1).

Tabela 1 - Parâmetros de crescimento estimados pelo ajuste do modelo de Baranyi e Roberts (sem lag) aos dados experimentais de *Salmonella* Enteritidis em quiche nas temperaturas de 8 °C, 12 °C, 18 °C e 25 °C de armazenamento e os índices estatísticos de desempenho do modelo.

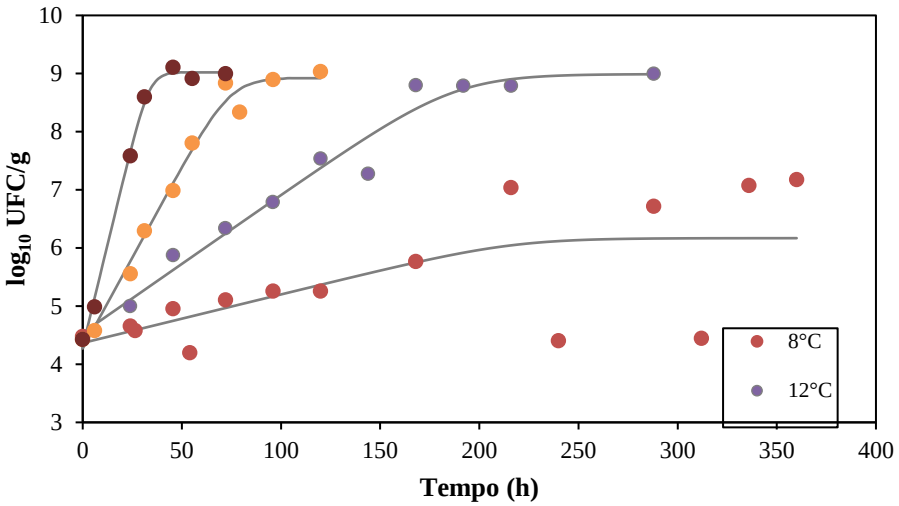
Temperatura (°C)	**Parâmetros de crescimento**			**Índices estatísticos**	
	y_0 ($\log_{10}$ UFC/g)	$\mu_{máx}$ (1/h)	$Y_{máx}$ ($\log_{10}$ UFC/g)	R^2	Erro médio
8	4,366 ± 0,498	0,00835 ± 0,006	6,17 ± 0,43	0,31	0,890
12	4,539 ± 0,198	0,0237 ± 0,002	8,99 ± 0,23	0,96	0,299
18	4,267 ± 0,157	0,0627 ± 0,004	8,93 ± 0,16	0,98	0,232
25	4,299 ± 0,109	0,141 ± 0,007	9,02 ± 0,08	0,99	0,137

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA

A análise dos dados indicou que a temperatura desempenhou um papel crítico na velocidade de crescimento dos microrganismos avaliados. Na temperatura mais baixa (8 °C), observou-se uma velocidade de crescimento reduzida, com $\mu_{máx}$ de 0,00835 h^{-1}, refletindo as condições limitantes para a proliferação de *S.* Enteritidis e *Clostridium botulinum*. Em contraste, a temperatura mais elevada (25 °C) apresentou $\mu_{máx}$ de 0,141 h^{-1}, demonstrando que condições térmicas mais altas aceleram significativamente o metabolismo microbiano (Figura 1). Essa variação destaca a importância do controle

rigoroso da temperatura como uma medida preventiva fundamental na conservação de alimentos, especialmente aqueles propensos à contaminação microbiológica (1).

Figura 1 - Curvas de crescimento de *Salmonella* Enteritidis em quiche e os ajustes do modelo de



Baranyi e Roberts (sem lag) aos dados experimentais nas temperaturas de 8 °C, 12 °C, 18 °C e 25 °C de armazenamento. No gráfico, os dados experimentais estão representados pelos símbolos em círculos e a linha reta representa o ajuste do modelo de Baranyi e Roberts (sem lag).

Os ajustes realizados no *DMFit online* indicaram ausência de fase lag em todas as condições testadas, reforçando a precisão e a adequação dos modelos matemáticos aplicados para descrever o comportamento dos patógenos em condições isotérmicas (Figura 2). Essa ausência de fase lag sugere que os microrganismos encontram condições ideais para iniciar o crescimento imediatamente após a inoculação, o que é particularmente relevante em alimentos com alta a_w e pH neutro (5).

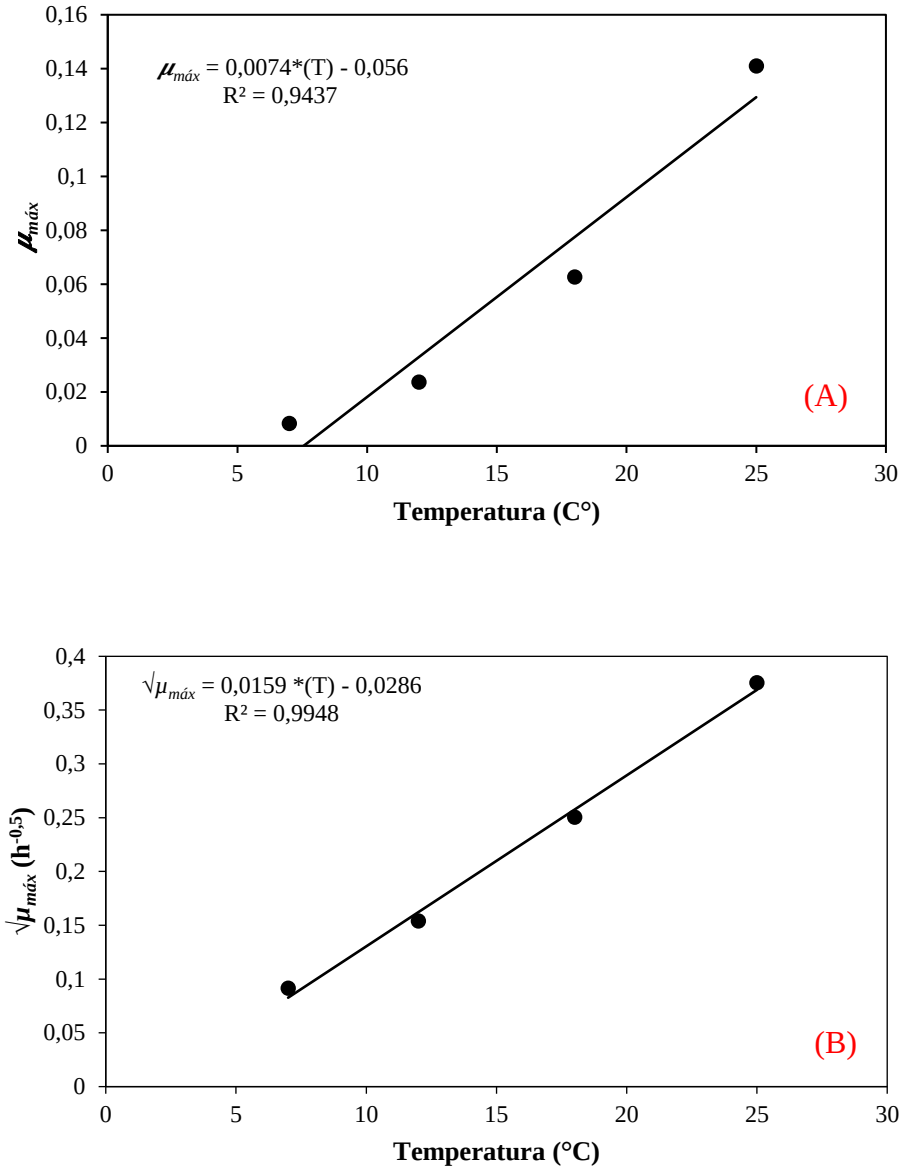


Figura 2 – Modelagem secundária que representa a influência da temperatura na velocidade específica máxima de crescimento de *Salmonella* Enteritidis em quiche. (A) modelo linear e (B) modelo da raiz quadrada.

Como exemplo prático, alimentos como carnes refrigeradas embaladas a vácuo apresentam comportamento semelhante ao observado nas quiches deste estudo. Em temperaturas ao redor de 8 °C, *C. botulinum* não proteolítico tem seu crescimento inibido, reduzindo o risco de produção de toxinas. Entretanto, em carnes processadas expostas a temperaturas mais altas, como 25 °C, o risco de crescimento e produção de toxinas aumenta exponencialmente, exigindo intervenções rigorosas de controle. Da mesma forma, pratos à base de ovos, como maioneses caseiras armazenadas inadequadamente, podem apresentar velocidades de crescimento similares para *S.* Enteritidis nas mesmas faixas de temperatura, evidenciando o risco potencial desses produtos em ambientes com temperaturas inadequadas.

Os resultados obtidos corroboram estudos anteriores que evidenciam a influência crítica da temperatura no comportamento de patógenos alimentares, especialmente em alimentos com alta atividade de água e pH neutro, como quiches, carnes processadas e

derivados de ovos (2). Alimentos como peixes frescos armazenados a 12 °C ou derivados de leite mantidos fora da refrigeração também apresentam padrões de crescimento microbiano semelhantes, reforçando a necessidade de práticas rigorosas de controle térmico em toda a cadeia de produção e distribuição.

Além disso, a robustez dos modelos matemáticos aplicados, especialmente no ajuste sem fase lag, demonstra sua alta aplicabilidade em avaliações de risco microbiológico. Esses modelos fornecem uma base confiável para a formulação de diretrizes de segurança de alimentos, como o estabelecimento de limites críticos de temperatura para o armazenamento de produtos de alta suscetibilidade.

Assim, os resultados deste estudo não apenas ampliam o entendimento sobre o comportamento de *S.* Enteritidis e *C. botulinum* em quiches, mas também oferecem insights relevantes para outros alimentos com características semelhantes. Esses achados destacam a importância da integração entre ciência e tecnologia no desenvolvimento de estratégias de controle que garantam a segurança de alimentos e reduzam o risco de surtos causados por patógenos.

CONCLUSÕES

Esta pesquisa reafirmou a importância da temperatura como fator determinante no desenvolvimento de *S.* Enteritidis e *C. botulinum* não proteolítico em quiches. A maior velocidade de crescimento foi registrada a 25 °C, com $\mu_{máx}$ de 0,141 h^{-1}, enquanto a menor ocorreu a 8 °C, com $\mu_{máx}$ de 0,00835 h^{-1}, evidenciando o impacto das condições térmicas no controle desses microrganismos. Esses resultados destacam a necessidade de manter temperaturas de armazenamento abaixo de 8 °C para minimizar os riscos microbiológicos.

A ausência de fase lag nos ajustes de crescimento reflete a precisão dos modelos utilizados e a robustez dos métodos aplicados. Os estudos de modelagem secundária, baseados em modelos lineares e de raiz quadrada, permitiram estabelecer correlações consistentes entre temperatura e velocidade de crescimento, reforçando a eficácia dessas ferramentas na microbiologia preditiva.

Além disso, este estudo sublinha a relevância de práticas rigorosas de controle térmico para alimentos similares a quiche, como maioneses, carnes processadas e peixes frescos, que apresentam padrões microbiológicos comparáveis em condições equivalentes. Esses achados oferecem uma base sólida para aprimorar estratégias de segurança de alimentos e gestão de riscos em alimentos suscetíveis a contaminações microbiológicas.

PERSPECTIVAS FUTURAS

Para ampliar o impacto deste estudo, recomenda-se investigar:

1. O efeito combinado de outros fatores intrínsecos, como variações no pH e na atividade de água, sobre o crescimento de patógenos em alimentos prontos para consumo.
2. A aplicabilidade dos modelos desenvolvidos em alimentos com diferentes composições e processos de conservação.
3. Estratégias adicionais de controle microbiano, como o uso de embalagens ativas ou atmosfera modificada, em combinação com temperaturas de armazenamento.

Este trabalho fornece uma base sólida para pesquisas futuras e contribui significativamente para a compreensão e a mitigação dos riscos microbiológicos em alimentos.

REFERÊNCIAS

1. Postollec F, Furger C, Pavan S, Bouju-Albert A, Sohier D, Prevost S, et al. Predictive microbiology: From principles to food safety applications. Curr Opin Food Sci. 2022;47:100886.

2. Baranyi J, Roberts TA. Mathematics of predictive food microbiology. Int J Food Microbiol. 2022;343:109517.

3. Jones TF, Ingram LA, Cieslak PR, Vugia DJ, Hurd S, Medus C, et al. *Salmonella*: Epidemiology and risk factors. Foodborne Pathog Dis. 2022;19(8):512–20.

4. Pearce ME, Jenkins H, Alvarado M, Chen X, Balakrishnan V, Mitchell AM, et al. Foodborne pathogens and food safety: challenges and advancements. Trends Food Sci Technol. 2021;116:387–96.

5. Ross T, Dalgaard P. Microbial ecology and predictive modeling in food systems. Food Microbiol. 2020;92:103533.

Capítulo 09

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-09

PRINCIPAIS MICRORGANIMOS PATOGÊNICOS PRESENTES EM QUEIJO MINAS ARTESANAL

Jessica Raquel Sales Carvalho de Souza*; Filipe da Silva de Oliveira; Mônica Aparecida da Silva; Michelle Carlota Gonçalves; Bruna Azevedo Balduíno; Monique Suela Silva; Fernanda Pereira; Anderson Henrique Venâncio; Roberta Hilsdorf Piccoli

**Jessica Raquel Sales Carvalho de Souza – jessica.souza9@estudante.ufla.br*

Resumo: O queijo Minas artesanal é um símbolo da tradição e da riqueza cultural brasileira, amplamente apreciado por suas características sensoriais únicas e por representar o saber-fazer de gerações. Tais características, são atribuídas em grande parte, a microbiota natural da principal matéria prima utilizada, o leite cru. Embora o leite cru contenha microrganismos desejáveis, em alguns casos, também conter a presença microrganismos patogênicos, como *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. e *Staphylococcus aureus*. Nesta revisão, objetiva-se descrever as características destes microrganismos indesejáveis nos queijos, bem como as fontes de contaminação e os riscos para a saúde, devido a surtos de doenças causados por estes patógenos. Metodologicamente, utilizou-se para esta revisão, pesquisas em textos e artigos da literatura, relacionados a microbiota contaminante associada a produção de queijos Minas artesanais. Considerando a discussão feita, destaca-se a relação dos patógenos em questão com falhas nas práticas de controle de qualidade ao longo da cadeia de produtiva do queijo. Em contraponto, ressalta-se que as boas práticas de fabricação e a etapa de maturação possibilita a redução e ou inativação dos microrganismos indesejáveis do produto acabado. Dessa forma, este estudo apresentou informações gerais sobre os patógenos associado ao queijo Minas artesanal, para principalmente, evidenciar à respeito de sua segurança para o consumo.

Palavras–chave: bactéria patogênica; inocuidade; contaminantes

INTRODUÇÃO

A produção de queijos é globalmente abrangente e compreende uma ampla diversidade de variedades produzidas. Existem pelo menos 1.000 tipos de queijos, provenientes de diversas regiões e países, cada um com sua própria característica sensorial distinta (1).

No contexto nacional, Minas Gerais se destaca na produção de queijos. Em 2020, o estado mineiro foi responsável por cerca de 40% do total de 1,2 milhão de toneladas de queijos produzidos no Brasil (2). Embora a maior parte dos queijos produzidos em Minas Gerais sejam industrializados, o estado é reconhecido pela tradicional e histórica produção de queijos de fabricação artesanal (3).

Os queijos artesanais de Minas Gerais englobam diferentes variedades de queijos artesanais. Dentre estes, têm-se o queijo Minas artesanal (QMA) que é um típico queijo mineiro, atualmente bastante reconhecido e valorizado. Vários prêmios internacionais de prestígio já foram concedidos, como em 2015, 2017 e 2019, com a premiação do Super Gold, Gold, Silver e Bronze Awards no Mondial du Fromage et des Produits Laitiers, na

França (4). Recentemente, o queijo Minas artesanal também foi reconhecido como Patrimônio Cultural Imaterial da Humanidade pela Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (5).

O queijo Minas artesanal é considerado o queijo elaborado a partir do leite de vaca, integral, fresco, cru, hígido e recém ordenhado, com uso de cultura láctica natural, com características como consistência firme, cor e sabor próprios, massa uniforme, livre de corantes e conservantes, com ou sem olhaduras mecânicas, fabricado dentro do estado de Minas Gerais, conforme a tradição histórica e cultural da região de origem (6).

Segundo o Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA), para que os queijos tenham a designação de Queijos Minas Artesanal (QMA), esses devem ser elaborados em microrregiões legalmente reconhecidas como produtoras tradicionais do QMA. Atualmente, estas microrregiões incluem Araxá, Campos das Vertentes, Canastra, Cerrado, Diamantina, Serra do Salitre, Serro, Triângulo Mineiro, Serras da Ibitipoca e Entre Serras da Piedade ao Caraça (7). Essas regiões são consideradas tradicionais devido à sua história e cultura ligadas ao 'modo de fazer' do queijo. Tal condição é comprovada por estudos históricos, agroecológicos e climáticos, que identificam, caracterizam e delimitam essas áreas como regiões de produção tradicional (8).

Os QMA apresentam características sensoriais diferenciadas que são associados à microrregião na qual ele é produzido e a microrganismos desejáveis, como as bactérias láticas, que fazem parte da microbiota natural do leite cru utilizado no processo de fabricação dos queijos (9). Entretanto, o uso de leite de vaca cru, pode levar a surtos de toxinfecções alimentares nos seres humanos, quando na produção do queijo não for empregando corretamente as boas práticas de fabricação, bem como não for maturado por tempo suficiente para a eliminação de possíveis bactérias potencialmente patogênicas, como *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp. e *Escherichia coli*, as quais podem ocasionar toxinfecções alimentares (10).

A sobrevivência de *Listeria monocytogenes*, por exemplo, está associada à sua alta tolerância a fatores estressantes, como pH ácido, baixa atividade de água e elevadas concentrações de sal, características comuns em queijos artesanais de média e alta umidade (11). Já *Staphylococcus aureus* é favorecida por práticas inadequadas de manejo, como manipulação por portadores assintomáticos e contaminação do leite cru, especialmente em casos de mastite bovina, somadas à sua capacidade de sobreviver em condições de baixa atividade de água e alta salinidade (12). *Escherichia coli*, por sua vez, pode ser introduzida ao produto por contaminação cruzada, falta de higienização de equipamentos e práticas inadequadas de fabricação (13,14). Por fim, *Salmonella spp.* é um gênero bacteriano amplamente distribuído na natureza e no trato intestinal de animais, capaz de sobreviver a ambientes com variações de pH e moderada concentração de sal, tornando-se um risco potencial nos queijos produzidos de maneira artesanal (15).

Dessa forma, apesar das características intrínsecas dos queijos maturados atuarem normalmente como barreiras ao crescimento de microrganismos indesejáveis, em alguns casos, estes patógenos podem apresentar persistência no produto devido a sua alta adaptabilidade a condições estressantes (16).

Diante do contexto apresentado, a contaminação de alimentos por estes microrganismos é uma relevante questão de saúde pública. Portanto, o objetivo deste capitulo é realizar uma pesquisa de revisão bibliográfica sobre os principais patógenos associados aos queijos Minas artesanais e as implicações de sua presença no produto quanto a segurança para o consumo.

LISTERIA MONOCYTOGENES

A bactéria *L. monocytogenes* é um bacilo curto (aproximadamente 0,5μm de diâmetro e 2,0μm de comprimento), gram-positivo, não esporulado, móvel, anaeróbico facultativo, psicotrófico, catalase-positivo e oxidase-negativo. É classificada como heterofermentativa, com produção de ácido lático, ácido acético e outros produtos finais a partir da fermentação da glicose e de outros açúcares (17,18).

Pode crescer e sobreviver sob ampla variedade de condições estressantes. Possui ampla faixa de temperatura de crescimento, com características peculiares quanto a resistência térmica e pode multiplicar-se em temperatura de refrigeração. A faixa de temperatura de crescimento da bactéria varia de -0,4 a 50ºC, sendo a temperatura ótima de multiplicação entre 30 e 37ºC. Pode crescer em condições aeróbicas ou anaeróbicas, porém o crescimento é potencializado na presença de CO_2. Apresenta alto nível de osmotolerância, que permite crescimento em elevadas concentrações de sal (até 20%) e em baixa atividade de água (a_w 0,91). Em relação ao pH, também possui ampla faixa de crescimento compreendendo valores entre 4,4 a 9,6, com pH ótimo de crescimento de 7,0 (11).

Devido a disseminação, persistência no ambiente e as características de *L. monocytogenes*, os alimentos são os principais agentes veiculares da listeriose que está associada principalmente ao consumo de produtos lácteos (com destaque para o leite cru), queijos, carne vermelha, aves e alimentos prontos para o consumo (19,20).

A listeriose é considerada uma doença veiculada por alimentos de fundamental importância em saúde pública e pode se manifestar de duas formas clínicas: não-invasiva limitada ao canal digestivo; e invasiva, quando *L. monocytogenes* ultrapassa a barreira intestinal e causa uma infecção sistêmica (21). Especialmente devido à gravidade, elevada taxa de letalidade e a propensão de determinados indivíduos desenvolverem a doença na sua forma invasiva, há uma grande preocupação de órgãos oficiais de regulamentação em termos de segurança dos alimentos (22).

A silagem contaminada é uma fonte comum de infecção por *Listeria monocytogenes* em animais. A mastite provocada por *L. monocytogenes* também causa eliminação de números altos dessa bactéria no leite (23). Assim a contaminação pode surgir através da matéria prima, durante a ordenha, transporte, armazenamento ou pelo ambiente de produção e utensílios contaminados, o que representa um risco significativo na cadeia produtiva de queijos artesanais (24).

A presença de *L. monocytogenes* em leite cru é preocupante, pois o leite cru é usado na elaboração de queijos artesanais tradicionais. A ocorrência de *L. monocytogenes* tem sido relatada em diferentes tipos de queijos artesanais ao redor do mundo, como por exemplo na Colômbia (25), Polônia (26) e Bélgica (27). No Brasil, apesar da baixa incidência de *L. monocytogenes* em queijos, há pesquisas que identificaram o patógeno nas regiões do Serro, Canastra, Araxá, Cerrado Mineiro (28,30).

ESCHERICHIA COLI

Escherichia coli é um bastonete gram-positivo, anaeróbico facultativo, oxidase negativo, capaz de fermentar a lactose a 45 °C e produzir gás ou ácido (31). Essa bactéria pertence à família das *Enterobacteriaceas* e é o principal representante do grupo dos coliformes termotolerantes (14).

Pode se desenvolver em pH de 4,4 a 9,0 (32) e é conhecida por sua resistência a ambientes ácidos, permitindo sua sobrevivência no trato intestinal. Possui capacidade de crescer em temperaturas entre 7 e 48 °C, mas tem crescimento ótimo a temperatura de 37 °C. Em condições ideais, multiplica-se em atividade de água superior a 0,95 (33).

Escherichia coli é considerado um indicador de falhas de higiene durante a fabricação de alimentos, pois é facilmente eliminado em processos de sanitização. Está presente naturalmente no trato gastrointestinal de animais de sangue quente, e por isso pode contaminar o leite, tanto durante o processo de ordenha, por meio da contaminação fecal, quanto por contaminação cruzada, em qualquer momento através do manipulador. Isso ocorre especialmente em situações de higienização insuficiente de equipamentos, utensílios e mãos (34,35).

A presença de *E. coli* está associada a um dos defeitos mais comuns encontrados em queijos, que é conhecido como estufamento precoce. O processo fermentativo que leva a produção de gás, resulta na formação de pequenas bolhas, que comprometem tanto a aparência quanto o sabor do queijo (36, 37).

Apesar de não ser considerada uma bactéria patogênica, *E. coli* possui seis patotipos que podem levar a infecção, sendo estas *E. coli* enteropatogênica (EPEC), *E. coli* enterotoxigênica (ETEC*), E. coli* enterro-hemorrágica (EHEC), *E. coli* enteroagregativa (EAggEC), *E. coli* enteroinvasiva (EIEC) e *E. coli* difusamente aderente (DAEC) (38).

Considerando estes aspectos, *E. coli* é uma bactéria de grande importância, além de ser frequentemente encontrada em queijos artesanais. Allaion *et al.* (29) estudaram parâmetros microbiológicos de amostras de QMA coletados em unidades de varejo. Dentre as amostras analisadas, 31% testou positiva para *E. coli*, extrapolando os limites estabelecidos pela legislação. Já Campos *et al*. (4) verificaram que 18% das amostras coletadas durante a produção, de produtores cadastrados ou não no IMA, excederam tais limites de tolerância. Entretanto, é importante destacar que vários estudos sugerem que a microbiota desejável dos queijos (bactérias ácido láticas) ao longo da maturação, tem o efeito benéfico de reduzir e/ou inibir do crescimento de *Escherichia coli* (39,40,41).

STAPHYLOCOCCUS COAGULASE POSITIVO

Staphylococcus são bactérias gram-positivas, com formato cocos, em pares, que se dividem em mais de um plano, com cadeias pequenas que lembram cachos de uva. São anaeróbias facultativas, catalase usualmente positiva e oxidase usualmente negativa, imóveis e não produtora de esporos (42). Este gênero é composto por 47 espécies e 24 subespécies, subdivididos em dois grupos, conforme sua capacidade de produzir a enzima coagulase. Estes, se referem aos grupos *S. intermedius* (incluindo *S. intermedius*, *S. delphini*) e ao grupo *S. aureus* (incluindo *S. aureus* subsp. *aureus*, *S. aureus* subsp. *anaerobius*) (43).

A produção de coagulase é considerada uma indicação de patogenicidade entre as espécies de *Staphylococcus*. Dentre estas, *S. aureus* é uma espécie de grande interesse, pois está associada com intoxicações alimentares e a produção de enterotoxinas (44).

Na intoxicação estafilocócica, as enterotoxinas agem no trato gastrintestinal. As enterotoxinas são estruturas de resistência produzidas pelas bactérias, que permanecem presentes mesmo após o processamento térmico do alimento (45). Os sintomas observados com maior frequência na intoxicação estafilocócica, são vômito e diarreia, devido a ação em sítios localizados no intestino delgado que provocam inflamação e irritação (46,47).

Devido a bactéria compor a microbiota da pele, glândulas e mucosas de animais de sangue quente, sua presença costuma ser frequente em queijos fabricados a partir de leite cru (14). Em bovinos, é considerada um dos principais agentes etiológicos das mastites, que causa infecção das glândulas mamárias, e por isso, torna o leite uma das principais fontes de contaminação. Durante a fabricação do queijo, também pode ocorrer a contaminação por esse microrganismo devido a manipulação frequente que o processo

artesanal de fazer os queijos exige, bem como falhas na higienização dos manipuladores, inclusive por portadores assintomáticos do patógeno (12,48).

Estudos realizados visando avaliar a qualidade microbiológica de queijos artesanais produzidos em Minas Gerais, identificaram altas contagens de *S.* coagulase positiva (49,51). Além de todos os pontos citados, o ambiente intriseco do queijo é favoravel para seu estabelecimento, já que pode crescer em pH entre 4,2 e 9,3, concentração de até 15% de NaCl e baixa atividade de água (0,83 a_w) (12).

Apesar do processo de maturação ser eficiente para assegurar a segurança do queijo, a contaminação por *S. auereus* ainda é recorrente, e a presença de linhagens enterotoxigênicas pode levar a produção de enterotoxinas capazes de desencadear surtos de intoxicação alimentar. Sabe-se que populações elevadas ($<10^5$ UFC por grama), além de condições intrínsecas adequadas (temperatura, pH, atividade de água e O_2) produzem uma ou mais enterotoxinas estafilocócicas nos alimentos (52).

SALMONELLA

Salmonella spp. é um gênero da família *Enterobacteriaceae*, caracterizada como bacilos retos, gram-negativos não esporogênicos, anaeróbicos facultativos e oxidase negativos. Sua classificação quanto a nível de espécies é pouco usada nos estudos epidemiológicos, sendo mais conhecida e utilizada a nomenclatura relacionada com a sorotipagem (14). Os principais sorotipos que causam infecções alimentares atualmente são o *S.* Enteritidis e o *S.* Typhimurium, ambos da subespécie *entérica* (53).

Por habitarem comumente o trato instestinal de animais de sangue quente, são microrganismos considerados ubíquos, ou seja, são amplamente distribuídos pela natureza. Por esta razão, costumam estar presente nos locais de produção animal, sendo que a maioria das infecções humanas por *Salmonella* spp. são associadas à ingestão de carne, ovos e produtos lácteos contaminados (16).

As infecções causadas por *Salmonella* spp. ocasionam uma doença conhecida como salmonelose. Normalmente, as salmoneloses de origem alimentar causam náusea, diarréia, dor abdominal, calafrios e febre baixa. No entanto, em alguns casos, particularmente em crianças e pacientes idosos, a desidratação associada pode se tornar grave e com maior risco. Embora grandes surtos de *Salmonella* spp. atraiam a atenção da mídia, muitos casos de salmonelose não são reconhecidos ou diagnosticados como tal (54).

A ampla capacidade de crescimento de *Salmonella* spp. em condições de variáveis de pH (faixa entre 4,5 a 8,0), baixa atividade de água (até 0,94) e concentrações moderadas de sal (3% a 5%), explica a contaminação de queijos maturados por *Salmonella* spp. (15). Yamanaka *et al.* (55) encontraram 6,3% do QMA comercializados em dez regiões metropolitanas brasileiras, contaminados com *Salmonella* spp.. Por outro lado, Resende *et al.* (56), Santos *et al.* (57) e Soares *et al.* (58) não identificaram *Salmonella* spp. em amostras de QMA.

A ausência de *Salmonella* spp. em queijos artesanais é comumente observada, principalmente devido à sua baixa incidência no leite cru. Para que haja contaminação, é necessário um ponto crítico, como a manipulação inadequada, contato com animais doentes ou uso de água contaminada. Para além disso, condições intrínsecas desses queijos, como o desenvolvimento de acidez e a competição microbiana durante o processo de maturação, podem dificultar a sobrevivência e detecção de *Salmonella* spp., especialmente em casos de contaminação inicial em níveis reduzidos. Desse modo, infere-se que tais condições contribuem para a redução do risco de possíveis surtos de salmonelose, ocasionados pelo consumo dos queijos Minas artesanais (59).

CONTROLE DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DURANTE A FABRICAÇÃO DO QMA

O "saber-fazer" os queijos, são técnicas tradicionais e ancestrais, reconhecidas e regulamentadas pela legislação, que incluem etapas fundamentais, como obtenção do leite cru de alta qualidade, filtração, adição de pingo (soro fermentado), coagulação, corte da coalhada, prensagem manual, salga a seco e maturação (3).

Considerando que na produção do QMA, o leite não pode passar por tratamento térmico, a adoção de medidas para boas práticas de fabricação (BPF) e de boas práticas agropecuárias (BPA) tem grande importância para garantir condições seguras durante a fabricação do queijo. No caso do QMA, essas práticas incluem por exemplo, o controle sanitário dos animais e da ordenha, higienização rigorosa de utensílios e equipamentos, cuidados na manipulação, armazenamento e com o ambiente de produção. Como discutido, a adoção dessas práticas minimiza a introdução de microrganismos patogênicos no processamento (60).

A etapa de maturação dos queijos também é considerada crucial para garantia da sua segurança microbiológica, visto que transformações físico-químicas nesse período alteram fatores intrínsecos importantes para o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis. Além disso, ainda atribui-se a redução dos patógenos a atividade antimicrobiana de bactérias láticas (61). Dessa forma o tempo de maturação adequado, possibilita a inativação ou redução a níveis seguros destes microrganismos no queijo.

No que se refere a legislação do queijo Minas Artesanal em vigência, a Instrução Normativa n° 161, de 1° de julho de 2022, estabelece as listas de padrões microbiológicos para queijos com umidade abaixo de 46% (o qual se enquadra o QMA) (Tabela 1) (62) e o Instituto Mineiro Agropecuário (IMA) órgão que fiscaliza as queijarias, dispõe sobre os parâmetros microbiológicos de alimentos de origem animal e água de abastecimento, por meio da publicação da Portaria de n° 2033, de 23 de janeiro de 2021 (Tabela 2) (63).

Tabela 1 – Padrões microbiológicos para queijos com umidade abaixo de 46%.

Parâmetro Microbiológico	Padrão
Enterotoxinas estafilocócicas (ng/g)	n=5; c=0; m=ausente;M=-
Escherichia coli /g	n=5; c=2; m=100;M=500
Staphylococcus coagulase positiva (UFC/g)	n=5; c=2; m=100;M=1000
Salmonella spp. (/25g)	n=5; c=0; m=0;M=-

Tabela 2 – Parâmetros microbiológicos do queijo Minas artesanal.

Parâmetro Microbiológico	Padrão
Coliformes a 35ºC (UFC/g)	n=5; c=2; m=1.000;M=5.000
Coliformes a 45ºC (UFC/g)	n=5; c=2; m=100;M=500
Staphylococcus coagulase positiva (UFC/g)	n=5; c=2; m=100;M=1000
Salmonella spp. (/25g)	n=5; c=0; m=0;M=-
Listeria monocytogenes (/25g)	n=5; c=0; m=0;M=-

O cumprimento dos padrões microbiológicos estabelecidos pela legislação assegura a segurança e qualidade final do QMA. Para isso, o processo de fabricação do queijo demanda a integração entre de boas práticas agropecuárias, boas práticas de fabricação e processos adequados de maturação. A implementação destas medidas, além de garantir a segurança do queijo para o consumo, também reflete o compromisso e o esforço em conjunto dos produtores familiares e das instituições estaduais e federais envolvidas na assistência e regulamentação do produto. Assim, pode se preservar as características tradicionais e artesanais que conferem valor ao queijo e fortalecer a confiança dos consumidores no produto (63,64).

CONCLUSÃO

O queijo Minas artesanal (QMA) é tido como patrimônio cultural e gastronômico mineiro, que preserva tradições seculares e agrega valor às regiões produtoras. Contudo, o uso de leite cru e as condições que do próprio processo artesanal de fabricação, favorece o risco de contaminações dos queijos, especialmente frente à patógenos como *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., *Escherichia coli* e *Staphylococcus* coagulase positivo.

Por meio desta revisão bibliográfica, foi possível apresentar as principais fontes de contaminação e os fatores que favorecem a sobrevivência desses microrganismos no QMA. Paralelamente, foram destacadas medidas que contribuem para a redução de riscos, como a adoção das boas práticas de fabricação e o controle adequado das etapas de maturação. Tais medidas não apenas melhoram a segurança microbiológica do produto, mas também preservam suas características sensoriais tão apreciadas.

Desta forma, conclui-se este trabalho enfatizando a importância entre a tradição e qualidade do QMA para valorização e reconhecimento com um produto artesanal singular e seguro.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro das agências CAPES, CNPq e FAPEMIG.

REFERÊNCIAS

1. Fox PF, Guinee TP, Cogan TM, Mcsweeney PLH. Fundamentals of Cheese Science. 2. Ed. New York: Springer; 2016.

2. Sindicato da Indústria de Laticínios de Minas Gerais. Dia Mundial do Queijo é celebrado dia 20 de janeiro. 2020. Acesso em: nov. 2024.Disponível em <https://www.silemg.com.br/post/dia-mundial-do-queijo-e-celebrado-dia-20-de-janeiro>

3. Monteiro RP, Matta VM. Queijo Minas Artesanal: Valorizando a Agroindústria Familiar. Brasília: Embrapa Agroindústria de Alimentos; 2018.

4. Campos GZ, Lacorte GA, Jurkiewicz C, Hoffmann C, Landgraf M, Gombossy BD Microbiological characteristics of canastra cheese during manufacturing and ripening. Food Control. 2021;121:130.

5. Agência Minas. Governo do Estado celebra reconhecimento histórico dos Modos de Fazer o Queijo Minas Artesanal como Patrimônio Cultural Imaterial da Humanidade. 2024. Acesso em: nov 2024. Disponível em <https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/governo-do-estado-celebra-reconhecimento-historico-dos-modos-de-fazer-o-queijo-minas-artesanal-como-patrimonio-cultural-imaterial-da-humanidade

6. Minas Gerais. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria IMA nº 2303 de 20 de maio de 2024.Estabelece regulamento técnico de qualidade do queijo Minas artesanal, 2024. Diário Oficial do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 21 mai. 2024.

7. Minas Gerais. Instituto Mineiro de Agropecuária. Estabelece as regiões produtoras de queijo Minas artesanal, 2021. Acesso em: nov 2024. Disponível em < http://www.ima.mg.gov.br/certificacao/queijo-minas-artesanal>.

8. Embrapa. O Mercado Consumidor de Leite e Derivados. EMBRAPA: Juiz de Fora; 2019.

9. Pereira MT, Santana EHW, Santos JS. Importância das bactérias ácido láticas e não Starter (NSLAB) na tecnologia de produção de derivados lácteos. Ensaios. 2020;24(4):348-352.

10. Jay Barros DM, Machado EDCL, Moura DF, da Fonte RAB, Ferreira SAO, Souza Bezerra R. Aspects of coalho type cheese with emphasis on the importance of Good Manufacturing Practices in the production system. Brazilian Journal of Development. 2018;5 (1):67-93.

11. Schuchat A, Swaminathan B, Broome CV. Epidemiology of human listeriosis. Clinical Microbiology Reviews. 1991;4(2):169–83.

12. Trabulsi LR, Alterthum F. Microbiologia. 5ª ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2016.

13. FDA, Food and Drug Administration. Center for Food Safety &Applied Nutrition. Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins Handbook "Bad Bug Book". 2012. Acesso em: nov 2024. Disponível em :<https://www.fda.gov./food/foodborne-pathogens/bad-bug-book-second-edition>

14. Silva N, Cantúsio Neto R, Amstalden C, Silveira NFDA. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos da água. São Paulo: Varela; 2017.

15. D'aoust JY, Maurer J, Bailey JS. *Salmonella* species. In: Doyle MP, Beuchat LR, Montville TJ (Ed.) Food microbiology, fundamentals and frontiers. 2. ed. Washington: ASM; 2001.

16. Vasconcelos MAS, Filho AB de. Conservação de alimentos. EUFERP; 2010.

17. Jay JM. Prevalence of *Listeria* spp. in meat and poultry products. Food Control. 1996;7(4-5):209–14.

18. Oliveira SPP, Martins JM, Nogueira CH, Vale RC do, Rodrigues MPJ, Galleti AN. Características físico-químicas de queijo Minas artesanal do Serro fabricados com pingo e com rala. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes. 2019;73(4):235–44.

19. Montville TJ, Matthews KR. Food microbiology: an introduction. Washington, Dc: Asm Press; 2008.

20. Kallipolitis B, Gahan CG, Piveteau P. Factors contributing to *Listeria monocytogenes* transmission and impact on food safety. Current Opinion in Food Science. 2020;36:9–17.

21. Colagiorgi A, Bruini I, Di Ciccio PA, Zanardi E, Ghidini S, Ianieri A. *Listeria monocytogenes* biofilms in the wonderland of food industry. Pathogens. 2017;6(3):41.

22. Barancelli GV, Silva-Cruz JV, Porto E, Oliveira CAF. *Listeria Monocytogenes*: Ocorrência em produtos lácteos e suas implicações em saúde pública. Arquivos do Instituto Biológico. 2011;78(1):155–68.

23. Radostits OMDC, Blood CC. Veterinary medicine. 8. ELBS BailliereTindall: London; 1994.

24. Campagnollo FB, Gonzales-Barron U, Pilão Cadavez VA, Sant'Ana AS, Schaffner DW. Quantitative risk assessment of *Listeria monocytogenes* in traditional Minas cheeses: The cases of artisanal semi-hard and fresh soft cheeses. Food Control. 2018;92:370–9.

25. Jaramillo-Bedoya E, Trujillo-Alzate YA, Ocampo-Ibáñez ID. Surveillance of Fresh Artisanal Cheeses Revealed High Levels of *Listeria monocytogenes* Contamination in the Department of Quindío, Colombia. Pathogens. 2021;10(10):1341.

26. Pyz-Łukasik R, Gondek M, Winiarczyk D, Michalak K, Paszkiewicz W, Piróg-Komorowska A. Occurrence of *Listeria monocytogenes* in Artisanal Cheeses from Poland and Its Identification by MALDI-TOF MS. Pathogens. 2021;10(6):632.
27. Gérard A, El-Hajjaji S, Burteau S, Fall PA, Pirard B, Taminiau B, Sindic M. Study of the microbial diversity of a panel of Belgian artisanal cheeses associated with challenge studies for *Listeria monocytogenes*. Food Microbiology. 2021;100:103861.

28. Camargo AC, Paulo J, Fusieger A, Fernandes A, Nero LA. Microbiological quality and safety of Brazilian artisanal cheeses. Brazilian Journal of Microbiology. 2021;52(1):393–409

29. Allaion JR, Barrionuevo KG, Franco BDG de M. Assessing the Microbiological Safety Parameters of Minas Artisanal Cheese Samples in Retail Environments in São Paulo, Brazil. Applied Sciences. 2021;11(19):9331.

30. Campos GZ, Lacorte GA, Jurkiewicz C, Hoffmann C, Landgraf M, Dora B. Microbiological characteristics of canastra cheese during manufacturing and ripening. Food Control. 2021;121:107598–8.

31. Trmcic A, Chauhan K, Kent DJ, Ralyea RD, Martin NH, Boor KJ, Wiedmann M. Coliform detection in cheese's associated with specific cheese chacarcteristics, but no association was found with pathogen detection. Journal of Dairy Sciences. 2016;99(8):6105-6120.

32. Internacional Commission on Microbiological Specifications For Foods.Microorganismos de los alimentos: I., su significado e métodos de enumeracion. Zaragoza: Acribia, 2000. v. 1, 439 p.

33. Varnam AH, Evans MG. Food borne pathogens. London: Wolfe; 1991.

34. FDA, Food and Drug Administration. Center for Food Safety &Applied Nutrition. Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins Handbook "Bad Bug Book". 2 ed. 2012. Acesso em: 08 nov. 2024. Disponível em

<:https://www.fda.gov./food/foodborne-pathogens/bad-bug-book-second-edition>

35. Silva N, Cantúsio Neto R, Amstalden C, Silveira NFDA. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos da água. São Paulo: Varela; 2005.

36. McSweeney PLH. Cheese problems solved. Boca Raton, Cambridge, England: CRC Press; 2007.

37. EPAMIG. Queijo Minas Artesanal Principais problemas de Fabricação – Manual Técnico de Orientação ao Produtor. Belo Horizonte: EPAMIG; 2019.

38. Lanata CF, Fischer-Walker CL, Olascoaga AC, Torres CX, Aryee MJ, Black RE, UNICEF. Global causes of diarrheal disease mortility in children <5 years of age: a systematic review. Plos One. 2013;8(9).

39. Leão GS, Silva LS, Madeira APC, Queiroz VAV, Pires CV, Souza MR, Silva AM. Influência da aplicação de revestimento comestível em Queijo Minas Artesanal durante o período de maturação. Holos. 2020;2:1-20.

40. Pretto, ÂN, Reck C, Menin A, Sant'Anna V. Kinetic modeling of inactivation of foodborne bacterial pathogens in serrano artisanal cheese during ripening. Brazilian Journal of Food Technology. 2021;24:e2019322.

41. Dores MT, Nobrega JE, Ferreira CLLF. Room temperature aging to guarantee microbiological safety of Brazilian artisan Canastra cheese. Food Science and Technology. 2013;33(1):180-185.

42. Baird-Parker AC. The staphylococci "an introduction". Journal of Applied Bacteriology.1990:1-8.

43. Schleifer K, Bell JA. Family VIII Staphylococcaceae fam. nov. In: DeVOS P, Garrity GM, Jones D (eds.). Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. 2. ed. New York, Springer; 2009.

44. Bennett RW, Hait JM. Staphylococcal enterotoxins: micro-slide double diffusion and elisa-based methods. In: FDA (ed.) Bacteriological Analytical Manual, Chapter 13A. Silver Spring, Food and Drug Administration; 2011.

45. Amorim ALBC. Avaliação da qualidade higiênica e sanitária de queijos tipo Minas Padrão de fabricação industrial, artesanal e informal. Monografia (Curso de Medicina Veterinária) Brasília:Universidade de Brasília, 2013.

46. Balaban N; Rasooly A. Staphylococcal enterotoxins. International Journal of Food Microbiology. 2000;61(1):1-10.

47. Dinges MM, Orwin PM, Schlievert PM. Exotoxins of Staphylococcus aureus. Clinical Microbiology Reviews. 2000;13(1):16-34.

48. Fisher EL, Otto M, Cheung GYC. Basis of virulence in enterotoxin-mediated staphylococcal food poisoning. Frontiers in Microbiology. 2018;9:436.

49. Soares DB, Monteiro GP, Fonseca BB, Freitas EA, Mendonça EP, Melo RT, Iasbeck JR, Rossi DA. Sanitary and physicochemical analysis and bacteriological adequacy of minas artisanal cheese produced in two properties. Ciência Animal Brasileira. 2018;19:1-13.

50. Pinto MS, Lempk MW, Cabrini CC, SaraivaLKV, Cangussu RRC, Cunha ALFS. Características físico-químicas e microbiológicas do queijo artesanal produzido na microrregião de Montes Claros-MG. Revista do Instituto de Laticínios. 2016;71(1):43-52.

51. Santos CG, Andrade E, Aline Dias Paiva, Cristina P, Fernanda Torqueti Toloi. Condições higiênico-sanitárias na produção de queijo artesanal produzido em Uberaba - MG. Revista do Instituto de Latícinios Cândido Tostes. 2017.32(1):20-22

52. Jablonski, LM. ; Bohach, GA. *Staphylococcus aureu*s. Food microbiology, fundamentals and frontiers. 2001. p. 411-434.

53. Pires, RPS. Inativação de *Salmonella enterica* em fórmula láctea infantil por aquecimento ôhmico. Dissertação. Rio de Janeiro: Programa de PósGraduação Stricto Sensu em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Campus Rio de Janeiro, 2019

54. Forsythe, SJ. Patógenos de origem alimentar: Salmonella spp.. In: Forsythe, SJ. Microbiologia da Segurança dos Alimentos. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

55. Yamanaka EHU, Cogo LL, Dalzoto P do R, Pimentel IC. Qualidade microbiológica de queijos e salames artesanais brasileiros. Revista do Instituto Adolfo Lutz. 2016;75:01–9.

56. Resende MFS, Costa HHS, Andrade EHP, Acúrcio LB, Drummond AF, Cunha AF, Nunes AC, Moreira JLS, Penna CFAM, Souza MR. Queijo de minas artesanal da Serra da Canastra: influência da altitude das queijarias nas populações de bactérias acidolácticas. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. 2011;63:1567-1573.

57. Santos CG, Andrade E, Paiva DA, Toloi FT. Condições higiênico-sanitárias na produção de queijo artesanal produzido em Uberaba - MG. Revista do Instituto de Latícinios Cândido Tostes; 2017.

58. Soares DB, Monteiro GP, Fonseca BB, Freitas EA, Mendonça EP, Melo RT, Iasbeck JR, Rossi DA. Sanitary and physicochemical analysis and bacteriological adequacy of minas artisanal cheese produced in two properties. Ciência Animal Brasileira. 2018;19:30- 45.

59. Pinto MS, Lempk MW, Cabrini CC, Saraiva LKV, Cangussu RRC, Cunha ALFS. Características físico-químicas e microbiológicas do queijo artesanal produzido na microrregião de Montes Claros-MG. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes; 2017.

60. Brasil. Lei nº. 23.157 de 12 de dezembro de 2018.Dispõe sobre a produção e a comercialização dos queijos artesanais de Minas Gerais. 2018. Acesso em: 05 dez. 2024. Disponível em: <www.legisweb.com.br/legislacao/?id=372516>.

61. Fonseca, SH, Souza, MR., Souza, BMS., Cortez, MAS, Fonseca, LM. Fatores relacionados à maturação de queijos artesanais que apresentam efeitos deletérios sobre microrganismos patogênicos–uma revisão. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, 2022. 77(4), 227-238.

62. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. Diário Oficial União. 01 jul 2022. Seção: 1: 235.

63. Minas Gerais. Instituto Mineiro Agropecuário. Portaria IMA nº 2033, de 23 DE janeiro de 2021. Dispõe sobre os parâmetros e padrões físico–químicos e microbiológicos de alimentos de origem animal e água de abastecimento. Acesso em: 04 dez 2024. Disponível em: < https://bambui.ifmg.edu.br/portal/images/2023/LaQal/Portaria_n%C2%BA_2033_de_23_de_janeiro_de_2021.pdf>.

64. Silva LP, Coelho KO, Lucci JR, Campos JVD, Ribeiro LF. Queijo Minas Artesanal: Manual de Boas Práticas. GETEC. 2023;12(40):115-122.

Capítulo 10

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-10

DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DO FRUTO DE ORA-PRO-NÓBIS

Fellype Alves Rodrigues*; Giovana Rodrigues de Morais; Maria Eduarda Arantes de Paula; Ellen Godinho Pinto; Wiaslan Figueiredo Martins; Dayana Silva Batista Soares; Ana Paula Stort Fernandes; Maria Fernanda Alves Mendonça

**Ellen Godinho Pinto – Email: ellen.godinho@ifgoiano.edu.br*

Resumo: As Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) apresentam fatores nutricionais superiores em relação a algumas hortaliças convencionais. Pesquisas têm relatado que alimentos saudáveis possuem propriedades funcionais e promotoras de benefícios à saúde. Entre as plantas alimentícias não convencionais, destaca-se a da família Cactáceae, a espécie *Pereskia aculeata*, denominada no Brasil de ora-pro-nóbis, distribuída geograficamente na Caatinga, no Cerrado e na Mata Atlântica. A ora-pro-nóbis produz folhas, flores, frutos e todos são comestíveis. A investigação referente aos frutos ainda é escassa na literatura. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo realizar a caracterização físico-químicas e a desidratação osmótica dos frutos da ora-pró-nobis. *(Pereskia aculeata* Miller). O experimento foi realizado no Instituto Federal do Goiano - Campus Morrinhos, no laboratório de Panificação e no Laboratório de Análise de Alimentos. A matéria-prima foi adquirida na cidade de Morrinhos-GO. Foram analisados frutos *in natura* e após a desidratação osmótica em diferentes concentrações de sacarose (40, 50 e 60 °Brix). Em geral, os resultados mostraram que os frutos ora-pro-nóbis possuem quantidades significativas de vitamina C. E com a desidratação osmótica pode-se observar que na concentração de 50 °Brix teve maior redução da água livre e que conseguiu conservar o teor de vitamina C. Pode-se concluir que os frutos de *Pereskia aculeata* Miller, apresentaram boa qualidades físico-químicas e a desidratação osmótica é uma alternativa para conservação do fruto.

Palavras–chave: método de conservação; solução desidratadora; vitamina C

INTRODUÇÃO

O uso de matérias-primas ativas vem crescendo cada vez mais nos últimos anos e possui como seu objetivo prover nutrientes essenciais e além disso alguns compostos associados a efeitos extremamente benéficos à saúde. No mundo são datados mais de 380 mil tipos de plantas diferentes, sendo que, entre elas, em torno de mil plantas são utilizadas no cunho alimentício. É possível afirmar que no Brasil, as espécies consumidas, são em sua maioria, plantas estrangeiras, não nativas do Brasil. Cita-se então a ora-pro-nóbis (OPN), uma espécie que possui grande popularidade ao se tratar de sua folha, enquanto seus caules e frutos são extremamente desconhecidos e mal explorados (1).

Conhecida popularmente como ora-pro-nóbis, a *Pereski aculeata* Miller é pertencente à família Cactaceae, é considerada também como uma planta alimentícia não convencional (PANC). É uma espécie arbustiva, trepadeira, com aspecto perene, caules lenhosos, flores pequenas com coloração branca, folhas verdadeiras, falsos espinhos e frutos amarelados (2). É originária da América e considerada endêmica nas regiões

Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil. Sua folha é conhecida como “carne dos pobres” pelo alto teor proteico, enquanto o fruto raramente é consumido. Essa PANC é usada como fonte para o tratamento de doenças como disbiose intestinal, câncer colorretal e algumas outras doenças (3).

De acordo com Silva (4), há uma escassez de estudos sobre as características químicas do fruto da ora-pro-nóbis, devido ao desconhecimento de suas propriedades. No entanto, o número de estudos tem aumentado a cada ano, o que confirma sua qualidade nutricional (5) evidencia o potencial benefícios dos frutos para a saúde humana.

Os frutos da ora-pro-nóbis têm uma forma oval, arredondada, podem ter cor amarelo-alaranjado ou avermelhado, são semelhantes a cactos devido a sua família, com pericarpo e sementes imersas em uma massa gelatinosa. É de comum acesso achar diversos trabalhos sobre a folha de ora-pro-nóbis, porém, não é comum encontrar estudos sobre o fruto da ora-pro-nóbis, devido ao desconhecimento de suas propriedades nutricionais, entretanto, o número de artigos tem aumentado a cada ano, confirmando assim sua qualidade nutricional. O fruto possui compostos bioativos, como clorofilas, carotenóides, flavonóides, compostos fenólicos e capacidade antioxidante. Tem composição nutricional em torno de 1% de proteína, 0,7% de lipídios, 0,7 a 9,4% de fibra, 2 a 125 mg de vitamina c, 174 a 206 mg de cálcio e 26 mg de fósforo, também possui atividade antioxidante (6).

A literatura mostra que na avaliação do processo de desidratação osmótica é complexo incluir todos os fatores envolvidos na atividade, o que dificulta a otimização do processo a ser utilizado em diferentes produtos (7). Esse processo é utilizado em escala industrial no processamento de frutas e hortaliças. Frutas e legumes processados pela desidratação osmótica podem ser usados para consumo direto como produtos com prazo de validade curta. Este processo também pode ser utilizado como tratamento preliminar para outras técnicas de desidratação e visa melhorar a qualidade do produto final, como a estabilidade na cor, maior retenção de vitaminas, melhor qualidade na textura, redução do consumo de energia e possibilita a formulação de novos produtos (8).

A realização desta pesquisa objetivou avaliar três concentrações da solução de sacarose no processo de desidratação osmótica dos frutos de ora-pro-nóbis.

MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de ora-pro-nóbis foram obtidos no próprio Instituto Federal Goiano-Campus Morrinhos. Foram selecionados, lavados com água corrente e sanitizados com solução de hipoclorito de sódio 100 µL.L-1 por 15 minutos e secado com papel toalha. Posteriormente, foi armazenada em temperatura de refrigeração (8-10°C) até o momento de realização das análises e da submissão em solução desidratadora.

Para o preparo das soluções osmótico foi utilizado, a sacarose comercial diluída em água filtrada até as concentrações estabelecidas 40, 50 e 60 º Brix. Em seguida, os frutos inteiros foram submetidos as soluções desidratadoras, na proporção de fruta:solução de 1:10, os frutos de ora-pro-nóbis ficaram na solução desidratadora por 24 horas em temperatura ambiente.

Figura 1. Fruto do ora-pro- nóbis

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICA

Os frutos de ora-pro-nóbis *in natura* e após a desidratação osmóticas foram submetidas as análises de umidade a 105°C até peso constante, teor de cinzas em mufla a 550°C, teor de sólidos solúveis totais (°Brix) em leitura direta em refratômetro, pH em pHmetro devidamente calibrado, análise de determinação de acidez foi realizada através da titulação da amostra com solução de NaOH 0,1 M, utilizando fenolftaleína como indicador; e vitamina C com iodato de potássio, todas as análises citadas acimas estão de acordo ao Instituto Adolf Lutz (9).

Figura 3. Frutos de ora-pro-nóbis na solução desidratadora.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para as análises estatísticas, foi utilizado o programa Assistat 7.7 no qual os dados obtidos foram submetidos ao teste de Tukey 5% para as diferentes soluções osmóticas.

Figura 2. Frutos de ora-pro-nóbis após a desidratação osmótica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1. pode verificar os valores médios dos parâmetros físico-químicos dos frutos de ora-pro-nóbis in natura e após a desidratação osmótica.

O teor de umidade do fruto in natura encontrado foi de 84,98%, ficando próximos aos valores encontrados para outros frutos, são poucos trabalhos na literatura com o fruto do ora-pro-nóbis. Pode-se observar que os teores de umidade do fruto *in natura* e no fruto que passou pelo processo de desidratação osmótica com 40 °Brix de sacarose não tiveram diferença significativa. Entretanto, os frutos que foram submetidos a desidratação osmótica 60 °Brix também não teve diferença significativa com a amostra a 40 °Brix, mas foi diferente das amostras *in natura* e a amostra que foi submetida a desidratação osmótica a 50 °Brix. Pode-se observar que a redução do teor de umidade foi maior na concentração de 50°Brix teve uma redução de aproximadamente 9% do teor de umidade do fruto *in natura*.

Tabela 1. Médias e Desvio padrão (DP) das amostras in natura e desidratadas osmoticamente dos frutos de ora-pro-nóbis, nas concentrações de 40, 50 e 60 °Brix.

Parâmetros	**In natura**	**Desidratação osmótica a 40° Brix**	**Desidratação osmótica a 50° Brix**	**Desidratação osmótica a 60°C**
Umidade (%)	84,98 ±0,04^{a}	83,86 ±0,13^{ab}	77,23 ±1,52^{c}	80,97 ±1,12^{b}
Sólidos solúveis (° Brix)	2,33 ±0,58^{d}	15,99 ±0,00^{c}	22,00 ±00^{a}	17,06 ±0,23^{b}
pH	4,36 ±0,04^{d}	4,99 ±0,00^{c}	5,41 ±0,03^{a}	5,24 ±0,06^{b}
Acidez titulável (% ácido cítrico)	8,46 ±0,38^{a}	2,83 ±0,70^{c}	3,94 ±1,06^{c}	5,95 ± 1,56^{b}
Vitamina C (mg/100g)	8,28 ±0,38^{a}	3,75 ±0,86^{b}	7,18 ±0,43^{a}	7,50 ±0,41^{a}

Cinzas (%)	3,16 ±0,06[d]	15,65 ±0,87[c]	22,76 ±1,52[a]	19,03 ±1,23[b]

Fonte: Autores (2024)

Os frutos *in natura* apresentaram menores teores de sólidos solúveis do que os encontrados (4). Segundo Chitarra e Chitarra (10), a quantidade de sólidos solúveis totais presentes no fruto pode ser proporcional ao percentual de açúcares solúveis contidos na polpa. Como é possível verificar o teor de sólidos solúveis totais foi aumentado gradativamente até a concentração de 50 °Brix, na concentração de 60 °Brix ocorreu uma redução na incorporação de sólidos soluvéis totais, pode ter ocorrido uma película devido a alta concentração da solução osmótica, que reduziu as trocas entre o fruto e a solução osmótica. Observa-se que os resultados encontrados para o teor de sólidos soluvéis está de acordo o encontrado para o teor de umidade na concentração de 60 ° Brix.

O valor do pH encontrado no fruto *in natura* foi de 4,36, caracterizando um fruto ácido. Todos os valores de pH encontrados nas amostras apresentaram diferença significativa entre elas.

A acidez do fruto do ora-pro-nóbis *in natura* foi 8,46, sendo que apresentou diferença significativa entre as amostras estudadas. Visto que os frutos submetidos a desidratação osmótica apresentaram redução no teor de acidez, entretanto o aumento da concentração de sólidos solúveis foi proporcional o aumento do teor de acidez nos frutos desidratados osmóticamente.

Quanto o teor de vitamina C ou ácido ascórbico nas amostras *in natura*, o resultado encontrado foi de 8,28 mg/100g, portanto, Souza (11) relatou valor superior de vitamina C de 12,06 mg/ 100g que possui potencial e está associado à redução do risco de doenças crônicas degenerativas. O teor de vitamina C apresentou a maior redução na concentração de 40° Brix, com uma perda superior a 50% (3,75 mg/100g). Em comparação, as concentrações de sacarose de 50° e 60° Brix resultaram em uma menor diminuição do teor de vitamina C. Isso pode ser atribuído à maior concentração de sacarose, que, como método de conservação, pode ter formado uma barreira protetora, reduzindo a degradação da vitamina C causada pela luminosidade e oxigenação.

O teor de cinzas presente nos alimentos indicam a quantidade de minerais presentes, o teor de minerais encontrado no fruto *in natura* foi superior ao encontrado por (4) que encontrou 2,90 %, todas as amostras demonstraram diferença significativa, sendo encontrado maior teor de minerais nos frutos submetidos a concentração de 50 °Brix, corroborando com o teor de sólidos solúveis.

CONCLUSÕES

Pode-se concluir que os frutos *in natura* de ora-pro-nóbis são ligeramente ácidos e podendo ser potenciais fontes de minerais.

A desidratação osmótica na concentração de 50° Brix teve um efeito maior na redução da umidade e incorporação de sólidos solúveis, porém na concentração osmótica de 60° Brix teve uma menor degradação da vitamina C, dentro os frutos submetidos a desidratação osmótica.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Goiano-Campus Morrinhos, por todo apoio durante a realização da pesquisa.

E ao PIBIC pela concessão das bolsas de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

1. Silveira AA, Santos LS, Oliveira LM, Andrade RR, Queiroz CRAA. Licor de frutos de ora-pro-nóbis. Editora Científica, 2021, 4: 580-590.

2. Jesus MN, Reges JT. Ora-pro-nóbis: saberes e novas oportunidades. Segurança alimentar e nutricional, 2019. 26:1-11.

3. Círiaco ACA. Determinação de capacidade antioxidante e compostos fenólicos da polpa do fruto e da farinha do caule e da folha da ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* miller) Dissertação. Morrinhos: Instituto Federal Goiano, 2021.

4. Silva APG, Spricigo PC, Freitas TP, Acioly TMS, Alencar SM, Jacomino AP. Ripe Ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* miller) fruits express high contents of bioactive compounds and antioxidant capacity. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, 2018; 40: e-749.

5. Moraes TV, Montenegro J, Marques TS, Evangelista LM, Rocha CB, Teodoro AJ, Kato L, Moreira RFA. Perfil fitoquímico e atividade antioxidante de flores e frutos de *Pereskia aculeata* Miller. Sciencia Plena, 2021; 17.

6. Cunha AS. Avaliação química, fisico química e bioquímica em frutos de *Pereskia aculeata* Miller. Dissertação. Uberaba: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, 2023.

7. Alves DG, Abreu CN, Sousa HMS, Pereira CMT. Avaliação do processo de desidratação osmótica de pimenta malagueta (*capsicum frutens*), variedade malaguetinha. Revista Desafios. 2019; 6:60-64.

8. Chaves MA, Santos Junior HC, Castro SS. Técnica e aplicações da desidratação osmótica: uma revisão. 2021; 30:425-450.

9. Instituto Adolfo Lutz. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. ed. 5 São Paulo: IMESP, 2008.

10. Chitarra MIF, Chitarra AB. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras, UFLA. 2005. 783p.

11. Souza LF. Aspectos Fitotécnicos, Bromatológicos e Componentes Bioativos de *Pereskia aculeata*, *Pereskia grandifolia*e *Anrederacordifolia*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

Capítulo 11

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-11

INTERFERÊNCIA DA FIBRA NA DIETA NA QUALIDADE DO LEITE

Laryssa Rodrigues da Silva;Verônica de Freitas Silva;Wallacy Barbacena Rosa Santos; Taynna Cristiny de Sousa Silva; Wanderson Ribeiro de Assis; Maria Salomé Guimarães de Mello Lucas; Yasmin Honório Silva; Hellen Cristina de Farias Barros; Arthur Cezario Pires;

[1]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, laryssa.rodrigues@estudante.ifgoiano.edu.br; [2]Orientador, Docente do curso de Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, wallacy.barbacena@ifgoiano.edu.br; [3]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, taynna.silva@estudante.ifgoiano.edu.br; [4]Graduando em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, wanderson.ribeiro@estudante.ifgoiano.edu.br; [5]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, maria.mello@estudante.ifgoiano.edu.br ; [6]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, yasmin.honorio@estudante.ifgoiano.edu.br; [7]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, veronica.freitas@estudante.ifgoiano.edu.br,[8]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, hellen.barros@estudante.ifgoiano.edu.br; [9]Graduando em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, arthur.cezario@estudante.ifgoiano.edu.br;

RESUMO: A fibra na dieta de bovinos leiteiros desempenha um papel essencial na manutenção da saúde ruminal e na qualidade do leite produzido, representa a fração de carboidratos de digestão lenta ou indigestível e, dependendo de sua concentração e digestibilidade, impõe limitações ao consumo de matéria seca e energia. Quando excesso de fibra é incluído em uma ração, sua densidade tende a diminuir. Contudo, quando os níveis mínimos de fibra não são alcançados ou a forragem apresenta partículas inadequadas em termos de tamanho, diversos distúrbios metabólicos podem ocorrer, como acidose, deslocamento do abomaso, redução do teor de gordura do leite, entre outros. Este trabalho visa informar e relacionar a importância da fibra na qualidade do leite e suas implicações quando ausente na dieta.

Palavras-chave: fibra alimentar; qualidade do leite; saúde ruminal

INTRODUÇÃO

O leite de vaca é um dos alimentos mais consumidos no mundo, sua produção é um componente chave na indústria agrícola e alimentar global, com demanda constante, mas também variando conforme tendências de consumo e preocupações com a saúde.

Quando se busca o leite ideal para consumo, alguns parâmetros são de particular interesse para a indústria e os consumidores. Entre os principais aspectos que se considera ao avaliar a qualidade do leite, destacam-se: composição nutricional: A concentração de nutrientes essenciais, como proteínas, lipídios, carboidratos (principalmente lactose), vitaminas e minerais, é fundamental. A qualidade do leite é muitas vezes medida pelo seu

teor de proteína (como a caseína) e gordura, que variam conforme a dieta da vaca; sabor e odor: o leite deve ser fresco, sem sabores ou odores indesejados, que podem ser influenciados pela alimentação das vacas, pelo manejo no processo de ordenha e pelas condições de conservação; segurança alimentar: a presença de contaminantes como antibióticos, hormônios e microrganismos patogênicos é uma preocupação constante. Por isso, a qualidade microbiológica do leite é rigorosamente controlada; Perfil lipídico: cada vez mais, os consumidores estão atentos à qualidade das gorduras presentes no leite, especialmente ao tipo de ácidos graxos. A presença de ácidos graxos poli-insaturados (como os ácidos graxos ômega-3) tem sido valorizada pela sua importância na saúde cardiovascular (WHITE, 2002).

A alimentação das vacas tem um impacto direto na qualidade do leite produzido, incluindo a composição nutricional e o perfil lipídico. Alguns fatores que influenciam a produção de leite de qualidade são: Tipo de ração e forragens: a dieta das vacas influencia a composição do leite, especialmente o teor de ácidos graxos. Dietas ricas em forragens de qualidade (como pastagem) tendem a resultar em leite com melhor perfil de ácidos graxos, incluindo uma maior proporção de ácidos graxos insaturados, que são benéficos para a saúde humana; Fonte de energia e proteína: quantidade e qualidade de proteínas e carboidratos na dieta afetam a produção de leite e o equilíbrio de aminoácidos essenciais. Isso também pode impactar o sabor do leite, já que certos compostos podem ser liberados durante a digestão; Suplementação de nutrientes específicos: a adição de suplementos de nutrientes, como ácidos graxos, vitaminas e minerais, pode modificar a composição do leite, especialmente o perfil de ácidos graxos, favorecendo a produção de compostos que têm potencial para melhorar a saúde humana (BAUMAN, 2001).

Efeito das práticas de manejo: além da alimentação, práticas de manejo, como o manejo da saúde dos animais e o controle de estresse, também têm um papel significativo na qualidade do leite (BAUMAN, 2001).

Os ácidos graxos voláteis (AGVs) são produtos resultantes da fermentação bacteriana no rúmen das vacas. Eles desempenham um papel fundamental na nutrição das vacas e podem afetar diretamente a qualidade do leite. A formação de AGVs, como o ácido acético, propiónico e butírico, pode ser influenciada pela dieta das vacas, especialmente pela proporção de carboidratos fermentáveis e forragens de alta qualidade (BOBE, 2004).

Ácido butírico, por exemplo, é um AGV de cadeia curta que tem sido associado a vários benefícios para a saúde, tanto para os ruminantes quanto para os consumidores humanos, devido às suas propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes. Dietas ricas em forragem fresca, como pastagem, tendem a promover a produção de mais ácidos graxos de cadeia curta benéficos (BOBE, 2004).

Ácidos graxos de cadeia longa, como o ácido oleico (ômega-9), podem ser aumentados pela alimentação com óleos vegetais ou pastagem de qualidade, e esses ácidos são valorizados por seus efeitos positivos na saúde cardiovascular (Bobe, 2004).

Estudar os efeitos da alimentação na qualidade do leite, especialmente em relação à produção e liberação de AGVs, é fundamental para otimizar a produção de leite mais saudável e sustentável, atender às exigências do mercado e, ao mesmo tempo, oferecer um produto de alta qualidade para o consumidor (LOOR, 2003).

No ajuste das dietas para vacas leiteiras, os carboidratos normalmente representam 70% ou mais da matéria seca das rações. Contudo, além de sua importância quantitativa no custo de produção do leite, os carboidratos dietéticos, especialmente as frações fibrosas, têm um papel crucial na manutenção da funcionalidade do rúmen e, consequentemente, na saúde da vaca em lactação (LOPES et al., 2006).

Há mais de um século, a fibra tem sido utilizada para caracterizar os alimentos e para definir limites máximos de ingredientes em rações. No entanto, os especialistas em

nutrição ainda não alcançaram um consenso quanto a uma definição padronizada de fibra, nem sobre a concentração ideal de fibra que maximize o consumo de energia. Em termos conceituais, a fibra pode ser descrita como a parte estrutural das plantas (parede celular), a porção menos digestível dos alimentos que não é degradada pelas enzimas dos mamíferos, ou ainda, a fração do alimento que estimula a ruminação e contribui para a saúde do rúmen (WEISS, 1993).

A digestão da fibra no rúmen é um processo crucial para ruminantes, que dependem de microrganismos presentes nesse compartimento gástrico para fermentar e decompor os componentes fibrosos das suas dietas. Esses animais possuem um sistema digestivo especializado que permite uma fermentação eficiente da fibra, que é uma importante fonte de energia para eles (MOSS, 2000).

O rúmen é um órgão de grande capacidade, onde ocorre a fermentação microbiana da fibra. Ele abriga uma grande população de bactérias, protozoários e fungos que são responsáveis por degradar a celulose e outras fibras vegetais. Esses microrganismos produzem enzimas que quebram as ligações entre os componentes da parede celular das plantas (como celulose, hemicelulose e lignina), transformando a fibra em ácidos graxos voláteis (AGVs), como o ácido acético, propiónico e butírico, que são a principal fonte de energia para os ruminantes (MOSS, 2000).

As FDN (fibra em detergente neutro) e FDA (fibra em detergente ácido) são dois indicadores importantes da qualidade da fibra presente na dieta dos ruminantes e fornecem informações sobre a digestibilidade e o valor nutritivo da fibra (HOFFMAN, 2007).

A FDN é a fração da fibra vegetal que inclui a celulose, hemicelulose e lignina, que são mais resistentes à digestão microbiana no rúmen. Quanto maior o valor de FDN em uma forragem, maior será a quantidade de fibra indigestível ou de difícil digestão para o animal. A FDN é frequentemente usada como um indicador indireto da "dureza" ou da "rigidez" da forragem, o que pode impactar a quantidade de matéria seca que o animal pode ingerir (HOFFMAN, 2007).

Uma dieta com alta FDN significa que o animal precisará realizar mais esforço para mastigar e ruminá-la, o que pode reduzir a ingestão voluntária de alimento. Além disso, uma dieta com alta FDN pode reduzir a digestibilidade total da dieta, pois a fibra mais resistente pode diminuir a eficiência da fermentação e, consequentemente, a produção de energia (HOFFMAN, 2007).

Já a FDA é uma fração ainda mais indigestível da fibra, composta principalmente pela lignina, que é uma substância extremamente difícil de ser digerida pelos microrganismos do rúmen. Além da lignina, a FDA inclui também a celulose e outros componentes menos digestíveis (BACH, 2005).

A FDA é um indicador da "qualidade da fibra". Quanto maior o valor de FDA em uma forragem, menor será a digestibilidade da fibra e, portanto, o valor nutritivo da forragem. Forragens com alta FDA podem reduzir a eficiência do processo de fermentação ruminal, diminuindo a produção de AGVs e, consequentemente, a quantidade de energia disponível para o animal (BACH, 2005).

Portanto a fibra é essencial na dieta de ruminastes incluindo vacas leiteiras por estimular a mastigação e a produção de saliva, que é rica em bicarbonato e ajuda a neutralizar a acidez no rúmen, promovendo um ambiente mais favorável para a atividade microbiana, contribui para a movimentação e o funcionamento adequado do rúmen. Uma dieta muito pobre em fibra pode resultar em distúrbios no trânsito ruminal e até em doenças como a acidose ruminal. A qualidade da fibra influencia diretamente na quantidade e no tipo de AGVs produzidos, o que pode impactar no desempenho animal (NRC, 2001).

Em resumo, a digestão da fibra no rúmen é um processo complexo, que envolve a ação de microrganismos para quebrar componentes fibrosos da parede celular das plantas. A avaliação da qualidade da fibra em dietas de ruminantes, por meio de indicadores como FDN e FDA, é crucial para garantir que os animais tenham uma alimentação equilibrada, com fibras de boa qualidade, que favoreçam uma digestão eficiente, uma produção ótima de energia e um impacto significativo na produção do leite (NRC, 2001).

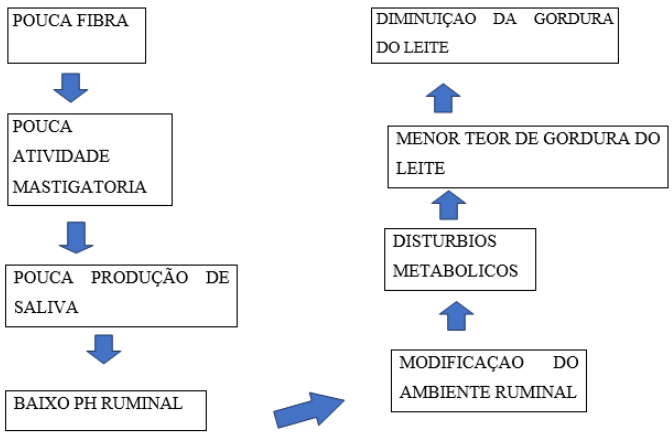
Diversos fatores influenciam a utilização da fibra pelas vacas leiteiras, em situações de estresse, a ruminação tende a diminuir. Como digestibilidade, fragilidade da fibra e o tamanho das partículas podem variar de acordo com o ambiente que o animal está inserido. Assim, o monitoramento das interações entre os fatores relacionados, como a ruminação e a fibra presente na dieta das vacas leiteiras é uma ferramenta crucial, pois revela mudanças significativas no ambiente do animal, que certamente afetarão a produção de leite (JORNAL HOLANDES, 2021).

Conforme Garcia (2019) a fibra apresenta propriedades, tais como: propriedades físicas (que promovem a ruminação); propriedades potencialmente nutricionais (celulose e hemicelulose que poderão ser fermentadas pelas bactérias); propriedade não nutricional (lignina, que não será digerida, perdendo-se nas fezes do animal). Os tipos de fibra que temos e que são mais utilizadas são as fibras de alta qualidade (FAQ): feno, silagem; fibra de baixa qualidade (FBQ): palha; e a fibra insolúvel: não solúvel em água, como a celulose (MERTENS, 2002).

A dieta de vacas leiteiras deve conter entre 25% a 40% de fibra na matéria seca (MS), dependendo do sistema de manejo, do nível de produção de leite e do tipo de fibra presente. Para garantir a saúde ruminal e uma produção láctea de qualidade, a fibra deve ser fornecida em uma quantidade suficiente para estimular a mastigação e a ruminação. Isso é importante porque a mastigação adequada e a produção de saliva ajudam a manter o pH ruminal estável, promovendo uma digestão eficiente (MENEGON, 2000).

Portanto, níveis adequados de fibra são essenciais para manter a qualidade do leite, pois a fibra não só influencia diretamente a digestão e absorção de nutrientes, mas também regula a saúde ruminal e o metabolismo energético, sem falar que se obtivermos e colocarmos em práticas a quantidade adequada e uma ótima qualidade de fibra estaremos andando junto com o meio ambiente reduzindo o uso de fertilizantes, na qual irá reduzir a emissão de gases de efeito estufa gerando então práticas sustentáveis (BIANCHINI, 2007). Na falta de fibra há distúrbios na fermentação ruminal podendo levar o animal a morte (MERTENS, 1997).

Figura 8. Efeitos de pouca fibra na dieta do animal. Fonte: MERTENS (1997).



Uma ingestão balanceada de fibra, associada a outros nutrientes essenciais, é fundamental para garantir uma produção láctea de alta qualidade e atender às necessidades nutricionais tanto das vacas quanto dos produtos derivados do leite. Os resultados esperados podem fornecer subsídios para a formulação de dietas mais balanceadas, com impacto direto na sustentabilidade e eficiência das propriedades leiteiras, fortalecendo, assim, o avanço cientifico e tecnológico na área de produção animal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os dados coletados em estudos conduzidos por sites como Google Scholler, obtivemos que a influência da fibra na qualidade do leite é amplamente reconhecida como um fator determinante na nutrição de vacas leiteiras. Nossos resultados mostram que dietas com níveis adequados de fibra efetivamente promovem a saúde ruminal, resultando em uma produção de leite com características desejáveis, como alto teor de gordura e proteína.

Contudo, vacas alimentadas com dietas ricas em fibra de boa digestibilidade apresentaram um aumento significativo na concentração de gordura do leite, chegando a uma média de 4,2%, comparado aos 3,6% observados em vacas com menor ingestão de fibra. Esse resultado demonstra a importância de uma formulação balanceada de dietas que contemplem tanto a quantidade quanto a qualidade da fibra fornecida, contando com um retorno excelente da vaca leiteira **(**VAN SOEST, 1994**)**

Outro ponto relevante identificado foi o efeito do alto teor da fibra bruta, fazendo com que tendessem a aumentar a concentração de gordura no leite, na qual a razão para isso é que a fibra aumenta a produção de AGVs, como o ácido acético (C2), que, ao ser convertido em acetil-CoA, serve como um precursor para a síntese de gordura. Além disso, dietas ricas em fibra podem influenciar a mobilização de gordura corporal para a produção de leite. A medição do teor de gordura no leite foi feita por métodos como a centrifugação (método Gerber), onde gordura no leite está associada à sua energia, sendo um indicador de que o animal está utilizando bem sua energia de dieta fibrosa **(**BACH, 2005**).**

Na composição da proteína do leite foi observado a partir da microscopia de fluorescência que quantifica o nitrogênio total, estimando a quantidade de proteína que baixos níveis de proteína podem indicar que o animal não está absorvendo ou utilizando de maneira eficiente os nutrientes, foi possível ver que em dietas com maior fibra bruta podem reduzir a concentração de proteína no leite, especialmente a proteína verdadeira**.** Isso ocorre porque o alto teor de fibra pode resultar em uma menor eficiência de utilização da proteína degradável no rúmen, já que a maior parte da fibra pode diminuir a taxa de fermentação e afetar a digestibilidade de proteínas **(**SHANNON., et al. 2009**).**

A medição dos sólidos totais no leite foi feita pela medição de densidade, refratometria, ou pelo método do ponto de ebulição, e definiu-se que dietas com fibra bruta alta podem aumentar a quantidade de sólidos totais no leite, pois a gordura e a proteína aumentam, o que reflete em um maior conteúdo de sólidos. No entanto, as mudanças nos sólidos totais podem ser menos evidentes se a fibra não for balanceada com outros nutrientes **(**SHANNON., et al.2009**).**

A acidez do leite foi medida pelo índice de acidez ou pelo método pH direto. Esse parâmetro é fundamental para evitar a acidose ruminal**,** que prejudica a produção e a qualidade do leite. Foi possível observar que a qualidade do leite também pode ser impactada pela acidez. Dietas ricas em fibra tendem a aumentar a produção de ácido acético (a partir da fermentação ruminal), o que pode alterar o pH do leite. Maior acidez

no leite pode ser um indicativo de desequilíbrio no metabolismo ruminal, especialmente se a fibra não for bem balanceada com outras fontes de energia **(**GOFF, 2007**).**

Em conclusão sobre resultados experimentais, as dietas com alto teor de fibra bruta tendem a afetar significativamente os parâmetros de qualidade do leite, como a gordura **e** proteína, e podem ter impacto sobre a produção de lactose **e** sólidos totais. A interação entre a fibra da dieta **e a** metabolização ruminal (geração de AGVs e glicose) determina esses parâmetros. No entanto, o equilíbrio entre a quantidade de fibra e outros nutrientes, como proteína e carboidratos de fácil fermentação, é fundamental para garantir que os animais obtenham a energia necessária para uma produção de leite ótima, mantendo a qualidade do produto final (GOFF, 2007).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em vista disso, é possível concluir que a interferência da fibra na qualidade do leite é um tema de grande relevância para a indústria leiteira e a saúde pública, visto que o conteúdo de fibra na dieta dos animais pode impactar diretamente a produção e a composição do leite.

Apesar disso, é possível afirmar que a fibra exerce uma influência significativa sobre a qualidade do leite, sendo crucial a sua inclusão controlada e balanceada nas dietas dos animais, visando não apenas a produção eficiente, mas também a obtenção de um leite com características desejáveis tanto para a indústria quanto para o consumidor final, a partir de manejos adequados envolvendo a escolha de boas fontes de fibra, seu balanceamento na dieta e monitoramento continuo da saúde ruminal.

AGRADECIMENTOS

Primeiro agradeço a Deus que me deu a oportunidade de chegar até aqui e realizar este trabalho. Ao IF Goiano- Campus Morrinhos pela realização deste estudo, aos colegas de sala que contribuíram com este trabalho e ao nosso coordenador pelos ensinos e disponibilidade.

REFERÊNCIAS

Avaliação, composição, digestibilidade e aspectos metabólicos da fibra. s/d.

Bach, A., & Torrallardona, D. (2005). "Rumen function and nutrition of ruminants: Effects of dietary fiber." *Animal Feed Science and Technology*.

BIANCHINI, W.; RODRIGUES, E.; JORGE, A.M.; ANDRIGUETO, C. Importância da fibra na nutrição de bovinos. Revista Eletrônica de Veterinária, v.8, n.2, 2007.

BUCKMASTER, D.R. Particle size in dairy rations, In: Garnsworthy, P.C.; Wiseman, J. (Ed.) Recent advances in animal production. Nottingham: Nottingham University Press, 2000. p.109-128,

Goff, J. P., & Horst, R. L. (2007). "Physiology of calcium and phosphorus metabolism in the dairy cow." *Journal of Dairy Science*, 90(6), 2842-2853

Hoffman, P. C., & Mertens, D. R. (2007). "Effects of fiber quality on dairy cattle performance and health." *Journal of Dairy Science*.

Importância da ruminação em rebanhos leiteiros. Rehagro, 2021.

LOPES, F.C.F.; RODRIGUEZ, N.M.; ARCURI, P.B. et al, Fibra efetiva para vacas em Jactagéo. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de Leite, 2006. 50p.

MENEGON, GIOVANI. Exigência de fibra para vacas em lactação. COAGRIL. s/d. 2000.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. J. Dairy Sci., v.80, p.1463-1481, 1997.

Moss, A. R., & Givens, D. I. (2000). *Fermentation in the Rumen: The Role of Volatile Fatty Acids and Their Production in the Dairy Cow*. Advances in Dairy Technology, 12, 35-47.

NRC - National Research Council (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th edition. National Academies Press.

Shannon, A. M., et al. (2009). "Effect of forage fiber content on dairy cattle performance and milk composition." *Journal of Dairy Science*, 92(12), 5782-5790.

Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd ed. Cornell University Press.

WEISS, W. P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 61., 1999, Proceedings..., Ithaca: Cornell University, 1999. p. 176-185

White, H. M. (2002). *Milk Composition, Quality and Nutritional Value*. The Journal of Dairy Research, 69(3), 157-168.

Bauman, D. E., & Griinari, J. M. (2001). *Nutritional Regulation of Milk Fat Synthesis*. Annual Review of Nutrition, 21(1), 203-227.

Bobe, G., Young, J. W., & Beitz, D. C. (2004). *The Role of Dietary Fat in the Quality of Milk*. Journal of Dairy Science, 87(4), 990-1003

Loor, J. J., & Herbein, J. H. (2003). *Effect of Dietary Fatty Acids on Milk Fatty Acid Composition in Dairy Cattle*. Journal of Dairy Science, 86(6), 2024-2032

Capítulo 12

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-12

USO DE ADITIVOS NUTRICIONAIS NA MELHORIA DA QUALIDADE DO LEITE

Verônica de Freitas Silva[1]; Wallacy Barbacena Rosa Santos[2]; Taynna Cristiny de Sousa Silva[3]; Wanderson Ribeiro de Assis[4]; Maria Salomé Guimarães de Mello Lucas[5]; Yasmin Honório Silva[6]; Laryssa Rodrigues da Silva[7]; Hellen Cristina de Farias Barros[8]; Arthur Cezario Pires[9];

[1]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, veronica.freitas@estudante.ifgoiano.edu.br; [2]Orientador, Docente do curso de Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, wallacy.barbacena@ifgoiano.edu.br; [3]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, taynna.silva@estudante.ifgoiano.edu.br; [4]Graduando em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, wanderson.ribeiro@estudante.ifgoiano.edu.br; [5]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, maria.mello@estudante.ifgoiano.edu.br ; [6]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, yasmin.honorio@estudante.ifgoiano.edu.br; [7]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, laryssa.rodrigues@estudante.ifgoiano.edu.br; [8]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, hellen.barros@estudante.ifgoiano.edu.br; [9]Graduando em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, arthur.cezario@estudante.ifgoiano.edu.br;

RESUMO: A nutrição de vacas de alta produção é um desafio devido à variação nos preços do leite e nos custos de ração, impactando as margens de lucro. O uso de aditivos nutricionais, como bicarbonato de sódio, probióticos e óleos essenciais, oferece uma solução para melhorar a eficiência alimentar sem aumentar os custos excessivamente. Esses aditivos atuam na fermentação ruminal, otimizando o aproveitamento de nutrientes e aprimorando a qualidade do leite. É crucial que a escolha e a administração dos aditivos sejam baseadas em pesquisas científicas robustas, já que muitos produtos no mercado podem não ter eficácia comprovada. Estudos mostram que aditivos podem aumentar a produção de leite, melhorar sua composição nutricional e fortalecer a saúde animal. Para obter bons resultados, é fundamental selecionar os aditivos certos, dosar adequadamente, manter boas práticas de manejo e proporcionar um ambiente adequado para o rebanho. Assim, é possível maximizar a produtividade e a qualidade do leite de maneira eficiente e sustentável, sem comprometer a saúde e o bem-estar dos animais.

Palavras-chave: digestibilidade; estimulante de produção; manejo

INTRODUÇÃO

A nutrição de vacas de alta produção continua sendo um desafio para produtores e nutricionistas, especialmente devido à variação anual nos preços do leite e nos custos de ração, que impactam diretamente as margens de lucro das fazendas leiteiras. Com os custos de alimentação representando entre 35% e 50% dos custos totais da produção de leite, é essencial buscar estratégias de manejo alimentar que aumentem a eficiência sem elevar os custos de forma desproporcional. Entre essas estratégias, o uso de aditivos

nutricionais destaca-se como uma opção que pode contribuir para otimizar o desempenho dos animais(EDUCAPOINT,2022).

Os aditivos são substâncias ou microrganismos introduzidos intencionalmente na dieta dos animais, podendo ou não conter nutrientes específicos, mas com o objetivo de promover alterações metabólicas que favoreçam a produtividade. Entretanto, é importante destacar que a inclusão de aditivos não substitui práticas de manejo inadequadas, mas atua como um ajuste fino para maximizar os resultados em sistemas já bem estruturados. Alguns desses aditivos, como bicarbonato de sódio, probióticos e óleos essenciais, agem diretamente na fermentação ruminal, trazendo benefícios ao aproveitamento dos nutrientes(EDUCAPOINT,2022).

A escolha e o uso adequado de aditivos devem sempre ser embasados em pesquisas científicas de qualidade, pois existem muitos produtos no mercado com promessas que nem sempre são comprovadas. A literatura científica oferece evidências sobre os efeitos benéficos de determinados aditivos, o que permite aos produtores tomar decisões fundamentadas para otimizar a nutrição animal e a qualidade do leite. Essa abordagem é fundamental para assegurar que a utilização de aditivos traga resultados consistentes e duradouros, potencializando a produtividade sem comprometer a saúde do rebanho(EDUCAPOINT,2022)

Os aditivos alimentares têm como principais objetivos melhorar a eficiência alimentar e aumentar os ganhos diários dos animais. Além disso, alguns aditivos oferecem benefícios adicionais, como a redução da incidência de acidose e coccidiose, enquanto outros ajudam a suprimir o estro, minimizar abscessos ou prevenir problemas como a podridão de cascos. No Brasil, diversos aditivos são autorizados para uso em ruminantes, entre eles tampões, ionóforos, antibióticos não ionóforos, enzimas fibrolíticas, leveduras, lipídeos, própolis, entre outros. No entanto, certos aditivos, como os tampões e as leveduras, apresentam menor eficiência em bovinos de corte mantidos em sistemas de pastejo, sendo mais amplamente utilizados na produção leiteira e em sistemas que adotam dietas ricas em grãos. Outros aditivos, como os lipídeos e o própolis, ainda estão em fase de pesquisa e têm sido estudados por seu potencial como manipuladores da fermentação ruminal(OLIVEIRA,2005).

A categoria de aditivos nutricionais engloba substâncias utilizadas para preservar ou aprimorar as propriedades nutricionais dos ingredientes ou produtos destinados à alimentação animal. De acordo com a IN 44/15, essa categoria é composta por cerca de quatro grupos funcionais: vitaminas, provitaminas e substâncias quimicamente definidas com efeitos semelhantes; aminoácidos, seus derivados e sais; oligoelementos ou compostos contendo oligoelementos; além de ureia e seus derivados(SCHOGOR et al DANIELI,2020).

O objetivo principal é manter a população microbiana ativa no rúmen em um ambiente estável, com temperatura, pH e osmolaridade adequados. No entanto, a composição da dieta pode impactar esse equilíbrio, influenciando a taxa de digestão e o tempo de retenção, o que, por sua vez, afeta o metabolismo. Dessa forma, a dieta desempenha um papel crucial na determinação do número e da proporção relativa das diferentes espécies microbianas presentes no rúmen, bem como na manipulação da fermentação ruminal. Essa manipulação visa promover processos benéficos, reduzir ou eliminar aqueles ineficientes e mitigar impactos negativos ao animal hospedeiro(XAVIER,2020).

O uso de enzimas na alimentação de ruminantes pode ter diversos objetivos, incluindo a melhora na digestão e no aproveitamento dos nutrientes. Muitos produtos enzimáticos disponíveis comercialmente contêm uma combinação de enzimas ativas, como xilanase, glucanase, celulase, amilase, protease ou lipase, cada uma direcionada à digestão de nutrientes específicos (25). Para avaliar os efeitos da suplementação de celulase isolada e em combinação com xilanase na cinética de degradação ruminal, Wang e Xue (26) constataram que a adição dessas enzimas não promoveu melhora na digestibilidade dos nutrientes (P>0,05), tampouco no consumo e retenção de nitrogênio (P>0,05). Além disso, também não foram observados benefícios na redução das emissões de metano (26). Por outro lado, Romero et al. (27) analisaram os impactos da inclusão de xilanase exógena em uma dieta total misturada para vacas em lactação. A suplementação resultou em maior consumo de matéria seca (23,5 vs. 22,6 kg/d), matéria orgânica (21,9 vs. 20,9 kg/d) e proteína bruta (3,9 vs. 3,7 kg/d), embora não tenha influenciado a cinética de degradação ruminal da matéria seca (SCHOGOR et al, DANIELI,2020).

Os órgãos de saúde pública têm demonstrado preocupação crescente com o uso de antibióticos como aditivos na produção animal, especialmente devido ao risco de desenvolvimento de resistência bacteriana. Esse processo pode favorecer a seleção de cepas mais resistentes, representando um problema significativo para a saúde humana e animal. Em resposta a essa preocupação, os chamados aditivos alternativos têm conquistado cada vez mais espaço nas pesquisas relacionadas à nutrição de bovinos(XAVIER,2020).

A EFSA, órgão regulador de alimentos da União Europeia, define aditivos como: “substâncias, micro-organismos ou preparados que não se enquadram como matérias-primas para alimentação animal nem como pré-misturas, mas que são adicionados intencionalmente à ração ou à água com o objetivo de cumprir ao menos uma das funções previstas na legislação vigente.” Essa definição também contempla as mesmas categorias descritas na IN nº 44/15, com a inclusão dos coccidiostáticos e histomonostáticos. Da mesma forma, a FDA descreve aditivos alimentares como todas as substâncias mencionadas na seção 201 do termo, cuja aplicação se destina, ou é razoavelmente esperada, a se tornar um componente do alimento ou a modificar suas características, direta ou indiretamente(SCHOGOR et al, DANIELI, 2020).

A categoria de aditivos sensoriais abrange os seguintes grupos funcionais: corantes ou pigmentantes, aromatizantes e palatabilizantes. Os aromatizantes e palatabilizantes têm como objetivo principal melhorar a aceitação e estimular o consumo dos alimentos. Por outro lado, os corantes e pigmentantes são incorporados às dietas para alterar as características visuais dos alimentos destinados aos animais ou dos subprodutos de origem animal, respectivamente. Os próprios alimentos já possuem propriedades que favorecem a palatabilidade e, consequentemente, a aceitação pelos ruminantes. No entanto, algumas dietas apresentam características que reduzem sua atratividade, como ocorre nas dietas pré-parto, que geralmente incluem uma alta concentração de minerais acidificantes(SCHOGOR et al DANIELI, 2020).

RESULTADO E DISCUSSÃO

Através de dados obtidos a partir de pesquisas realizadas em sites acadêmicos como Google scholar e outros sites de estudos pecuária de leite, obtivemos que, aditivos

nutricionais podem melhorar a qualidade do leite ao aumentar a produção, melhorar a composição nutricional e fortalecer a saúde animal.

Para um bom uso de aditivos nutricionais na melhoria da qualidade do leite, é necessário, escolher aditivos adequados, como probióticos, prebióticos, ácidos graxos essenciais, vitaminas e antioxidantes. Administrar as doses corretas, sob orientação profissional, para evitar excessos e maximizar os benefícios. Manter a saúde do rebanho, acompanhamento veterinário regular e boas práticas de manejo. Garantir um ambiente adequado, oferecer conforto e alimentação balanceada para os animais. Monitorar continuamente os resultados avaliar a produção e qualidade do leite para ajustes contínuos. Com essas práticas, é possível melhorar a produção e qualidade nutricional do leite de forma eficaz

De acordo com artigo de pesquisa de Beatriz Danieli e Ana Luiza bachmann Schogor da universidade do Estado de Santa Catarina O uso de aditivos na alimentação de ruminantes ainda é um dilema. Diante do avanço das pesquisas voltadas à nutrição de precisão, foram descobertos uma gama de substâncias. Estes produtos atuam positivamente sobre as características do alimento ou diretamente no desempenho animal e seu uso é permitido desde que não prejudiquem o valor nutritivo da ração. Aproximadamente quatro fatores devem ser considerados ao determinar se um aditivo alimentar deve ser usado: resposta esperada, retorno econômico, pesquisa disponível e respostas de campo(FRATER,2014).

No entanto, a permissão do uso no Brasil é regulamentada pela IN 44/ 2015, e vai muito além destes fatores. Atualmente os aditivos agrupados em quatro categorias (tecnológico, zootécnico, sensorial ou nutricional) e inúmeros grupos funcionais. Nos últimos anos os nutricionistas têm afirmado que a maioria de seus clientes usam algum tipo de aditivo na ração, por este motivo há necessidade de se conhecer as alternativas, bem como as características do regulamento que administra o uso das substâncias(FRATER,2014).

Os benefícios de diversos aditivos alimentares são amplamente reconhecidos. Entretanto, alguns deles levantam dúvidas devido a dados de pesquisas que apresentam resultados inconclusivos ou conflitantes. Ainda há uma grande quantidade de aditivos a ser explorada ou avaliada. Além disso, muitos aditivos atualmente em uso têm sido gradualmente proibidos ao longo dos anos. Nesse sentido, é fundamental considerar que a inclusão de aditivos na dieta de ruminantes deve ser uma alternativa de última instância e utilizada com prudência(SCHOGOR et al DANIELI, 2020)

Diversos aditivos possuem potencial para substituir os antibióticos utilizados como promotores de crescimento, manipulando de forma eficaz a fermentação ruminal. Além de agirem diretamente no rúmen, alguns aditivos, como determinadas bactérias, também desempenham funções no trato gastrointestinal, auxiliando na prevenção de agentes patogênicos e contribuindo para a melhoria do desempenho animal. Ao contrário dos antibióticos, pesquisas indicam que os probióticos oferecem uma vantagem significativa, pois não induzem resistência bacteriana por seleção. Os resultados obtidos com o uso de aditivos alternativos têm se mostrado satisfatórios, comparáveis ao desempenho alcançado com o uso de antibióticos, tanto em bovinos de leite quanto de corte. Dessa forma, os aditivos alternativos se apresentam como uma opção eficaz e segura para substituir os antibióticos como promotores de crescimento(XAVIER,2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, o uso de aditivos nutricionais na alimentação de vacas leiteiras mostrou-se uma estratégia eficaz para atingir os objetivos deste trabalho, que visavam otimizar a produção e melhorar a qualidade do leite. Os resultados obtidos indicam que, ao escolher e administrar adequadamente aditivos como probióticos, prebióticos e ácidos graxos essenciais, é possível melhorar o aproveitamento de nutrientes e a saúde animal, resultando em leite com melhor composição nutricional. Além disso, os dados sugerem que, embora os aditivos sejam uma ferramenta valiosa, sua eficácia depende da implementação em sistemas bem estruturados, com práticas de manejo adequadas e acompanhamento contínuo. Dessa forma, é possível alcançar um aumento na produtividade de leite de forma sustentável e eficiente, cumprindo os objetivos do trabalho e proporcionando um impacto positivo na rentabilidade das propriedades leiteiras, sem comprometer a saúde do rebanho.

REFERÊNCIAS

EDUCAPOINT. **Como funcionam os aditivos na dieta de vacas leiteiras.**(04/04/2022). Disponível em: https://www.educapoint.com.br/v2/blog/pecuaria-leite/aditivos-dieta-bovinos-leite/

Danieli B, Schogor ALB. Uso de aditivos na nutrição de ruminantes: Revisão. Vet. e Zootec. 2020; 27: 001-013

Oliveira, T.S., Menezes, G.C.C., Aguiar, E.F. et al. Ionóforos e tampões na alimentação de ruminantes. PUBVET, Londrina, V. 2, N. 43, Art#414, Out5, 2008.

XAVIER, José Vinícius Valadares, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2020. Alternative food addives for cattle. Adviser: Cláudia Batista Sampaio.

Frater P. **Feed additives in ruminant nutrition:** can feed additives reduce methane and improve performance in ruminants? Agriculture and Horticulture Development Board; 2014. p.1-39

Fábio Moitinho. Girodoboi. **Aditivos nutricionais podem aumentar em 6% a produção de carne e leite na fazenda**.(21/09/2023). Disponível em: https://girodoboi.canalrural.com.br/pecuaria/aditivos-nutricionais-podem-aumentar-em-6-a-producao-de-carne-e-leite-na-fazenda/

BassoPancotte. **Uso de aditivos nutricionais na dieta de vacas leiteiras.** (07/03/2018). Disponível em: https://www.bassopancotte.com.br/uso-de-aditivos-nutricionais-na-dieta-de-vacas-leiteiras/

Agrolink. **Artigo: aditivos na alimentação de vacas leiteiras.** (01/11/2026). Disponível em: https://www.agrolink.com.br/colunistas/coluna/artigo--aditivos-na-alimentacao-de-vacas-leiteiras_388301.html

Capítulo 13

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-13

CINÉTICA DE CRESCIMENTO DE *Escherichia coli* EM ALFACE AMERICANA SOB DIFERENTES CONDIÇÕES ISOTÉRMICAS DE ARMAZENAMENTO

Matheus Gabriel Alves Ferreira; Mateus Antônio Souza Silva; Raffael Martins de Souza; Ellen Godinho Pinto; Dayana Silva Batista Soares; Ana Paula Stort Fernandes; Wiaslan Figueiredo Martins*

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: wiaslan.martins@ifgoiano.edu.br*

Resumo: A alface (*Lactuca sativa*) é suscetível à contaminação de microrganismos patogênicos, com destaque para *Escherichia coli*, que representa um risco significativo à segurança de alimentos. Essa bactéria pode ser introduzida na cadeia de produção de alimentos por meio de água ou estrume contaminados em contato com as folhas. Este estudo teve como objetivo modelar o crescimento de *E. coli* na parte vegetativa da alface, sob diferentes temperaturas de armazenamento (10 °C, 15 °C, 20 °C e 25 °C), utilizando o software *ComBase* para estimar os parâmetros de crescimento. O tratamento de 10°C se mostrou superior se comparados aos demais, tendo uma fase lag maior que os outros, que foi estimada de aproximadamente de 36 horas, mostrando que o produto tem que ser armazenado depois de colhido e limpo. Os outros tratamentos a fase lag foi menor de aproximadamente de 5 horas o que indica a deterioração do produto em curto espaço de tempo. O estudo reforça a importância de armazenar alimentos hortícolas em temperaturas controladas para prolongar sua qualidade e segurança pós-colheita. Além disso, destaca a relevância do *ComBase* como uma ferramenta fundamental para pesquisadores e indústrias alimentícias, oferecendo informações valiosas sobre a deterioração de alimentos e contribuindo para o avanço de estudos e estratégias de conservação.

Palavras–chave: *Lactuca sativa*; *Escherichia coli*; temperatura; *ComBase*.

INTRODUÇÃO

A *Escherichia coli* é uma bactéria patogênica, encontrada em diversos alimentos de origem agrícola de consumo *in natura*, causando sintomas como diarreia, vômito, cólica, e insuficiência renal. Os principais grupos de vulnerabilidade são crianças de até cinco anos e idosos acima de sessenta e cinco anos por suas baixas imunidades. Apresenta seis grupos patogênicos (enteropatogênicas, enterotoxigênicas, enteroinvasivas, enterohemorrágicas, enteroagregativas, difuso-aderentes) (1).

A alface é produzida em todas as regiões do país, logo trás importância economia, social para pequenos, médios e grandes produtores rurais. Sendo de grande importância instruir o produtor rural a não usar água contaminada com coliformes fecais, ou evitar o contato direto entre o estrume e a parte vegetativa. A contaminação do produto pode ocorrer em todas as etapas de produção sendo assim um dos fatores limitantes para

produção. Entre os principais métodos de prevenção à utilização de plástico mulching e não usar água contaminada (2)

A curva de crescimento da *E. coli* em diferentes temperaturas muda o seu fator de multiplicação onde em temperaturas mais amenas sua fase latente é maior, e com temperaturas mais elevadas sua fase exponencial se inicia no período menor. Fazendo assim que o nível de contaminação em temperaturas mais elevadas seja maior, segundo Cavalcante et. al 2014.

Na microbiologia preditiva são utilizados modelos matemáticos para estimar e prever a hábito de crescimento de determinados microrganismos. Os modelos primários têm como estudo curvas de multiplicação em inativação microbiana, ou seja, concentração microbiana, em proporção ao tempo. Modelos secundários tem como base os modelos primários, onde parâmetros cinéticos são obtidos (velocidade de multiplicação, tempo de fase lag, população máxima final), e fatores abióticos como (temperatura, pH, e atividade de água) Modelos terciários, utilizam-se de softwares que tem como base os modelos primários e secundários, tendo em vista ser mais assertivo (3).

O intuito deste trabalho é analisar o desenvolvimento da *E. coli* na cultura da alface em diferentes temperaturas, com as mesmas condições. Utilizando modelos matemáticos de softwares.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado para modelar o crescimento de *Escherichia coli* em alface americana sob diferentes condições isotérmicas de armazenamento, utilizando o modelo do banco de dados *ComBase* (www.combase.cc). Na plataforma em categoria de alimento "*Vegetable or fruit and their products*", o microrganismo "*Escherichia coli*" e a faixa de temperatura de 5 a 30 °C. Em seguida foram selecionados dados de crescimento populacional (log_{10} UFC/g) de quatro diferentes temperaturas (10 °C, 15 °C, 20 °C e 25 °C) com as mesmas condições.

A modelagem primária se utilizou do modelo matemático de Baranyi e Roberts tendo o intuito de estabelecer uma avaliação biológica sob a presença de microrganismos e prever o comportamento em diferentes temperaturas. O modelo matemático primário sigmoidal com função de ajuste e está representado pelas equações 1, 2 e 3 estabelece uma relação entre a velocidade de crescimento do microrganismo e o tempo.

$$Y(t) = y_0 + \mu_{máx}F(t) - ln\left\{1 + \frac{e^{\mu_{máx}F(t)} - 1}{e^{y_{máx} - y_0}}\right\} \quad (1)$$

$$A(t) = t + \left(\frac{1}{\mu_{máx}}\right) ln\left[e^{(-\mu_{máx}t)} + e^{(-h_0)} - e^{(-\mu_{máx}t - h_0)}\right] \quad (2)$$

$$h_0 = \mu_{máx}\lambda \quad (3)$$

Nas equações incógnitas representam y(t) é o logaritmo da concentração microbiana N (UFC/g) no tempo t (horas), portanto, y(t) = log [N(t)]. O parâmetro $\mu_{máx}$ é a velocidade máxima específica de crescimento (h^{-1}); λ é a duração da fase de latência (h); y é o logaritmo da concentração microbiana inicial, y_0 = log (N_0); $Y_{máx}$ é o logaritmo

da população máxima, $Y_{máx}$ = log ($N_{máx}$); h_0 é o parâmetro relacionado ao estado fisiológico das células (adimensional); A(t) é a função do modelo Baranyi e Roberts.

Os modelos secundários Linear e Exponencial (Equações 4 e 5, respectivamente) foram usados para descrever o efeito da temperatura na velocidade específica máxima de crescimento ($\mu_{máx}$), em que a e b são parâmetros empíricos e T é a temperatura de armazenamento (°C).

$$\mu_{máx} = aT + b \quad (4)$$

$$\mu_{máx} = aexp^{(bT)} \quad (5)$$

Os ajustes do modelo primário aos dados experimentais de crescimento de *E. coli* em alface nas temperaturas de armazenamento de 10, 15, 20 e 25 °C. Na interface *DMFit* online, do *ComBase*. Foi realizado uma etapa o ajuste, obtendo os parâmetros $\mu_{máx}$, λ, y_0 e $Y_{máx}$. O Coeficiente de Determinação (R^2) e o Erro Padrão (EP) do ajuste, obtidos no *DMFit*. Um valor de R^2 de aproximadamente 1 e EP de aproximadamente 0, demonstra a veracidade dos dados mostrando que estão próximas das expectativas esperadas, logo existe uma concordância entre os dados experimentais logo os valores dos parâmetros ajustados aos modelos em função da temperatura de armazenamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de crescimento de *E. coli* em folhas de alface e os ajustes do modelo de Baranyi e Roberts aos dados experimentais nas temperaturas entre 10 °C, 15 °C, 20 °C e 25 °C de armazenamento estão representadas na figura 1.

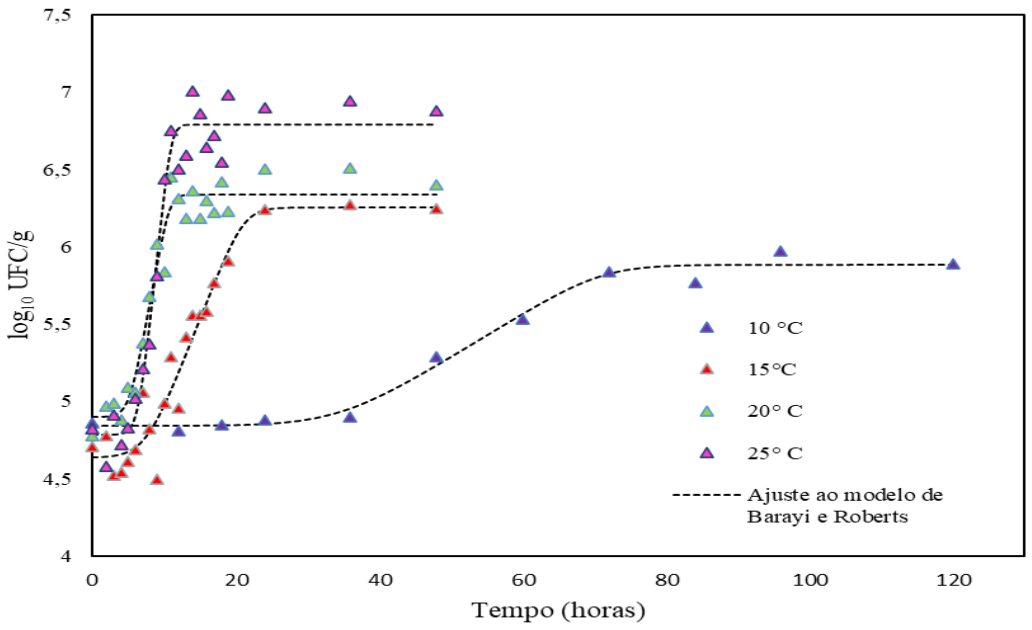


Figura 1 – Curvas de crescimento de *Escherichia coli* em folhas de alface e os ajustes do modelo de Baranyi e Roberts aos dados experimentais nas temperaturas de 10 °C, 15 °C, 20 °C e 25 °C de armazenamento. No gráfico, os dados experimentais estão representados pelos símbolos em triângulos e a linha tracejada representa o ajuste do modelo de Baranyi e Roberts.

Tabela 1 – Parâmetros de crescimento estimados pelo ajuste do modelo de Baranyi e Roberts aos dados experimentais de *Escherichia coli* em folhas de alface nas temperaturas de 10 °C, 15 °C, 20 °C e 25 °C de armazenamento e os índices estatísticos de desempenho do modelo.

Temperatura (°C)	**Parâmetros de crescimento**			**Índices estatísticos**	
	y_0 ($\log_{10}$ UFC/g)	$\mu_{máx}$ (1/h)	$y_{máx}$ ($\log_{10}$ UFC/g)	R^2	Erro padrão
10	4,84	0,0972	34,525	0,814	0,891
15	4,639	0,0162	7,519	0,948	0,405
20	4,898	0,0280	5,163	0,986	0,216
25	4,782	0,0354	6,374	0,978	0,273

Os resultados experimentais indicaram que a temperatura de armazenamento tem um impacto significativo no crescimento de *E. coli* nas folhas de alface americana. As amostras foram analisadas durante 120 horas, com as contagens de *E. coli* expressas em $\log_{10}$ UFC/g de alface temperatura de 10 °C o crescimento de *E. coli* foi observado em uma velocidade mais lenta, com um aumento gradual nas contagens bacterianas atingindo a sua fase exponencial depois de 36 horas. Após 120 horas, as contagens médias de *E. coli* alcançaram cerca de 4,9 $\log_{10}$ UFC/g.

A temperatura mais baixa (10 °C) parece retardar significativamente o crescimento bacteriano, mas não impede a multiplicação de *E. coli* num grande espaço de tempo o que reforça que o produto deve ser consumido em um breve período por não suportar ser armazenado em baixas temperaturas.

A uma temperatura de 15 °C, houve um aumento mais rápido nas contagens bacterianas, com valores chegando a aproximadamente 4,69 $\log_{10}$ UFC/g após 6 horas de armazenamento. Essa velocidade de crescimento foi mais pronunciada do que a observada a temperatura de 10 °C, logo a tal temperatura apresentou condições favoráveis para o crescimento de *E. coli*, o que resulta na perda do produto em curto espaço de tempo.

A uma temperatura de 20 °C, o crescimento de *E. coli* foi significativamente mais rápido. Após cerca de 4 horas, iniciou-se a fase exponencial e as contagens de *E. coli* chegaram a cerca de 4,97 $\log_{10}$ UFC/g. A velocidade de crescimento bacteriano aumentou, o que sugere que essa temperatura é mais favorável para a multiplicação de *E. coli*. Esse comportamento está de acordo com as expectativas, uma vez que temperaturas mais altas aceleram os processos metabólicos e a divisão celular das bactérias. A temperatura de 25 °C apresentou o crescimento mais rápido de *E. coli*, com as contagens de até 4,91 $\log_{10}$ UFC/g após 3 horas. A multiplicação bacteriana foi muito mais acentuada em comparação com as outras condições, o que reflete o efeito da temperatura mais alta no aumento da atividade metabólica da bactéria.

Foi possível observar a modelagem do crescimento bacteriano utilizando o *ComBase* nas condições experimentais. Em temperaturas mais amenas de (10 °C). O modelo matemático do software *ComBase* previu com boa precisão do crescimento da bactéria *E. coli* na temperatura de 10 °C, mostrando um crescimento microbiano com uma fase lag maior que nas demais temperaturas, uma fase exponencial mais longa, chegando

na fase estacionária em um período tempo mais longo com uma população menor. O que resulta na cadeia de produção que essa é a melhor temperatura a ser armazenada das que foram analisadas e mostrando que essa bactéria é um indivíduo mesofilo e tem dificuldades de aumentar sua população em temperaturas mais amenas.

Para as temperaturas de 15 °C, 20 °C e 25 °C, o modelo também foi eficaz, com as previsões de crescimento de *E. coli* próximos dos dados observados experimentalmente. As velocidades de crescimento aumentaram conforme esperado, especialmente a partir de 15 °C, encurtando a fase lag, proporcionando um aumento exponencial mais rápido.

A comparação entre os dados experimentais e as previsões do *ComBase* mostrou que o modelo é confiável para simular o crescimento bacteriano em alface americana sob diferentes temperaturas de armazenamento. No entanto, observou-se uma leve discrepância entre os dados experimentais e as previsões em 10 °C e 15 °C, provavelmente devido a fatores adicionais não considerados no modelo, como a presença de competidores microbianos ou diferenças na qualidade das folhas de alface.

Os resultados confirmam que a temperatura é um fator crítico para o crescimento bacteriano. Em temperaturas mais baixas (10 °C), o crescimento de *E. coli* foi retardado, embora não tenha sido completamente impedido. Esse comportamento está de acordo com o que é esperado para microrganismos mesófilos como *E. coli*, que crescem melhor entre 15 °C e 45 °C (4). As temperaturas mais altas (15 °C e 25 °C) proporcionaram um ambiente mais favorável para o crescimento, acelerando a divisão celular e aumentando a carga bacteriana rapidamente.

As condições de armazenamento em temperaturas (15 °C e 25 °C) possuem implicações para a segurança de alimentos, representando um risco elevado para os consumidores, já que *E. coli* pode se multiplicar rapidamente nessas condições. Isso reforça a importância de manter as temperaturas de armazenamento de vegetais frescos abaixo sob refrigeração para minimizar o risco de contaminação e surto de doenças alimentares.

A alface, como alimento consumido *in natura*, é particularmente vulnerável à contaminação por *E. coli*, e a análise de riscos microbiológicos deve considerar essas variações de temperatura para garantir a segurança dos consumidores e prever a melhor forma de armazenamento. Assim, o uso da modelagem preditiva pode ser útil para estimativas rápidas, e deve ser usada em conjunto com monitoramento microbiológico real para garantir a precisão das previsões em cenários reais.

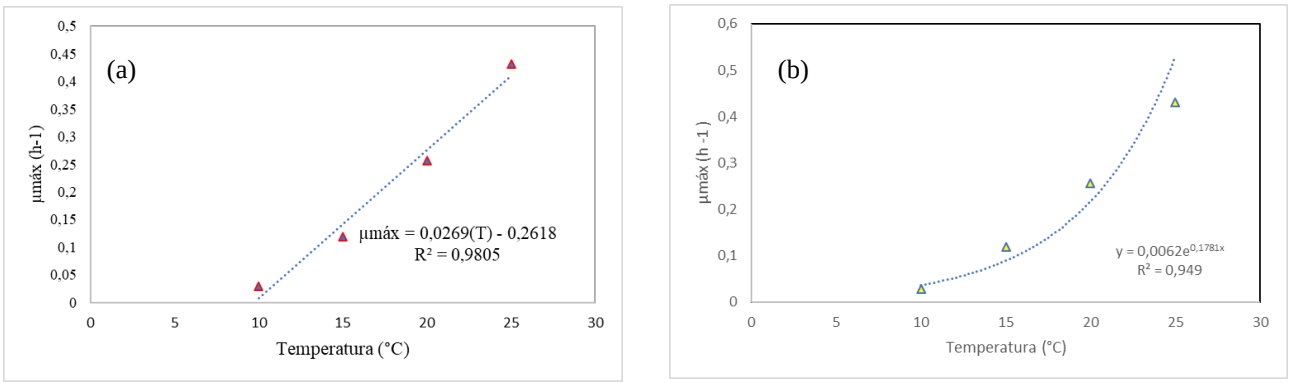


Figura 2 - Modelos secundários que representam o efeito da temperatura no parâmetro velocidade específica máxima de crescimento ($\mu_{máx}$) de *Escherichia coli* em folhas de alface. (a) modelo linear e (b) modelo exponencial.

CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo enfatizam a necessidade de um controle rigoroso da temperatura no armazenamento de vegetais frescos, como a alface americana (*Lactuca sativa*), para minimizar os riscos à saúde do consumidor e garantir a qualidade do produto. Observou-se que a refrigeração a 10 °C prolonga a vida útil da alface por até 36 horas, retardando significativamente o crescimento microbiano em relação às temperaturas mais elevadas. Essa constatação reforça a relevância de práticas adequadas de armazenamento para preservar a segurança e a integridade dos alimentos. Além disso, o uso do banco de dados *ComBase* revelou-se uma ferramenta indispensável, fornecendo estimativas precisas sobre a deterioração microbiológica e auxiliando no desenvolvimento de estratégias mais robustas de conservação e segurança de alimentos. Esses achados oferecem subsídios valiosos tanto para a pesquisa quanto para a indústria, destacando a importância de integrar a ferramenta da microbiologia preditiva em práticas cotidianas para a gestão eficaz da qualidade e segurança de alimentos frescos.

REFERÊNCIAS

1. Susana E. Avaliação quantitativa do risco de *Salmonella* spp. e de *Escherichia coli* O157:H7 em alface no Rio Grande do Sul. Ufrgsbr [Internet]. 2018 [cited 2024 Nov 12]; Available from: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/179388

2. Cavalcante DA, Ricardo B, Artigiani A, Cristianini M. Sanitização de alface americana com água ozonizada para inativação de *Escherichia coli* O157:H7. Segurança Alimentar e Nutricional. 2015 Mar 2;13(1):373–3. https://doi.org/10.20396/san.v21i1.1662

3. Buchanan RL. Predictive food microbiology. Trends in Food Science & Technology. 1993 Jan;4(1):6–11.

4. Madigan MT, Martinko JM, Bender KS, Buckley DH, Stahl DA. Microbiologia de Brock - 14a Edição [Internet]. Google Books. Artmed Editora; 2016.

5. ComBase. ComBase Predictor. Version 5.4. Available from: https://www.combase.cc/

6. Silva A, Peixoto A, Diniz N, et al. Modelling the growth of *Escherichia coli* in fresh-cut lettuce under different temperatures using the ComBase predictive model. Food Control. 2011 Mar;22(3-4):655-60. doi: 10.1016/j.foodcont.2010.10.016.

7. Baranyi J, Roberts TA. A dynamic approach to predicting bacterial growth in food. Int J Food Microbiol. 1994 Jun;23(3):277-94. doi: 10.1016/0168-1605(94)90142-6.

Capítulo 14

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-14

O CAFÉ: DIVERSAS FUNÇÕES NA SAÚDE HUMANA

***Rodrigo Vieira da Silva** https://orcid.org/0000-0002-4778-627X**; Brenda Ventura de Lima** https://orcid.org/0000-0003-2451-5300**; Gabriela Araújo Martins** https://orcid.org/0000-0001-7160-3165**; Matheus César Barbosa** https://orcid.org/0009-0005-2905-0284 **; Igor Calixto Morsoletto** https://orcid.org/0009-0003-6574-7236**; Felipe Ferreira Ló** https://orcid.org/0009-0007-5067-6550 **; Maria Eduarda Teles de Queiroz** https://orcid.org/0009-0003-8853-0363

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email:* rodrigo.silva@ifgoiano.edu.br

Resumo: O café é uma das bebidas mais consumidas do mundo e o Brasil destaca-se como maior produtor e exportador mundial. Vale salientar que o café é uma bebida nutracêutico com propriedades nutricionais e farmacêutica, sendo rico em sais minerais, lipídios, açúcares e aminoácidos, ácido clorogênicos e cafeína, além de desempenhar diversas funções na saúde humana. Um consumo moderado de um café de qualidade e numa torra adequada pode trazer diversos benefícios a saúde humana. Estudos científicos realizados em diversos países do mundo demonstraram a ação benéfica do café no combate de diversas doenças: depressão, tabagismo, mal de Parkinson e Alzheimer, além de problemas cardíacos. No entanto, a ingestão excessiva de café pode causar doenças estomacais, insônia e nervosismo, especialmente em gestantes e crianças. Diante desse contexto, os autores tiveram o objetivo de realizar uma revisão por meio de pesquisas bibliográficas, dos benefícios e malefícios do consumo de café na saúde humana, destacando suas propriedades químicas e farmacológicas deste famoso grão.

Palavras–chave: cafeeiro; cafeína; ácido clorogênicos; saúde; nutracêutico

INTRODUÇÃO

O cafeeiro é uma espécie de origem africana, pertencente à família Rubiaceae e ao gênero *Coffea*. As duas espécies com maior importância econômica são o *Coffea arabica*, chamado de café arábica ou bebida fina, e o *C. canephora*, conhecido como café conilon ou robusta (1).

O Brasil é o maior produtor mundial de café, além de ocupar a segunda posição entre os maiores consumidores (2). A estimativa para a safra cafeeira do Brasil em 2024 sinaliza uma produção de cerca de 55 milhões de sacas, em 2,25 milhões de ha, destaque Minas Gerais, maior produtor, responsável por cerca de 50% da produção nacional (2,3).

Segundo a Associação Brasileira de Indústria de café (3), o consumo de café vem apresentando um crescendo contínuo nas últimas décadas (Figura 1). O consumo de café no Brasil também é significativo, representando 13% da demanda mundial, com uma média de 839 xícaras de café por pessoa em 2018, tornando o país o segundo maior consumidor global de café (4).

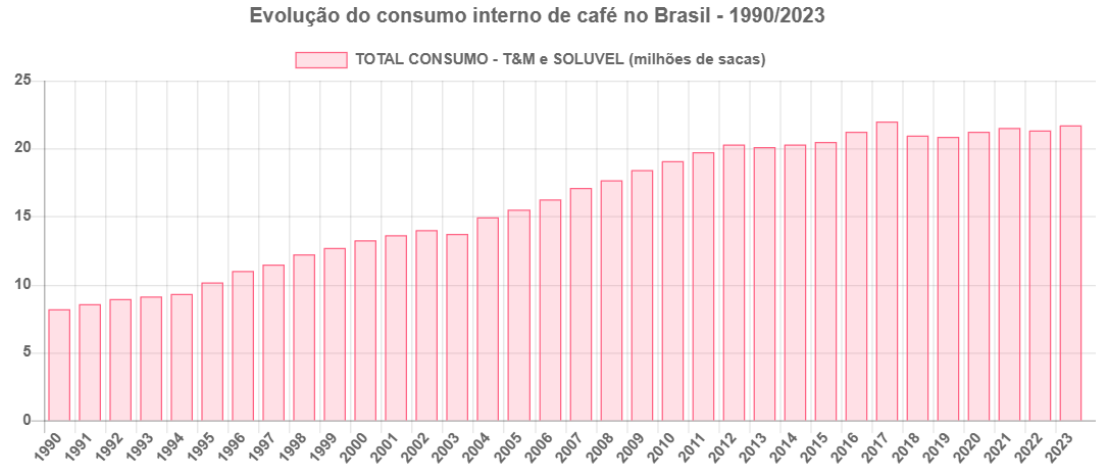


Figura 1: Evolução do consumo de café no Brasil no período: 1990/2023. Fonte: ABIC, 2023.

A popularidade do café pode é devido em maior parte ao seu principal composto ativo, a cafeína, que exerce um efeito estimulante sobre o sistema nervoso central. A cafeína, um alcaloide do grupo das xantinas é encontrada em abundância nas sementes de café. A semelhança estrutural da cafeína com a adenosina permite que ela bloqueie os efeitos inibitórios desta, promovendo a liberação de neurotransmissores que aumentam a concentração e o desempenho cognitivo e psicomotor (5).

Pesquisas indicam que a ingestão de café não deve ser considerada um fator de risco para doenças cardiovasculares ou cânceres de bexiga, intestino e pâncreas (6). Pelo contrário, o café possui substâncias antioxidantes, anticarcinogênicas e antiteratogênicas que podem reduzir o risco de certos tipos de câncer (6,7). Um estudo publicado em 2012 acompanhou mais de cinco milhões de pessoas no período de 1995 a 2008, revelando uma relação inversa entre o consumo de café e a mortalidade, beneficiando tanto homens quanto mulheres, especialmente no caso do café com cafeína (8). Além disso, o consumo de café tem sido associado à prevenção de doenças crônicas como Diabetes Mellitus tipo 2, Parkinson e hepatopatia crônica, além de melhorar biomarcadores inflamatórios e resistência à insulina (7,9,10).

Embora o café tenha diversos benefícios, o consumo excessivo pode causar efeitos adversos, como insônia devido à ação estimulante da cafeína no sistema nervoso. Portanto, recomenda-se a ingestão moderada, especialmente no período noturno ou em casos de sensibilidade à cafeína (11).

Diante da importância do café na vida das pessoas e de seus componentes nutricionais, este trabalho teve o objetivo de realizar uma revisão por meio de pesquisas bibliográficas, os benefícios e malefícios do consumo de café, destacando suas propriedades químicas e farmacológicas, além dos possíveis efeitos colaterais do consumo excessivo.

REFERENCIAL TEÓRICO

A Origem do café

O cafeeiro, *Coffea* spp., é originário das florestas montanhosas da Etiópia, sudeste do Sudão e Norte do Quênia (11). Posteriormente, do sudeste da Etiópia, o café migrou para a Península Arábica uma região desértica do Oriente Médio, onde teve grande aceitação, por ser um fator estimulante que inibe a sonolência, o café era muito utilizado por advogados e juízes que tinham afazeres noturnos, para prolongar suas noites, utilizavam a bebida constantemente. Assim, o café começou a se disseminar por todo o

Ocidente, sendo introduzido no Novo Mundo pela Companhia das Índias Ocidentais, tornando-se um dos principais produtos agrícolas comercializados (12).

Importância do café

No Brasil, o café é muito mais do que uma paixão nacional, todavia uma potência econômica, representando uma das principais commodities agrícolas, com impacto direto na geração de empregos e no desenvolvimento regional (13). Historicamente, a cultura foi responsável por direcionar e moldar aspectos culturais e sociais, especialmente durante o no século XIX, consolidando-se como um símbolo de hospitalidade e tradição. Atualmente, o consumo global cresce com novas tendências, como o interesse por métodos de preparo e pela sustentabilidade na cadeia produtiva. (13)

O café é um dos principais produtos de exportação agrícola global e uma das maiores fontes de renda para países como o Brasil, Vietnã, Colômbia e Etiópia, onde movimenta mais de 100 bilhões de dólares anualmente (3) (Figura 2). No Brasil, este produto agrícola responde por uma parcela significativa do PIB agrícola e emprega milhões de trabalhadores diretos e indiretos, desde pequenos produtores até grandes exportadores. A cadeia produtiva do café abrange desde o cultivo e a colheita até a industrialização e o comércio, gerando oportunidades para inovação tecnológica e sustentabilidade (2,3).

Figura 2. Geração de receitas no mercado global de café: 2004 a 2029.

Cafés especiais e saúde humana

Os cafés especiais, reconhecidos por sua alta qualidade e rastreabilidade, possuem concentrações elevadas de compostos benéficos, como os antioxidantes. Esses cafés são frequentemente cultivados com maior preocupação ambiental e social, o que reforça seu apelo ao consumidor preocupado com a saúde e a sustentabilidade. Estudos sugerem que o consumo regular de cafés especiais pode estar associado a uma redução no risco de doenças crônicas devido à alta biodisponibilidade de compostos bioativos (7)

O café como nutracêutico

Os Nutracêuticos são alimentos ou ingredientes que, além de suas funções nutricionais básicas, oferecem benefícios à saúde. O café enquadra-se nessa categoria

devido à sua riqueza em compostos bioativos, como polifenóis, cafeína e melanoidinas, que demonstram propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e neuroprotetoras (13).

Além disso Estudos indicam que o consumo moderado de café pode: Reduzir o risco de doenças cardiovasculares, graças à sua ação vasodilatadora e antioxidante. Proteger contra o diabetes tipo 2, pela regulação dos níveis de glicose e sensibilidade à insulina. Ajudar na prevenção de doenças neurodegenerativas, como Alzheimer e Parkinson, devido à estimulação do sistema nervoso central e Contribuir para a saúde hepática e metabólica (7, 13, 25).

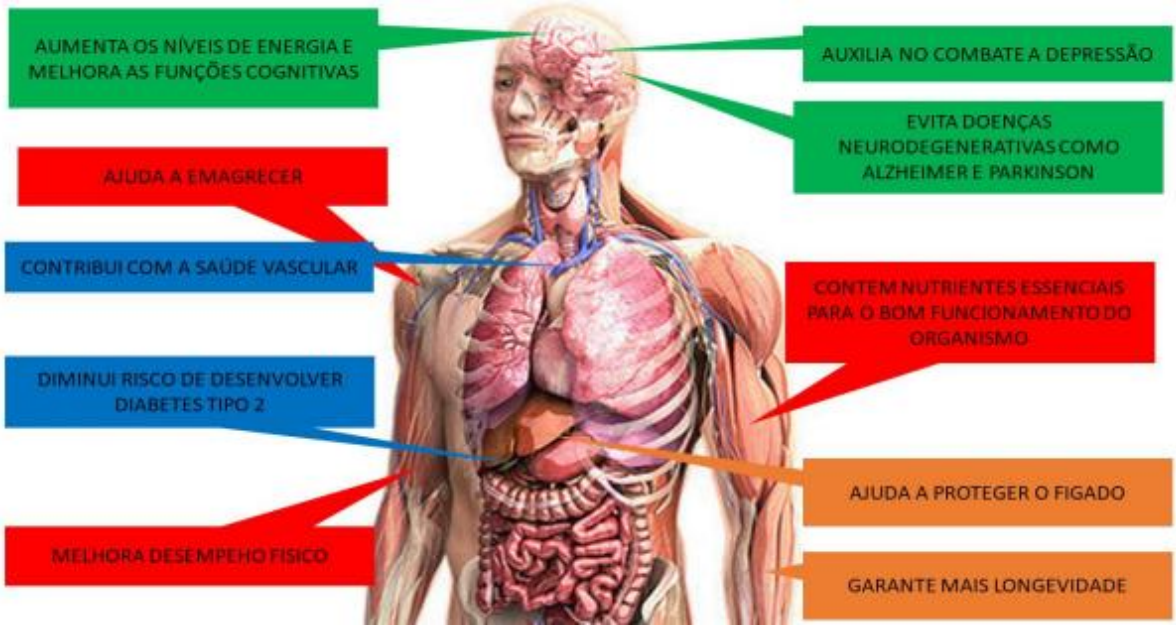
Principais substâncias do café

O café é composto por uma complexa mistura de substâncias químicas. Entre as principais estão a cafeína, os ácidos clorogênicos, lipídeos, melanoidinas e compostos voláteis. A cafeína é conhecida pelo efeito estimulante no sistema nervoso central, enquanto os ácidos clorogênicos apresentam propriedades antioxidantes e hepatoprotetoras. Lipídeos, embora presentes em menores quantidades, contribuem para o sabor e a textura, enquanto as melanoidinas têm papel antioxidante e antimicrobiano. (2).

A cafeína representa a substância psicoativa mais consumida no mundo, é um alcalóide farmacologicamente ativo. Ela age como estimulante do sistema nervoso central, aumentando a atenção. Sua estrutura possui grandes semelhanças com a adenosina, desta maneira ela possui a capacidade de se ligar com os receptores que deveriam ser utilizados pela adenosina (14). Outro efeito dessa substância é facilitar a a queima de gorduras, favorecendo o metabolismo. Além disso, ela promove a injeção de adrenalina no sistema nervoso melhorando a concentração, induz a produção de dopamina (sensação de prazer), atua melhorando a circulação sanguínea, ajuda na digestão e na respiração (15, 16).

É possível observar, cientificamente, os efeitos positivos da cafeína no processamento de informações, memória e raciocínio lógico. Os consumidores constantes de café, apresentam quase sempre efeitos agradáveis, além de maior capacidade intelectual e melhor associação de ideias, podendo até mesmo haver estimulação da capacidade e da velocidade de ler, também reduzindo a sonolência, a apatia e a fadiga (7).

A cafeína se constitui em um dos principais estimulantes naturais. A vantagem da cafeína natural em relação às drogas sintéticas é que não é preciso aumentar a dose cada vez mais para obter o mesmo efeito, ou seja, apenas uma xícara pequena de café (50 ml), pela manhã, é o suficiente para deixar o cérebro alerta (7). A atividade antioxidante do café mostra a capacidade de prevenir o dano oxidativo às células vivas, com isso, há redução do risco de desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis, como neoplasias malignas (17).



.

Figura 3: Benefícios do café para o corpo humano. Fonte: Gatto, *et al*. 2018. Analisando os benefícios do consumo de café para a saúde humana.

Os ácidos clorogênicos são antioxidantes potentes que combatem os radicais livres, ajudando a prevenir o envelhecimento e doenças crônicas. Eles também participam da regulação da glicose no sangue, sendo benéficos para a saúde metabólica.

As melonoidinas são formadas durante o processo de torrefação, elas apresentam propriedades antioxidantes e antimicrobianas (7). Contribuem para a cor e o sabor do café, além de favorecerem a saúde intestinal (14).

Já os lipídeos influenciam a cremosidade e o corpo do café. Os compostos voláteis são responsáveis pelos aromas característicos, que variam dependendo da origem e do processo de torra (14)

Papel do café no controle e prevenção de doenças

O café quando consumido em doses adequadas, apresenta diversos benefícios para o corpo humano, tendo ação anti-inflamatória, antioxidante e estimuladora do sistema nervoso (7,14). Ao ser consumido, o café também pode diminuir os impactos causados pelo cansaço, enxaquecas, pode aumentar a concentração e melhorar o funcionamento do cérebro, coração, rim e sistema imune (18,19). Estudo mostra que a ingestão de café promove uma menor probabilidade de desenvolver cânceres de próstata, fígado, melanoma e colo retal (20). O café também está associado à redução do risco de várias doenças, incluindo depressão, tabagismo e condições neurodegenerativas, como Alzheimer e Parkinson (7,18,20, 25), como verificado na figura 4 abaixo.

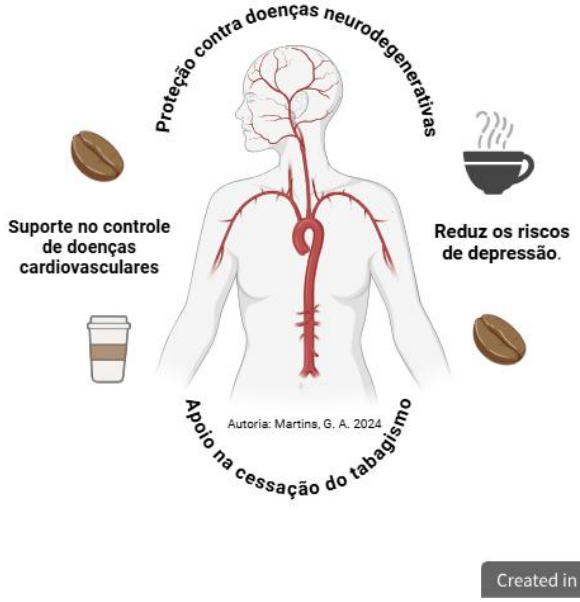


Figura 4. Relação do café na prevenção e controle de doenças

No caso da depressão, compostos bioativos do café, como a cafeína e os antioxidantes, desempenham um papel crucial (21,22). A cafeína age bloqueando os receptores de adenosina no cérebro, um neurotransmissor que promove o cansaço e sintomas depressivos. Assim, melhora o estado de alerta e regula o humor. Além disso, as propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias do café contribuem para reduzir os níveis de estresse oxidativo e inflamação no cérebro, fatores frequentemente associados à depressão (23).

Quanto ao tabagismo, o café pode ser um aliado indireto na cessação. A cafeína, ao atuar no sistema de recompensa cerebral, ajuda a aliviar sintomas de abstinência e melhora a cognição, oferecendo suporte em momentos de ansiedade e estresse que surgem durante a interrupção do uso de nicotina. Estudos sugerem que o café pode ser uma ferramenta auxiliar em programas de cessação, ao promover sensação de bem-estar (24).

Por fim, no âmbito das doenças neurodegenerativas, o café se destaca por seus efeitos protetores. A combinação de cafeína, antioxidantes e outros compostos bioativos reduz a inflamação e o estresse oxidativo, fatores que contribuem para a morte celular e o avanço de doenças como Alzheimer e Parkinson (25). Pesquisas também mostram que o consumo regular de café estimula vias metabólicas que ajudam na manutenção da saúde cerebral, além de promover um ambiente intestinal saudável, importante para a prevenção dessas condições (25). Em suma, o café apresenta um potencial significativo como aliado na promoção da saúde, especialmente na prevenção e controle de doenças mentais e degenerativas. Contudo, é essencial que o consumo seja equilibrado, respeitando as particularidades de cada indivíduo (25).

Diabetes *Mellitus* tipo 2

Diabetes tipo 2 é uma doença metabólica crônica sendo caracterizada como um conjunto de alterações metabólicas caracterizada por níveis elevados e sustentados de glicemia (hiperglicemia). A doença se desenvolve pelo comprometimento progressivo da produção de insulina pelas células pancreáticas tipo beta e pela resistência a ação do hormônio em órgãos como fígado e músculo.

O café possui diversas substâncias em sua composição (tabela 1) que já foram realizados grandes estudos na Holanda, EUA, Finlândia e Suécia, onde descobriram que

o consumo de café está associado a reduções significativas dependentes da dose no risco de desenvolver DM tipo 2.

Tabela 1. Composição química de grão cru de cafeeiro.

Componente	Café Arábica (%)	Café Robusta (%)
Cafeína	0,7 - 1,4	1,2 – 2,4
Trigonelina	1,0 - 1,2	0,6 – 0,7
Minerais	3 - 4,2	3 – 4,2
Lignina	1 – 3	1 – 3
Proteínas	11,0 – 13,0	11,0 – 13,0
Aminoácidos livres	0,2 – 0,8	0,2 – 0,8
Óleos	7,7 – 16,0	7,7 – 16,0
Ceras	0,2 – 0,3	0,2 – 0,3
Ácidos clorogênicos totais	3,5 – 7,3	7,0 – 14,0
Ácidos alifáticos não voláteis	2 – 2,9	1,3 – 2,2
Ácidos voláteis	0,1	0,1
Carboidratos solúveis	9 – 12,5	6,0 – 11,5
Polissacarídeos insolúveis	46 – 53	34 – 44

Fonte. Joet. Influence of environmental factorys, wet processing and their interactions on the biochemical of green Arabica coffe beans (2010).

O ácido clorogênico pode reduzir a absorção intestinal de glicose e inibir os hormônios incretinas do intestino, enquanto que no fígado, o ácido clorogênico pode inibir a atividade da glicose-6-fosfatase (26). Estes mecanismos podem atenuar as concentrações de glicose no sangue e possivelmente reduzir o risco de desenvolver ou atrasar o aparecimento de DM2 (27). O café também contém propriedades antioxidantes que podem proteger as células β do pâncreas de reações oxidativas por radicais livres ou promover a sensibilidade à insulina nos tecidos periféricos, atrasando ou diminuindo o risco de aparecimento de DM2 (28).

Em suma, pode-se concluir que o consumo de café tem um efeito benéfico na diminuição do risco de desenvolver DM2, não sendo claro qual o nutriente ou nutrientes responsáveis por esse efeito (29).

Doença de Parkinson

O Parkinson é uma doença causada pela morte de neurônios produtores de dopamina no cérebro afetando o movimento do corpo. O café possui um efeito protetor contra a doença de Parkinson onde a cafeína atua como antagonista do receptor da adenosina A2a, que recentemente estão sendo utilizados em terapias antiparkinsonianas. Atrelado a isso, a cafeína também é apontada como detentora de outros benefícios neuroprotetores, prevenindo morte celular por apoptose induzida por fator de resposta sérica e toxinas relacionadas à doença de Parkinson (30).

Estas descobertas relacionadas ao efeito do café e da cafeína, a nível do sistema nervoso central, serviram inclusivamente como base para o desenvolvimento e aplicação de alguns ensaios clínicos, que acabaram por demonstrar uma melhoria sintomatológica em doentes com DP moderada, submetidos a um tratamento com antagonistas dos receptores de adenosina A2a (31).

Doenças no fígado

Para o fígado, os estudos científicos têm demonstrado os benefícios desta bebida na prevenção de doenças hepáticas e também no tratamento adjuvante de diversos agravos hepáticos.

No tratamento da hepatite C, o consumo de duas a cinco xícaras de café por dia é recomendado por especialistas, pois foi observado melhor chance de resposta ao tratamento antiviral (32). Estudos robustos mostram o efeito protetor do café em relação a deposição gordurosa hepática, além de redução de fibrose e cirrose (33).

A cafeína se liga aos receptores de uma molécula denominada adenosina. Tal aspecto faz reduzir o mecanismo de fibrogênese hepática gerada por agressões às células do fígado. Tornando-o um agente possivelmente antifibrosante, reduzindo assim a evolução das doenças hepáticas para a cirrose (32).

Recomendação de uso do café

De acordo com a endocrinologista Cíntia Cercato, pesquisas recentes indicam que o consumo de café pode ser vantajoso para a saúde cardíaca e na prevenção de enfermidades neurodegenerativas, como Alzheimer e Parkinson. Ademais, o café possui uma abundância de antioxidantes, flavonoides e outros elementos que favorecem a circulação do sangue e salvaguardam as células corporais (7). A médica explicou que a dopamina e a adrenalina, hormônios naturais estimulantes, são liberados durante o consumo de café, contribuindo para o aumento da motivação e da energia (7, 25).

No entanto, o consumo excessivo de café pode trazer efeitos adversos. O abuso da substância pode levar a problemas como arritmia, irritabilidade, nervosismo e até insônia. Em gestantes, a ingestão acima da dose recomendada pode prejudicar o desenvolvimento cerebral do feto. Um estudo da USP, publicado na revista *Clinical Nutrition*, concluiu que o consumo superior a três xícaras de café por dia (720 ml) pode elevar a pressão arterial, especialmente em pessoas com predisposição à hipertensão (25).

A indicação do uso de seguro muda conforme a idade e o estado de saúde do indivíduo. Para um indivíduo de aproximadamente 70 quilos, a ingestão diária de cafeína deve oscilar entre 300 e 400 miligramas, o que corresponde a aproximadamente 4 xícaras de café passado. A dose sugerida para crianças e adolescentes é de 100 miligramas, o que corresponde a uma xícara de café. No entanto, gestantes e mulheres amamentando devem restringir o consumo a 200 miligramas, o que equivale a aproximadamente duas xícaras. Indivíduos com sensibilidade à cafeína precisam ingerir de 100 a 200 miligramas de cafeína diariamente. Ademais, é crucial destacar que a cafeína presente no café expresso é três vezes superior à do café coado, o que deve ser considerado ao calcular o consumo diário de cafeína (7, 25).

No que diz respeito ao consumo de café por crianças, um endocrinologista recomenda que crianças com menos de dois anos não devem ingerir café. Acima dessa idade, é preferível optar por detalhes menores, como um café misturado ao leite no café da manhã, em vez de recorrer a achocolatados (25).

Assim, o café pode ser uma ferramenta benéfica para a saúde, contudo, sua ingestão deve ser controlada e ajustada às demandas individuais, levando em conta as condições de saúde de cada indivíduo (25).

Considerações e Perspectivas

O café continua sendo objeto de diversas pesquisa devido aos seus potenciais benefícios para a saúde. Estudos recentes apontam novas perspectivas em relação aos compostos bioativos presentes no café, como antioxidantes e polifenóis, que podem contribuir para a proteção contra diversas doenças, incluindo problemas cardíacos, neurodegenerativos e metabólicos (31).

A qualidade do café consumido também desempenha um papel importante nos benefícios observados. Métodos sustentáveis de cultivo, como a agricultura regenerativa, ajudam a preservar os compostos bioativos dos grãos e minimizam os impactos

ambientais. Esses processos, aliados a novas técnicas de torrefação, garantem a preservação de nutrientes essenciais e melhoram a experiência sensorial dos consumidores (19, 25, 34).

A criação de institutos dedicados exclusivamente à pesquisa sobre o impacto do café na saúde, como proposto por cientistas brasileiros, pode impulsionar descobertas ainda mais relevantes. Essas iniciativas buscam desmistificar mitos sobre o consumo da bebida e ampliar o entendimento de seu papel em dietas saudáveis (19).

Concluindo, o café, além de ser uma paixão nacional e uma potência econômica no Brasil, traz sérios benefícios à saúde quando consumido moderadamente. No caso de um café de qualidade e na dose correta, este alimento nutracêutico protege o coração, previne doenças neurodegenerativas e melhora a disposição e o humor, graças principalmente à cafeína e aos antioxidantes presentes. No entanto, o consumo excessivo pode causar insônia, nervosismo e complicações em gestantes. Assim, é crucial ajustar a ingestão de café às necessidades individuais, equilibrando os benefícios com os possíveis riscos, para aproveitar ao máximo essa bebida apreciada globalmente.

Referências bibliográficas

1. Agnoletti BZ. et al. Discriminação de café arábica e conilon utilizando propriedades físico-químicas aliadas à quimiometria. **Revista Virtual de Química**, v. 11, n. 3, p. 785-805, 2019.
2. Conab: Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento Safra Brasileira de Café, v. 3– Safra 2024, n.3- terceiro levantamento, Brasília, p. 1-84, setembro de 2024. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>
3. Abic divulga dados de consumo de café no Brasil: aumento de 1,64% no consumo e crescimento expressivo de 7,47% no consumo per capita em 2023. Disponível: https://estatisticas.abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/indicadores-da-industria-de-cafe 023/#:~:text=Este%20volume%20representa%2039%2C4,considerando%20os%20dados%20da%20Conab. Acesso: 21/11/2024.
4. Rocha AA. Consumo de café no Brasil cresceu até 3,5% em 2018, diz Euromonitor. Associação Brasileira da Indústria de Café. >>>>>> disponível em: http://abic.com.br/consumo-de-cafe-no-brasil-cresceu-ate-35-em-2018-dizeuromonitor/. Acessado em 21/11/2024.
5. Caterina R, Martinez, JA, kohlmeier M. Principles of Nutrigenetics and Nutrigenomics. 1th ed. Academic Press; 2020. Disponível em: https://www.elsevier.com/books/principles-of-nutrigenetics-and-nutrigenomics/decaterina/978-0-12-804572-5.
6. Almeida AA. P. Café e saúde: três décadas de estudos. Revista Brasileira de Armazenamento, edição especial, n. 7, p. 56-63, 2003.
7. Encarnação RO.; LIMA DR. Café & Saúde Humana: Consórcio brasileiro de pesquisa e desenvolvimento do café. 1st rev. ed. impresso no Brasil: Embrapa Café; 2003. 64 p. 1 vol. ISBN: 1678-1694.
8. Cunha RA, Rohden F, Souza DO. Instituto de pesquisa café e saúde: Prevenção de doenças e melhora da qualidade de vida. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 5, p. e1513545666-e1513545666, 2024.
9. Souza JDP, Santos, FJL. Consumo de café: Riscos e benefícios. 2013. 63f. Tese de Mestrado– Universidade de Coimbra, Portugal. Disponível em: https://estudogeral.sib.uc.pt/handle/10316/47914. Acessado em: novembro de 2024.
10. Alves J. Qualidade do café brasileiro. Patos de Minas: Universidade Federal de Uberlândia, 2019. 99p. Trabalho de Conclusão de Curso. Disponível em: < https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/25554>. Acesso em: outubro de 2024.

11. Arruda AC. et al. Justificativas e motivações do consumo e não consumo de café. Rev. Ciênc. Tecnol. Aliment., v.29, n°4, p.754-763, 2009.
12. Aerts, R. et al. Conserving wild Arabica coffee: Emerging threats and opportunities. Agriculture, Ecosystems and Environment, v.237, p.75–79, 2017.
13. Martins JR. Importância econômica e cultural do café. *Revista Brasileira de Economia*, v. 34, n. 2, p. 145-160, 2023.
14. Batista, F. et al. Consumo de café na prevenção do melanoma: uma revisão. **Advances in Nutritional Sciences**, v. 1, n. 1, p. 49-55, 2020.
15. Santana LC. et al. Consumo de Estimulantes Cerebrais por Estudantes em Instituições de Ensino de Montes Claros / MG. Rev. Bras. Ed. Médica. 2020: 44: 32-38.
16. Arauz J, Ramos-Tovar E, Muriel P. Coffee and the Liver. Liver Pathophysiology, [S.l.], p. 675-685, 2017. Elsevier. http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-804274-8.00048-5.
17. Saldanha LA. Efeitos da ingestão de cafeína, café (*Coffea arabica*) e chá mate (Ilex paraguarienses) sobre a atividade lipolítica do tecido adiposo e parâmetros metabólicos em ratos submetidos ao exercício físico [Tese]. Programa de Pós-Graduação em Nutrição em Saúde Pública; 2012.
18. Gatto MA, Medeiros JV.; Neto FPS. Analisando os benefícios do consumo de café para a saúde humana. Inesul, 2020.
19. Cunha RA, Francieli S, Diogo O. Instituto de pesquisa café e saúde: Prevenção de doenças e melhora da qualidade de vida. Research, Society and Development, v. 13, n. 5, p. e1513545666-e1513545666, 2024.
20. Wrześniok D. et al. Caffeine modulates growth and vitality of human melanotic COLO829 and amelanotic C32 melanoma cells: Preliminary findings**.** Food Chem Toxicol. 120 (0):566-70, 2018.
21. Godos, J. et al. Coffee components and cardiovascular risk: beneficial and detrimental effects. International journal of food sciences and nutrition, v. 65, n. 8, p. 925-936, 2014.
22. Silva RV. Et al. Estudo das Principais Técnicas de Analíticas Utilizadas na Determinação de Cafeína. In: Agron Food Academy. V. 2. P. 52-67. 2022.
23. Navarro AM. et al. Coffee consumption and the risk of depression in a middle-aged cohort: the SUN project. Nutrients, v. 10, n. 9, p. 1333, 2018.
24. Safe S. et al. Health benefits of coffee consumption for cancer and other diseases and mechanisms of action. International journal of molecular sciences, v. 24, n. 3, p. 2706, 2023.
25. Schreiner TG, Popescu BO. Impact of Caffeine on Alzheimer's Disease Pathogenesis—Protective or Risk Factor? Life, v. 12, n. 3, p. 330, 2022.
26. Higdon J. FREI B. Coffee and health: a review of recent human research. Crit Rev Food Sci Nutr. 2006;46(2):101-23. doi: 10.1080/10408390500400009. PMID: 16507475.
27. Pereira MA.; parker ED, Folsom AR. Coffee consumption and risk of type 2 diabetes mellitus: an 11-year prospective study of 28 812 postmenopausal women. Arch Intern Med. 2006 Jun 26;166(12):1311-6. doi: 10.1001/archinte.166.12.1311. PMID: 16801515.
28. Jiang R. et al. Body iron stores in relation to risk of type 2 diabetes in apparently healthy women. JAMA. 2004 Feb 11;291(6):711-7. doi: 10.1001/jama.291.6.711. PMID: 14871914.
29. Ferreira DIG.; Paz S. "Consumo de Café e o Risco de Desenvolver Diabetes Mellitus tipo 2" – Artigo de Revisão. Universidade Atlântica, Barcarena – Pará. Novembro, 2014.
30. Nakaso K.; ito S, nakashima K. Caffeine activates the PI3K/Akt pathway and prevents apoptotic cell death in a Parkinson's disease model of SH-SY5Y cells. Neurosci Lett. 2008 Feb 20;432(2):146-50. doi: 10.1016/j.neulet.2007.12.034. Epub 2007 Dec 23. PMID: 18201823.

31. Cornelis, M. C. The impact of caffeine and coffee on human health. Nutrients, v. 11, n. 2, p. 416, 2019.
32.Varella, D. Café e fígado – Artigo. 2014. Disponível em: https://drauziovarella.uol.com.br/drauzio/artigos/cafe-e-figado-artigo/. Acesso em: 21 de novembro de 2024.
33. Costa JPV. O café e a saúde do fígado. Blog Hospital Sírio Libanês, 2021. Disponível em: https://hospitalsiriolibanes.org.br/blog/gastroenterologia/o-cafe-e-a-saude-do-figado. Acesso em: 20 de novembro de 2024.
34. Machado, CM. et al. **Café especial**. Monografia, p. 33, 2023.

Capítulo 15

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-15

BACTÉRIAS MALÉFICAS NA PRODUÇÃO DE PRODUTOS LÁCTEOS

Taynna Cristiny de Sousa Silva *; Wallacy Barbacena Rosa Santos; Wanderson Ribeiro de Assis; Maria Salomé Guimarães de Mello Lucas; Joaquim Gustavo Borges Teodoro; Yasmin Honório Silva; Verônica de Freitas Silva; Laryssa Rodrigues da Silva; Hellen Cristina de Farias Barros; Arthur Cezário Pires

*Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, taynna.silva@estudante.ifgoiano.edu.br; [2]Orientador, Docente do curso de Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, wallacy.barbacena@ifgoiano.edu.br; [3]Graduando em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, wanderson.ribeiro@estudante.ifgoiano.edu.br; [4]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, maria.mello@estudante.ifgoiano.edu.br ; [5]Graduando em Bacharelado em Agronomia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, joaquim.teodoro@estudante.ifgoiano.edu.br; [6]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, yasmin.honorio@estudante.ifgoiano.edu.br; [7]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, veronica.freitas@estudante.ifgoiano.edu.br; [8]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, laryssa.rodrigues@estudante.ifgoiano.edu.br; [9]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, hellen.barros@estudante.ifgoiano.edu.br; [10]Graduando em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, arthur.cezario@estudante.ifgoiano.edu.br;

Resumo: A indústria de laticínios é uma das mais importantes no setor de alimentos, sendo responsável por fornecer nutrientes essenciais. A composição do leite gera um ambiente propício ao crescimento de microrganismos, como as bactérias maléficas. A presença de bactérias prejudiciais impacta tanto a qualidade quanto a segurança alimentar de produtos consumidos, podendo causar doenças graves. Esses microrganismos podem se multiplicar em diferentes etapas do processo de produção e armazenamento, especialmente quando há falhas nas condições de higiene ou no controle de temperatura. Entre os principais problemas estão as bactérias psicrotróficas, capazes de crescer em temperaturas abaixo de 7°C, sendo um dos principais agentes de deterioração dos produtos lácteos. A contaminação pode ocorrer em várias fases, desde a ordenha leite até o processamento e armazenamento final do produto. As bactérias psicrotróficas, especialmente *Pseudomonas spp., Acinetobacter, Bacillus e Listeria monocytogenes*, produzem enzimas extracelulares, que permanecem ativas mesmo após tratamentos térmicos. A degradação precoce dos produtos lácteos leva a uma redução significativa da vida útil de prateleira, resultando em perdas financeiras devido à rejeição ou descarte de lotes contaminados. A implementação de práticas rigorosas de higiene na indústria de laticínios é uma das principais estratégias para controlar essas bactérias. A análise destaca que falhas na higiene, armazenamento e transporte são fatores-chave na proliferação desses microrganismos. Neste caso, práticas rigorosas de higiene, controle de temperatura e monitoramento constante em todas as etapas da cadeia produtiva são essenciais para minimizar o impacto dessas bactérias.

Palavras-chave: bactérias psicrotróficas; contaminação; leite

1. INTRODUÇÃO

Uma das commodities (produtos de origem agropecuária) mais importantes e abundantes no mundo é o leite, ficando entre os cinco produtos mais comercializados, em volume e em valor, o segmento de laticínios está entre os mais importantes da indústria de alimentos brasileira, perdendo apenas para o setor de derivados de carne, chegando a um faturamento de R$ 68 bilhões em 2018 [1].

A indústria de laticínios é uma das mais importantes no setor de alimentos, sendo responsável por fornecer nutrientes essenciais. Contudo, produtos lácteos podem ser suscetíveis à presença de bactérias, tanto benéficas, como as bactérias do ácido lático (BAL), amplamente utilizadas na fermentação, como dos gêneros *Lactococcus, Streptococcus, Lactobacillus, Leuconostoc e Enterococcus*, quanto prejudiciais, como as psicrotróficas (*Pseudomonas*) e psicrotolerantes (*Bacillus)*, que causam deterioração e problemas de segurança alimentar [2].

A composição do leite, caracterizada por seu elevado teor de água e alta disponibilidade de nutrientes essenciais, como proteínas, carboidratos, gorduras, vitaminas e minerais, gera um ambiente propício ao crescimento de microrganismos, como as bactérias maléficas (CIMMINO, 2023). Esse tipo de bactérias pode impactar negativamente na qualidade do leite e seus derivados, alterando seu odor, sabor, textura, e interferindo na sua vida útil de prateleira, causando inchaços na embalagem. Além de impactar drasticamente na qualidade do produto, e na segurança alimentar de seus consumidores [3].

Além disso, esses microrganismos podem causar doenças graves e frequentemente estão associados a surtos de doenças transmitidas por alimentos (DTAs). A segurança microbiológica dos laticínios depende de práticas rigorosas em todas as etapas de produção, desde a higienização do local de ordenha, da coleta do leite pelo transporte, processo de fabricação, e comercialização. Esses itens são requisitos obrigatórios para a qualidade do leite, sendo utilizadas para aumentar a vida de prateleira e garantir a segurança alimentar e a qualidade do produto final [4].

Este trabalho apresenta uma revisão sobre as bactérias maléficas presentes em produtos lácteos, explorando seus mecanismos de contaminação, os impactos na qualidade sensorial e segurança dos alimentos, além de métodos de controle.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 BACTÉRIAS MALÉFICAS EM PRODUTOS LÁCTEOS

A presença de bactérias prejudiciais na produção de laticínios representa um desafio significativo para a indústria, impactando tanto a qualidade quanto a segurança alimentar de produtos amplamente consumidos. Esses microrganismos podem se multiplicar em diferentes etapas do processo de produção e armazenamento, especialmente quando há falhas nas condições de higiene ou no controle de temperatura [5].

Entre os principais problemas estão: as bactérias psicrotróficas (*Pseudomonas* e *Bacillus)*, capazes de crescer em temperaturas abaixo de 7°C, sendo um dos principais agentes de deterioração dos produtos lácteos, mesmo em ambientes refrigerados [6]; as bactérias *Listeria monocytogenes*, que é uma bactéria maléfica amplamente conhecida por causar a listeriose, uma infecção alimentar grave que pode levar a complicações severas. Um dos fatores que tornam essa bactéria preocupante é sua alta resistência a ambientes refrigerados, permitindo que se multiplique mesmo em temperaturas próximas a 0°C [7]; e as bactérias patogênicas (*Salmonella spp., Escherichia coli, e Staphylococcus*

aureus) podem ser introduzidas por meio de práticas inadequadas de higiene ou por água contaminada usada na limpeza de equipamentos [8].

Além das bactérias psicrotróficas e patogênicas já mencionadas, outros microrganismos também podem representar sérios riscos à qualidade e segurança de produtos lácteos. As bactérias do gênero *Clostridium*, como *Clostridium botulinum*, causadoras do botulismo, são notórias pela produção de toxinas que podem ser fatais. Embora sua presença em laticínios seja rara devido ao processamento térmico, seu risco aumenta quando há falhas nos procedimentos de conservação e armazenamento, especialmente em produtos como queijos e leite não pasteurizado. A *Clostridium perfringens*, por sua vez, pode ser encontrada em alimentos mal cozidos e inadequadamente armazenados, produzindo esporos que sobrevivem ao calor e se proliferam sob condições inadequadas de refrigeração [9,10].

2.2 CONTAMINAÇÃO E FATORES DE RISCO

A contaminação pode ocorrer em várias fases, desde a ordenha leite até o processamento e armazenamento final do produto. Fontes comuns incluem: o ambiente de ordenha, onde a falta de higiene nas instalações e equipamentos utilizados na ordenha é uma das principais causas de contaminação; a manipulação e processamento, no qual consiste em falhas no processamento térmico, como a pasteurização inadequada, podem permitir a sobrevivência de bactérias [11].

O armazenamento inadequado, em especial quando a temperatura não é controlada corretamente durante o transporte ou em unidades de armazenamento, pode resultar na proliferação de bactérias psicrotróficas, como *Pseudomonas* e *Bacillus*, que são capazes de crescer em ambientes refrigerados. Além disso, a contaminação cruzada durante o transporte, devido ao manuseio inadequado ou à utilização de embalagens não seguras, também é uma preocupação. Para amenizar esses riscos, é necessário garantir que todas as etapas do transporte e armazenamento estejam em conformidade com as boas práticas de fabricação e segurança alimentar, mantendo os produtos a temperaturas apropriadas para prevenir a multiplicação de microrganismos [12].

A ingestão desses produtos lácteos contaminados pode ocasionar a diversas intoxicações alimentares ao consumidor, tendo os principais sintomas: náuseas, vômitos, diarreia, febre e cólicas abdominais. Esses sintomas podem surgir horas após o consumo ou demorar dias para se manifestar, dependendo do organismo responsável [8].

2.3 IMPACTOS NA QUALIDADE DOS PRODUTOS LACTEOS

As bactérias psicrotróficas, especialmente *Pseudomonas spp.*, *Acinetobacter*, *Bacillus e Listeria monocytogenes*, produzem enzimas extracelulares, como lipases e proteases, que permanecem ativas mesmo após tratamentos térmicos, como a pasteurização e o processamento UHT. Essas enzimas degradam as proteínas e gorduras do leite, resultando em alterações indesejáveis, como sabor amargo, cor diferente (figura 1), textura granulada, odor desagradável, e até mesmo o inchaço das embalagens devido à produção de gases (na figura 2), o que reduz a vida útil de prateleira e a qualidade sensorial dos produtos lácteos [13].

figura 1- Leite contaminado com coloração atípica
(fonte: Jornal Midiamax)

figura 2 - Caixa de leite inchada
(fonte: normalize nutrição)

Essas enzimas causam alterações sensoriais no leite e derivados, como sabor amargo, odor desagradável e textura alterada, o que pode impactar significativamente a produção de queijos (figura 3) e iogurtes. Em condições inadequadas de higiene na

ordenha e no armazenamento, a presença de bactérias psicrotróficas pode atingir até 75% da microbiota total do leite, especialmente em ambientes onde a água utilizada para limpeza dos equipamentos é contaminada [14].

Figura 3 - Contaminação de queijos
(Fonte: Globo Rural)

Além das alterações sensoriais, essas bactérias comprometem a eficiência econômica da cadeia produtiva. A degradação precoce dos produtos lácteos leva a uma redução significativa da vida útil de prateleira, resultando em perdas financeiras devido à rejeição ou descarte de lotes contaminados. Isso afeta diretamente a competitividade das indústrias, que precisam investir em soluções mais avançadas, como processos de higienização rigorosos, controle microbiológico eficiente e monitoramento da cadeia de frio, para minimizar os riscos de contaminação por psicrotróficos [15].

A presença de bactérias psicrotróficas em produtos lácteos também tem impactos significativos na sustentabilidade da produção. A deterioração causada por essas bactérias leva ao descarte de grandes volumes de leite e derivados, gerando desperdício de recursos naturais, como água e energia, utilizados em sua produção. Além disso, os custos adicionais relacionados à higienização de equipamentos, à implementação de tecnologias de monitoramento microbiológico e ao desenvolvimento de embalagens com maior barreira antimicrobiana são um desafio para a competitividade da indústria, especialmente para pequenos produtores [15].

2.4 MÉTODOS E CONTROLES DE BACTÉRIAS MALÉFICAS

A implementação de práticas rigorosas de higiene na indústria de laticínios é uma das principais estratégias para controlar bactérias maléficas. Essas práticas incluem a limpeza e desinfecção frequente de equipamentos, superfícies e ambientes de produção, com uso de agentes antimicrobianos específicos que eliminam microrganismos resistentes. A adoção de sistemas automatizados de monitoramento microbiológico também auxilia na identificação precoce de contaminações, permitindo ações corretivas rápidas e eficazes para evitar a disseminação de patógenos na cadeia de produção [8].

A manutenção da cadeia de frio é outra medida essencial para minimizar a proliferação de bactérias prejudiciais durante o armazenamento e transporte de produtos lácteos. Temperaturas abaixo de 4°C inibem significativamente o crescimento de psicrotróficos, como *Pseudomonas spp.* e *Listeria monocytogenes*. Tecnologias avançadas, como sensores de temperatura em tempo real e embalagens inteligentes, estão sendo amplamente utilizadas para garantir a integridade térmica dos produtos durante a logística, reduzindo o risco de deterioração e prolongando sua vida útil [15].

Controlar a contaminação dessas bactérias é crucial para a qualidade dos lácteos, essas são medidas essenciais para minimizar seu impacto. Dado o impacto significativo dessas bactérias, a indústria de laticínios busca melhorar continuamente os processos de higiene e conservação, com foco em práticas rigorosas de desinfecção e manutenção da cadeia de frio. Isso assegura não apenas a qualidade sensorial dos produtos, mas também a saúde dos consumidores, fortalecendo a confiança no setor de lácteos e evitando perdas econômicas devido à deterioração e descarte de produtos contaminados [16].

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão mostra que a presença de bactérias nocivas na produção de lacticínios coloca desafios significativos à qualidade sensorial e à segurança alimentar. Microrganismos como *Pseudomonas, Bacillus e Listeria monocytogenes* não só têm um impacto negativo no prazo de validade e no sabor dos produtos, como também representam sérios riscos para a saúde pública e estão frequentemente associados a surtos de doenças de origem alimentar.

A análise destaca que falhas na higiene, armazenamento e transporte são fatores-chave na proliferação desses microrganismos. Neste caso, práticas rigorosas de higiene, controle de temperatura e monitoramento constante em todas as etapas da cadeia produtiva são essenciais para minimizar o impacto dessas bactérias.

No entanto, permanecem lacunas na literatura relativamente ao impacto de métodos inovadores de detecção e controle em ambientes industriais e práticas regionais na qualidade microbiana do leite. Portanto, além de destacar a importância da segurança microbiológica, este estudo ajudará a aumentar a conscientização sobre as melhores práticas na produção de laticínios e a aumentar a confiança na indústria e na qualidade dos produtos oferecidos.

4. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Dr. Wallacy Barbacena Rosa Santos, pelo apoio, pelo incentivo antes e durante a realização deste trabalho. Também gostaria de agradecer a minha instituição de ensino, o Instituto Federal Goiano pelas oportunidades, e também aos meus colegas de pesquisa do grupo de estudos NUTRIPAR, cuja troca de ideias foi essencial para enriquecer esta revisão, e a minha vida. E por fim agradecer ao evento da VII Semana de Alimentos por disponibilizar o espaço para a publicação do capítulo de livro.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] SANTOS, B.; NEVES, A. Z.; RIBEIRO, L. F. Importância do bem-estar animal na bovinocultura de leite. GETEC, v. 10, n. 26, p. 126-133, 2021. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/getec/article/view/2376> Acesso em: 05 de dez. de 2024.
[2] TILOCA, B. et al. Microbiota do leite: métodos de caracterização e papel na produção de queijo. Journal of Proteomics, 210:103534, 2020.
[3] CIMMINO, Fabiano *et al*. Role of Milk Micronutrients in Human Health. **Frontiers In Bioscience-Landmark**, [S.L.], v. 28, n. 2, p. 41-57, 28 fev. 2023. IMR Press. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/getec/article/view/2387> Acesso em: 20 de nov. de 2024.
[4] SANDOVAL, V. L.; RIBEIRO, L. F. Qualidade do leite: sua influência no processamento, requisitos obrigatórios e sua importância para o produto final. **GETEC**, v. 10, n. 28, p. 41-49, 2021. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/getec/article/view/2387> Acesso em: 20 de nov. de 2024.
[5] FERRO, C.M.M. Desafios microbiológicos da indústria de laticínios, 2024. Disponível em <https://blog.neoprospecta.com/desafios-microbiologicos-da-industria-de-laticinios/>. Acesso em: 06 de dez. de 2024.
[6] CHRYSSANTHOU, E., et al. (2019). Psychrotrophic Bacteria and Their Role in Milk Spoilage: Detection and Control Strategies. International Journal of Dairy Science.
[7] CAI, L., et al. (2020). *Listeria monocytogenes* in Dairy Products: Growth and Control Strategies. Dairy Science & Technology, 100(1), 1-19. doi: 10.1007/s13594-020-00236-5.
[8] Empresa brasileira de pesquisa agropecuária (EMBRAPA). Microbiologia de alimentos: Riscos de contaminação bacteriana. Brasília: EMBRAPA; 2020.
[9] Gänzle, M. G. (2015). Lactic acid bacteria in dairy products. *Food Research International*.
[10] Boudra, H. (2017). Contaminación bacteriana en productos lácteos. *Revista de Ciencia y Tecnología Alimentaria*.
[11] CHRYSSANTHOU, A. et al. Bacterial contamination of dairy products: A review of issues in food safety. *Journal of Dairy Science*, v. 102, n. 8, p. 6601-6614, 2019. doi: 10.3168/jds.2019-16852.

[12] FERRO, T. et al. Impacto das falhas no processamento e armazenamento de produtos lácteos na segurança alimentar. *Revista de Ciências de Alimentos*, v. 39, n. 4, p. 453-461, 2020.
[13] MUNSCH-ALATOSSAVA, P.; ALATOSSAVA, T. The challenges and potential of psychrotrophic bacteria in dairy products. *International Journal of Dairy Technology*, v. 59, n. 1, p. 55–61, 2006. DOI: 10.1111/j.1471-0307.2006.00248.x
[figura 1] ARQUIVO. Consumidora compra leite estragado mesmo na validade em supermercado de Campo Grande. Disponível em: <https://midiamax.uol.com.br/cotidiano/consumidor/2021/consumidora-compra-leite-estragado-mesmo-na-validade-em-supermercado-de-campo-grande/>. Acesso em: 23 nov. 2024.
[figura 2] Caixa de leite estufada., [s.d.]. Disponível em: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSe9QKobAziK2zVMzxcujyIUdZ3cag5_Vq-TQ&s>. Acesso em: 23 nov. 2024.
[14] FLEURINHO, F.; GIRAFFA, G. Behavior of psychrotrophic microorganisms in milk and dairy products under cold storage. *Dairy Science and Technology*, v. 102, n. 3, p. 450–460, 2021. DOI: 10.3168/jds.2020-19788.
[15] SÁNCHEZ, A. et al. Psychrotrophic bacteria and their negative effects on dairy products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 19, n. 5, p. 2134-2150, 2020. DOI: 10.1111/1541-4337.12630.
[16] SILVA, João. Práticas de higiene na indústria de laticínios. 3. Ed. São Paulo: Editora Qualidade, 2024.

Capítulo 16

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-16

Efeitos da Contagem de Células Somáticas (CCS) na Composição do Leite Bovino

Wanderson Ribeiro de Assis; Wallacy Barbacena Rosa Santos; Taynna Cristiny de Sousa Silva; Maria Salomé Guimarães de Mello Lucas; Yasmin Honório Silva; Verônica de Freitas Silva; Laryssa Rodrigues da Silva; Hellen Cristina de Farias Barros; Arthur Cezario Pires;

**Autor correspondente (Corresponding author) –*
Email: ***[1]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, wanderson.ribeiro@estudante.ifgoiano.edu.br; [2]Orientador, Docente do curso de Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, wallacy.barbacena@ifgoiano.edu.br; [3]Graduando em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, taynna.silva@estudante.ifgoiano.edu.br; [4]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, maria.mello@estudante.ifgoiano.edu.br ; [5]Graduando em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, yasmin.honorio@estudante.ifgoiano.edu.br; [6]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, veronica.freitas@estudante.ifgoiano.edu.br; [7]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, laryssa.rodrigues@estudante.ifgoiano.edu.br; [8]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, hellen.barros@estudante.ifgoiano.edu.br ; [9]Graduanda em Bacharelado em Zootecnia, Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos arthur.cezario@estudante.ifgoiano.edu.br ;***

Afiliação: Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos

Resumo: A Contagem de Células Somáticas (CCS) é uma ferramenta crucial para avaliar a saúde do rebanho e a qualidade do leite. Como indicador de mastite, a CCS prejudica a composição nutricional do leite, afetando teores de lactose, proteína, gordura e sólidos totais. Essas alterações comprometem a qualidade industrial do leite, dificultando processos como pasteurização e fabricação de derivados lácteos, além de impactar o mercado. A CCS também tem implicações econômicas significativas, como perdas na produtividade, penalizações no preço pago ao produtor e aumento nos custos com tratamentos e manejo. Cada aumento de 100 mil células/mL pode reduzir a produção em até 1,5% por vaca, evidenciando a importância de práticas preventivas e monitoramento constante. O controle eficaz da CCS envolve higiene rigorosa na ordenha, manutenção de equipamentos, diagnóstico precoce de mastite e adequação às normas de qualidade, conforme as diretrizes do MAPA. Investimentos em treinamento de equipe, tecnologia e estratégias de manejo devem ser analisados quanto ao custo-benefício, garantindo a sustentabilidade financeira. Promover ações integradas entre todos os agentes da cadeia produtiva é essencial para melhorar a qualidade do leite, aumentar a rentabilidade dos produtores e fortalecer o setor lácteo como um todo.

Palavras-chave: mastite; qualidade do leite; produção leiteira; saúde animal.

INTRODUÇÃO

A produção leiteira no Brasil tem passado por transformações rápidas e profundas nos últimos anos, tornando a qualidade do leite um tema central em diversas pesquisas detalhadas aos diferentes elos da cadeia produtiva. (FAUTH, 2015) Entre as doenças que afetam o rebanho leiteiro, a mastite se destaca como uma das mais importantes, gerando perdas econômicas significativas aos produtores. Esses prejuízos decorrem do descarte de leite, abate precoce de animais, custos com medicamentos e assistência veterinária, além da redução na quantidade e qualidade do leite. Durante a mastite, observa-se queda nos níveis de lactose, gordura, sólidos não gordurosos e caseína no leite, juntamente com o aumento na concentração de células somáticas (JÚNIOR, 2012).

A Contagem de Células Somáticas (CCS) é amplamente utilizada como indicador da mastite subclínica e tem servido como ferramenta para monitorar a saúde da glândula mamária em rebanhos leiteiros. Além de ser útil na detecção da enfermidade, a CCS também é um parâmetro importante para avaliar a qualidade do leite enviado às indústrias. Esse aspecto tem ganhado relevância, visto que muitos laticínios utilizam a qualidade do leite como critério para remuneração (HALASA, 2011).

Causas da Contagem de Células Somáticas (CCS)

Diversos fatores podem influenciar a CCS, como o nível de infecção, idade do animal, estágio da lactação, estresse, manejo, frequência das ordenhas, número de lactações e as condições climáticas. Dentre eles, a infecção na glândula mamária é o principal responsável pelas alterações na contagem celular do leite. (TAKASHIMA 2021**)**

Consequências da CCS

A CCS é um critério essencial para determinar a qualidade do leite cru, estando diretamente relacionada a aspectos como composição (gordura, proteína, sólidos totais), atributos sensoriais (sabor, odor e aparência), número de bactérias e presença de resíduos químicos ou medicamentos. O uso da CCS como parâmetro de qualidade ganhou força devido à percepção de que programas de melhoramento genético podem aumentar a suscetibilidade à mastite (G.N. SOUZA, 2005). A contagem de células somáticas no leite de tanque (CCSLT) é uma ferramenta importante para indicar a presença de mastite e suas correlações, que variam de 0,50 a 0,96, dependendo da média do tanque. Além disso, a CCS do tanque pode interferir na composição do leite, aumentar os riscos de contaminação por antimicrobianos e elevar a probabilidade de presença de bactérias patogênicas (G.N. SOUZA, 2005).

A mastite é responsável por perdas econômicas expressivas no setor leiteiro, incluindo redução na produção, descartes de leite, aumento de custos com tratamentos e menor valorização do produto no mercado (Souza e Brito, 2020). Estima-se que cada unidade adicional de 100 mil células/mL na CCS pode reduzir a produção em até 1,5% por vaca (MARTINS ET AL., 2020). Esses dados quantitativos evidenciam a relevância do monitoramento da CCS como ferramenta para garantir qualidade e sustentabilidade econômica na produção leiteira.

Soluções para o Controle da CCS

De acordo com a Instrução Normativa 76/2018 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Leite Cru Refrigerado estipula limites mais rigorosos para a CCS. Desde 2018, as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste devem apresentar no máximo 500.000 células/mL de leite (MAPA, 2024).

Considerando que o controle de qualidade do leite começa na propriedade rural, este estudo teve como objetivo avaliar os impactos do tipo de ordenha e das condições ambientais na qualidade do leite cru. Para isso, analisaram-se amostras de leite da mesorregião do Sul Goiano, investigando a CCS e sua relação com os métodos de ordenha e os componentes do leite, como gordura, proteína, lactose e sólidos totais. Também se buscou diagnosticar a mastite subclínica por meio da CCS, avaliar a influência de fatores sazonais e climáticos (como Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e Índice de Temperatura Equivalente (ITE)), além de realizar uma análise temporal da CCS (BUSANELLO 2017).

Com a crescente valorização dos componentes do leite e da CCS na formulação do preço pago ao produtor, o estudo visa discutir os resultados com todos os agentes da cadeia produtiva, promovendo melhorias na qualidade do leite e aumentando a remuneração para os produtores (BUSANELLO 2017).

Efeitos na Composição do Leite

O aumento da contagem de células somáticas (CCS) provoca alterações significativas na composição do leite, comprometendo sua qualidade nutricional e funcional. O impacto mais evidente ocorre nos teores de lactose, gordura, proteína e sólidos totais, componentes fundamentais tanto para o consumo direto quanto para a utilização industrial do leite (RIBEIRO ET AL, 2021).

Lactose

A redução no teor de lactose é resultado direto do comprometimento das células secretoras da glândula mamária, que sofrem danos durante os processos inflamatórios associados à mastite subclínica (Souza e Brito, 2020). Isso leva à diminuição da produção de lactose, que é o principal açúcar do leite e essencial para suas características sensoriais, como sabor e textura (Martins e Silva, 2020).

Ácidos Graxos

Além disso, a elevação da CCS reduz a quantidade de ácidos graxos de cadeia curta, como o ácido butírico, que desempenham um papel importante na qualidade sensorial do leite e na produção de derivados como manteiga e queijos (SANTOS ET AL., 2019).

Proteína e Gordura

Os níveis de gordura e proteína do leite também são afetados, especialmente em casos de CCS cronicamente elevada. A proteína do leite, composta principalmente por caseína, é reduzida em função do aumento da atividade enzimática das células somáticas e de bactérias presentes no leite. Essas enzimas, como as proteases, degradam as proteínas, prejudicando a qualidade industrial e nutricional (RIBEIRO ET AL., 2021). A

gordura, por sua vez, pode sofrer alterações em sua composição e estabilidade devido ao aumento da lipase, que causa degradação lipídica, afetando o sabor e a textura de produtos lácteos (LOPES 2018).

Propriedades Físico-Químicas

O aumento da CCS também altera as propriedades físico-químicas do leite, como o pH, que tende a subir devido à redução da lactose e à liberação de compostos inflamatórios no leite (Souza e Brito, 2020). Isso interfere diretamente na estabilidade térmica, prejudicando processos industriais como pasteurização e esterilização, e no rendimento de produtos derivados, como queijos e iogurtes (Martins e Silva, 2020). Em casos mais severos, a alteração do pH pode comprometer a formação adequada de coágulos durante a fabricação de queijos, resultando em produtos de qualidade inferior (SANTOS ET AL., 2019).

Resíduos Celulares e Metabólitos Inflamatórios

Além disso, o leite com alta CCS apresenta maior concentração de resíduos celulares e metabólitos inflamatórios, o que pode afetar sua aparência e sabor (RIBEIRO ET AL., 2021). Esses fatores não apenas comprometem a aceitação pelo consumidor final, mas também aumentam o risco de rejeição pelas indústrias, que frequentemente penalizam os produtores que fornecem leite fora dos padrões de qualidade exigidos (LOPES 2018).

Contagem de Células Somáticas como Indicador de Qualidade

A CCS é amplamente utilizada como um indicador da saúde da glândula mamária, sendo essencial para avaliar a qualidade do leite. Valores inferiores a 200 mil células/mL indicam boa qualidade do leite e saúde animal, enquanto valores superiores a esse limiar sugerem infecções subclínicas, como a mastite (RIBEIRO ET AL., 2021). Essas infecções comprometem a composição química e funcional do leite, impactando sua aceitação para consumo humano e industrial.

A mastite é responsável por perdas econômicas expressivas no setor leiteiro, incluindo redução na produção, descartes de leite, aumento de custos com tratamentos e menor valorização do produto no mercado (Souza e Brito, 2020). Estima-se que cada unidade adicional de 100 mil células/mL na CCS pode reduzir a produção em até 1,5% por vaca (MARTINS ET AL., 2020). Esses dados quantitativos evidenciam a relevância do monitoramento da CCS como ferramenta para garantir qualidade e sustentabilidade econômica na produção leiteira.

Efeitos na Composição do Leite

O aumento da contagem de células somáticas (CCS) provoca alterações significativas na composição do leite, comprometendo sua qualidade nutricional e funcional. O impacto mais evidente ocorre nos teores de lactose, gordura, proteína e sólidos totais, componentes fundamentais tanto para o consumo direto quanto para a utilização industrial do leite (SANTOS ET AL., 2019; RIBEIRO ET AL., 2021).

Lactose

A redução no teor de lactose é resultado direto do comprometimento das células secretoras da glândula mamária, que sofrem danos durante os processos inflamatórios associados à mastite subclínica (Souza e Brito, 2020). Isso leva à diminuição da produção de lactose, que é o principal açúcar do leite e essencial para suas características sensoriais, como sabor e textura (Martins e Silva, 2020).

Ácidos Graxos

Além disso, a elevação da CCS reduz a quantidade de ácidos graxos de cadeia curta, como o ácido butírico, que desempenham um papel importante na qualidade sensorial do leite e na produção de derivados como manteiga e queijos (SANTOS ET AL., 2019).

Proteína e Gordura

Os níveis de gordura e proteína do leite também são afetados, especialmente em casos de CCS cronicamente elevada. A proteína do leite, composta principalmente por caseína, é reduzida em função do aumento da atividade enzimática das células somáticas e de bactérias presentes no leite. Essas enzimas, como as proteases, degradam as proteínas, prejudicando a qualidade industrial e nutricional (RIBEIRO ET AL., 2021). A gordura, por sua vez, pode sofrer alterações em sua composição e estabilidade devido ao aumento da lipase, que causa degradação lipídica, afetando o sabor e a textura de produtos lácteos (LOPES 2018).

Propriedades Físico-Químicas

O aumento da CCS também altera as propriedades físico-químicas do leite, como o pH, que tende a subir devido à redução da lactose e à liberação de compostos inflamatórios no leite (Souza e Brito, 2020). Isso interfere diretamente na estabilidade térmica, prejudicando processos industriais como pasteurização e esterilização, e no rendimento de produtos derivados, como queijos e iogurtes (Martins e Silva, 2020). Em casos mais severos, a alteração do pH pode comprometer a formação adequada de coágulos durante a fabricação de queijos, resultando em produtos de qualidade inferior (SANTOS ET AL., 2019).

Resíduos Celulares e Metabólitos Inflamatórios

Além disso, o leite com alta CCS apresenta maior concentração de resíduos celulares e metabólitos inflamatórios, o que pode afetar sua aparência e sabor (RIBEIRO ET AL., 2021). Esses fatores não apenas comprometem a aceitação pelo consumidor final, mas também aumentam o risco de rejeição pelas indústrias, que frequentemente penalizam os produtores que fornecem leite fora dos padrões de qualidade exigidos (LOPES 2018).

Exemplos Práticos

Estudos mostram que um aumento na CCS está associado a uma redução na produção de leite e alterações em seus componentes. Por exemplo, uma pesquisa realizada com vacas da raça Holandesa mostrou que a produção de leite diminuiu de 36,55 ± 0,85 litros por dia para 32,92 ± 1,21 litros por dia quando a CCS aumentou para mais de 200 mil células/mL (NASCIMENTO 2016).

Além disso, a CCS tem um impacto significativo na concentração de lactose no leite. Em um estudo com vacas Girolando, foi observada uma correlação linear negativa entre a CCS e a concentração de lactose, com valores de r = -0,4985 pela manhã e r = -0,3627 à tarde. Isso significa que, à medida que a CCS aumenta, a concentração de lactose no leite diminui, o que pode comprometer o volume de leite produzido (NASCIMENTO 2016).

Consequências na Qualidade Industrial

Segundo estudos de (MARTINS, 2020), leite com CCS elevado apresenta menor estabilidade térmica, prejudicando processos como pasteurização e fabricação de queijos. A redução no rendimento de queijos e outros produtos é uma das maiores preocupações da indústria.

Impactos Econômicos

A diminuição da qualidade do leite, associada ao aumento da Contagem de Células Somáticas (CCS), acarreta diversos impactos econômicos para os produtores e para a cadeia leiteira como um todo. O aumento da CCS é um dos principais desafios para a sustentabilidade da atividade leiteira. Os produtores podem sofrer penalizações financeiras diretas, como a redução no valor pago pelo leite com CCS elevada. Essas penalizações refletem não apenas o prejuízo imediato, mas também as dificuldades em manter a competitividade no mercado. Além disso, a elevação da CCS pode levar a uma menor eficiência na produção de derivados lácteos, como queijos e iogurtes, devido à menor qualidade do leite, afetando assim a rentabilidade dos produtores. Outros custos incluem despesas adicionais com tratamento veterinário, testes laboratoriais frequentes e necessidade de melhorar as práticas de manejo para controlar a mastite, que é uma das principais causas do aumento da CCS. A longo prazo, esses fatores contribuem para a redução da sustentabilidade e da viabilidade econômica das fazendas leiteiras, dificultando a permanência e o crescimento dos produtores no setor (LOPES 2018).

Estratégias para Redução da CCS

A prevenção da mastite é fundamental para reduzir os níveis de Contagem de Células Somáticas (CCS) no leite, garantindo a qualidade do produto e a sustentabilidade econômica da produção. A adoção de manejos adequados, como práticas rigorosas de higiene na ordenha e cuidados contínuos com a saúde animal, desempenha um papel crucial nesse processo, ferramentas de monitoramento, como a análise da CCS no tanque de armazenamento, são essenciais para avaliar a qualidade do leite e identificar rapidamente possíveis problemas no rebanho (RIBEIRO 2021).

Fonte: Nathan Fontoura, Grupo Rehagro

Descrição da Imagem

A imagem ilustra etapas importantes para garantir a qualidade da ordenha e prevenir infecções como a mastite:

1. **Teste da Caneca:** Identifica alterações no leite, como grumos ou irregularidades, que indicam mastite clínica. Essa etapa permite o descarte imediato do leite comprometido.
2. **Pré-Dipping:** Consiste na aplicação de solução desinfetante nos tetos antes da ordenha, reduzindo a carga microbiana na superfície e prevenindo contaminações.
3. **Secagem dos Tetos:** Após o pré-dipping, os tetos são secos com papel-toalha descartável para remover resíduos e garantir a eficácia do procedimento.
4. **Colocação das Teteiras:** As teteiras são conectadas aos tetos de forma rápida e precisa, evitando contaminação cruzada e garantindo o conforto da vaca.
5. **Pós-Dipping:** Após a ordenha, uma solução desinfetante é novamente aplicada nos tetos para protegê-los de possíveis infecções enquanto os canais ainda estão abertos.

Análise Crítica das Estratégias de Controle

Embora as estratégias de controle mencionadas sejam eficazes, é importante considerar os custos associados à implementação dessas práticas. A vacinação, por exemplo, pode ser cara e requer um planejamento cuidadoso. Estudos indicam que os custos de vacinação podem variar entre $2 e $5 por animal, dependendo do tipo de vacina e da frequência de administração **(Thurmond & Branson, 2017)**. Além disso, a eficácia das vacinas pode variar dependendo da cepa do patógeno presente no rebanho **(Schukken et al., 2012)**. É essencial que os produtores avaliem a relação custo-benefício de cada estratégia.

Outra consideração crítica é a necessidade de treinamento contínuo dos funcionários. Práticas de manejo e higiene adequadas são fundamentais para reduzir a CCS, mas requerem treinamento frequente e supervisão. O custo do treinamento pode ser substancial, especialmente em propriedades maiores. (COELHO 2014) enfatizam a importância de programas de capacitação para garantir que as práticas sejam seguidas corretamente.

A implementação de tecnologias de monitoramento também pode representar um investimento significativo. Sistemas automatizados para medir a CCS podem ajudar a detectar problemas precocemente, mas os custos iniciais de instalação e manutenção podem ser elevados. (De Vliegher et al., 2012) discutem que, embora esses sistemas possam reduzir os custos a longo prazo, o retorno sobre o investimento pode demorar.

Portanto, é crucial adaptar as estratégias às necessidades específicas do rebanho e considerar as circunstâncias econômicas de cada propriedade. A combinação de diferentes abordagens, como a vacinação, melhorias na higiene, monitoramento constante e capacitação de funcionários, pode proporcionar um controle mais eficaz da CCS, embora seja necessário um planejamento financeiro detalhado para assegurar a viabilidade dessas práticas.

Conclusão

Os impactos da CCS na composição do leite bovino vão além da saúde do animal, afetando significativamente a qualidade do produto, seu valor econômico e a sustentabilidade da cadeia produtiva. O aumento da CCS está diretamente relacionado a perdas na composição nutricional, como redução nos teores de lactose, proteína e gordura, além de comprometer propriedades físico-químicas essenciais para os processos industriais, como pH e estabilidade térmica. Essas alterações impactam negativamente o rendimento de derivados lácteos, como queijos e iogurtes, e reduzem a aceitação do leite pelas indústrias e pelos consumidores finais.

As consequências econômicas da CCS elevada não se limitam às penalizações financeiras impostas aos produtores, mas também incluem o aumento dos custos com medicamentos e assistência veterinária, além de perdas associadas ao descarte de leite e ao abate precoce de animais. Esses fatores tornam o controle da CCS um desafio central para a viabilidade financeira das propriedades leiteiras, especialmente em um mercado cada vez mais competitivo e regulamentado.

A redução da CCS por meio de boas práticas de manejo, como higiene rigorosa durante a ordenha, manutenção adequada dos equipamentos e tratamento eficiente da mastite, é essencial para garantir não apenas a saúde animal, mas também a qualidade do leite. O monitoramento contínuo da CCS, aliado ao uso de tecnologias avançadas e ao cumprimento das normativas de qualidade, permite aos produtores atender às exigências do mercado, agregar valor ao produto e otimizar sua rentabilidade.

Portanto, o controle da CCS é um pilar estratégico para a sustentabilidade e a competitividade da produção leiteira. Promover ações integradas entre produtores, técnicos e indústrias é fundamental para elevar os padrões de qualidade do leite, garantir a satisfação do consumidor e fortalecer o setor lácteo como um todo.

Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa n° 62, de 29 de dezembro de 2011. Regulamento Técnico de Produção, Identidade e Qualidade do Leite Cru Refrigerado, Leite Pasteurizado e a Coleta de Leite Cru Refrigerado e seu Transporte a Granel. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 dez. 2011. Disponível em: https://www.gov.br. Acesso em: 13 nov. 2024.

Busanello, Marcos. (2017). Indicadores epidemiológicos de mastite subclínica, previsão da contagem de células somáticas do tanque e seu impacto relacionado ao pagamento por qualidade do leite em rebanhos leiteiros brasileiros.

Coelho KO, Mesquita AJ, Machado PF, Lage ME, Meyer PM, Reis AP. Efeito da contagem de células somáticas sobre o rendimento e a composição físico-química do queijo muçarela. Arq Bras Med VetZootec [Internet]. 2014Aug;66(4):1260–8. Available from: https://doi.org/10.1590/1678-7616

FAUTH, E.M.; FEIX, R.D. Aglomeração produtiva de laticínios nos Coredes Fronteira Noroeste e Celeiro. Porto Alegre: FEE, 2015. Relatório do Projeto Estudo de Aglomerações Industriais e Agroindústrias no RS. Disponível em: http://www.fee.rs.gov.br/wp-content/uploads/2016/06/201606068-laticinios-fronteira-noroeste-e-celeiro-relatorio1.pdf. Acesso em: 14 nov. 2024.

HALASA, T., HUIJPS, K., ØSTERÅS, O., & HOGEVEEN, H. (2007). Efeitos econômicos da mastite bovina e do manejo da mastite: uma revisão. Veterinária Trimestral, 29(1), 18–31. https://doi.org/10.1080/01652176.2007.9695224

JÚNIOR, Fernando & Lopes, Marcos & Ruas, José. (2015). EFEITO DO PAGAMENTO POR QUALIDADE DO LEITE NA RENTABILIDADE DA ATIVIDADE LEITEIRA. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes. 70. 10.14295/2238-6416.v70i1.375.

Lopes, M. A., Demeu, F. A., Rocha, C. M. B. M. da., Costa, G. M. da., Franco Neto, A., & Santos, G. dos. (2012). Avaliação do impacto econômico da mastite em rebanhos bovinos leiteiros. *Arquivos Do Instituto Biológico*, *79*(4), 477–483.

MARTINS, L.B.; SILVA, M.F. Alterações físico-químicas no leite com alta contagem de células somáticas. Revista Brasileira de Tecnologia em Laticínios, 2020.

NASCIMENTO, K.B.; SACRAMENTO, J.P.; MARTINS, R.M.; FERREIRA, A.L.; LIMA, J.A.M.; MACHADO, F.S.; PEREIRA, L.G.R.; TOMICH, T.R. Efeito da contagem de células somáticas sobre a composição do leite de vacas Girando. Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP, v. 14, n. 3, pág. 72-72, 21 dez. 2016.

RIBEIRO, A.C.; SOUZA, G.N.; BRITO, G.M. CCS: Ferramenta para avaliação da qualidade do leite cru. Revista de Ciência de Laticínios no Brasil, 2021.

SANTOS, R.C.; OLIVEIRA, J.P.; FIGUEIREDO, H.R. Influência da CCS na composição do leite e rendimento de queijos. Pesquisa em Agropecuária Brasileira, 2019.

SOUZA, G.N.; BRITO, J.R.; MOREIRA, E.C.; BRITO, M.A.V.; BASTOS, R.R.Fatores de risco associados à alta concentração de células somáticas do leite do tanque em rebanhos leiteiros da Zona da Mata de Minas Gerais. Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 57, supl. 2, pág. 251-260, 2005.

Schukken, Y.H., Gunther, J., Fitzpatrick, J., Fontaine, M.C., Goetze, L., Holst, O., & Leigh, J. (2012). Vaccine efficacy in preventing bovine mastitis. Journal of Dairy Science, 95(11), 5935-5943. doi:10.3168/jds.2012-5369

Takashima, M., Lalonde, C., Olszanski, L.A., & Zhao, F.Q. (2021). Mediadores inflamatórios localizados e sistêmicos em um modelo murino de mastite aguda. Journal of Research in Inflammation, 14, 4053–4067. https://doi.org/10.2147/JIR.S313799

Thurmond, M.C., & Branson, E. (2017). Cost analysis of vaccination programs for dairy herds. Journal of Dairy Science, 100(9), 7890-7898. doi:10.3168/jds.2016-12023.

.

Capítulo 17

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-17

DESAFIO DA UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS ALIMENTARES EM PRODUTOS DE SUPLEMENTAÇÃO ESPORTIVA: UMA REVISÃO

Ruan Inácio Naves*; Suzane Martins Ferreira

**Ruan Inácio Naves (Corresponding author) – Email: ruaninacionaves@gmail.com*

Resumo: Nos últimos anos muito tem se falado sobre aditivos alimentares, amplamente usados para melhorar aparência, sabor, textura e vida útil de alimentos processados e ultraprocessados, ganha destaque devido à preocupação com seus riscos à saúde. Esses aditivos, naturais ou sintéticos, são regulamentados por órgãos como a Anvisa, que estabelece limites seguros de uso. Com a urbanização e mudanças nos hábitos alimentares, cresceu o consumo de alimentos industrializados e suplementos esportivos, que frequentemente contêm conservantes, adoçantes, corantes e emulsificantes. Embora úteis para estabilidade, sabor e aparência, seu uso excessivo pode causar alergias, alterações metabólicas e até riscos de câncer, especialmente quando há ingestão combinada de diferentes aditivos. Pesquisas indicam que bebidas adoçadas apresentam alta concentração de aditivos, sendo comuns edulcorantes artificiais e corantes sintéticos. Em contrapartida, cresce a demanda por alternativas naturais, como estévia e antocianinas, devido à percepção de segurança e benefícios à saúde, embora desafios tecnológicos e econômicos dificultem sua aplicação. O objetivo desse estudo foi realizar uma revisão sobre o uso de corantes e edulcorantes na produção de suplementação esportiva. No contexto esportivo, suplementos como bebidas isotônicas e barras energéticas utilizam aditivos para otimizar desempenho e recuperação muscular. Estudos apontam a necessidade de avaliar os efeitos combinados e a segurança de aditivos no consumo habitual. Conclui-se que a substituição de aditivos artificiais por naturais é uma tendência, mas requer mais pesquisas para garantir segurança e viabilidade tecnológica.

Palavras–chave: Desenvolvimento de novos produtos; corantes; edulcorantes; esporte

Abstract: In recent years, there has been much talk about food additives, widely used to improve the appearance, flavor, texture, and shelf life of processed and ultra-processed foods, which have gained prominence due to concerns about their health risks. These additives, whether natural or synthetic, are regulated by agencies such as Anvisa, which establish safe limits for their use. With urbanization and changes in eating habits, the consumption of processed foods and sports supplements has increased, which often contain preservatives, sweeteners, colorings, and emulsifiers. Although useful for stability, flavor, and appearance, their excessive use can cause allergies, metabolic changes, and even cancer risks, especially when different additives are ingested in combination. Research indicates that sweetened beverages have a high concentration of additives, with artificial sweeteners and synthetic colorings being common. On the other hand, the demand for natural alternatives, such as stevia and anthocyanins, is growing due to the perception of their safety and health benefits, although technological and economic challenges hinder their application. The objective of this study was to conduct a review on the use of corants and sweeteners in the production of sports supplements. In the context of sports, supplements such as isotonic drinks and energy bars use additives

to optimize performance and muscle recovery. Studies indicate the need to evaluate the combined effects and safety of additives in regular consumption. It is concluded that the replacement of artificial additives with natural ones is a trend, but requires further research to ensure safety and technological feasibility.

Keywords: New product development; corants; sweeteners; sports

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o debate sobre os aditivos alimentares tem ganhado cada vez mais atenção. Esses ingredientes, que muitas vezes aparecem nas embalagens dos alimentos com nomes sofisticados ou números enigmáticos, têm um papel fundamental na indústria alimentar moderna (1).

"Aditivo alimentar é qualquer ingrediente adicionado intencionalmente aos alimentos, sem propósito de nutrir, com o objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, durante a fabricação, processamento, preparação, tratamento, embalagem, acondicionamento, armazenagem, transporte ou manipulação de um alimento" (2). Usados para melhorar a aparência, o sabor, a textura e a vida útil dos produtos, os aditivos alimentares são onipresentes em nossa alimentação diária. Mas, por trás de sua utilidade, também há questionamento sobre o que o consumo exagerado desses aditivos pode causar, lembrando que os mesmos podem ser obtidos de maneira natural ou sintética (3, 4).

Embora sob o ponto de vista tecnológico haja inúmeros benefícios alcançados com a utilização de aditivos alimentares, existe uma preocupação constante quanto aos riscos toxicológicos potenciais decorrentes da ingestão diária dessas substâncias químicas, a Anvisa estabelece quais são os aditivos alimentares permitidos para as diferentes categorias de alimentos e em que funções e limites máximos e mínimos de uso (2).

Com a mudança nos hábitos alimentares da população nas últimas décadas, em grande parte por conta da urbanização e do ritmo acelerado do dia a dia, o consumidor tende a consumir alimentos prontos ou semiprontos os quais quase não demandam tempo longo de preparo tornando-se mais práticos. Com isso, houve um aumento na incidência do número de doenças crônicas não transmissíveis como: hipertensão arterial sistêmica, obesidade, diabetes, alergias, devido a maior utilização de alimentos industrializados (processados e ultraprocessados), substituindo os alimentos *in natura*. Em razão dessas mudanças, a indústria busca cada vez mais aprimorar seus produtos para satisfazer o consumidor e, assim, continuar tendo lucros (1).

A suplementação esportiva tem ganhado popularidade, especialmente entre atletas e praticantes de atividades físicas que buscam otimizar desempenho, recuperação e composição corporal. Os suplementos alimentares incluem proteínas, aminoácidos, vitaminas, minerais e compostos ergogênicos, sendo enriquecidos com aditivos alimentares para melhorar características como sabor, estabilidade e absorção (4,5,6).

Em contrapartida, com as recentes mudanças nos conceitos de saúde pública a busca por uma vida de alto padrão, esportes competitivos profissionais passaram a ser esportes públicos, muitas vezes vistos como *hobby*. No entanto, o exercício pode ser uma atividade fisicamente desgastante na qual o corpo experimenta fadiga podendo facilmente entrar em um estado de perda de nutrientes, o que pode causar danos ao corpo a longo prazo e momentâneo como dor de cabeça por desidratação (1,7). Como consequência dessa pratica a procura por alimentos para suplementação esportiva com uma concentração menor de aditivos, "rótulo limpo" tem aumentado (2).

1.1 Tipos de aditivos alimentares e principais funções

Os aditivos alimentares devem ser adicionados em quantidades e concentrações regulamentadas e devem estar dentro das doses diárias aceitáveis. Ao considerar desenvolvimentos futuros, é necessário considerar as exigências impostas à indústria por quaisquer alterações aos regulamentos no que diz respeito a questões de segurança, avaliando rótulos de alguns alimentos voltados para praticantes de esporte os aditivos alimentares mais comuns a serem encontrados são: edulcorantes, aromatizantes, corantes, estabilizantes/emulsificantes, antioxidantes, conservantes (8,1).

Muitos aditivos, como conservantes, ajudam a prolongar a vida útil dos alimentos, evitando a deterioração causada por microrganismos, o que é essencial para reduzir desperdícios e manter a segurança alimentar como melhoria sensorial. Os corantes, flavorizantes e emulsificantes aprimoram a aparência, o sabor e a textura dos alimentos, tornando-os mais atrativos aos consumidores; fortificação: Certos aditivos enriquecem os alimentos com vitaminas e minerais, contribuindo para combater deficiências nutricionais, especialmente em populações vulneráveis. E importante ressaltar que os aditivos não têm função e nem objetivo nutricional (5, 8, 9).

Conservantes como benzoato de sódio, garantem maior vida útil ao produto, prevenindo deterioração microbiana. Conservantes são substâncias usadas nos alimentos objetivando preservar suas características, eliminando a carga microbiológica ou inibindo seu crescimento. Devem ser utilizados sempre nos limites preconizados na legislação e no método de fabricação de produtos, podendo ser adicionados após um método físico de conservação (1,11). A conservação geralmente envolve a prevenção do crescimento de bactérias, fungos (como leveduras) e outros microrganismos, embora alguns métodos funcionem introduzindo bactérias benignas ou fungos nos alimentos. Conservantes ou agentes antimicrobianos desempenham um papel importante no fornecimento atual de alimentos seguros e estáveis. A crescente demanda por *fast foods* de conveniência e a vida útil razoavelmente longa de alimentos processados tornam imperativo o uso de conservantes químicos de alimentos (14).

Os edulcorantes são utilizados para melhorar o sabor sem adicionar calorias significativas, como sucralose e estévia. Eles são comuns em suplementos proteicos e energéticos. Os adoçantes artificiais, também conhecidos como substitutos do açúcar ou adoçantes sem açúcar, são substâncias sintéticas usadas para substituir o açúcar durante o processo de adoçamento de vários produtos. Esses aditivos são identificados como adoçantes intensivos porque apresentam um poder adoçante maior do que o açúcar convencional.

Os espessantes e estabilizantes, como goma guar e goma xantana, são usados para dar consistência e evitar a separação de componentes líquidos e sólidos. Os corantes tornam os produtos mais atraentes visualmente, embora possam levantar preocupações sobre segurança em altos níveis de consumo contínuo e os aromatizantes são adicionados para melhorar a experiência sensorial, especialmente em suplementos proteicos (1, 11, 12).

Na Tecnologia de Alimentos, corantes alimentares, de vários tipos, são substâncias químicas que são adicionadas às matrizes alimentares, para melhorar ou sustentar as características sensoriais do produto alimentar, que podem ser afetadas ou perdidas durante o processamento ou armazenamento, e para manter a aparência de cor desejada (14).

Por fim, a escolha de suplementos deve ser personalizada, considerando objetivos, necessidades nutricionais e possíveis sensibilidades individuais. Consultar profissionais de saúde e priorizar produtos com formulações transparentes e seguras é essencial para um uso eficiente e responsável (1, 11, 12).

Apenas os aditivos e coadjuvantes tecnológicos autorizados pela IN nº 28/2018 e atualizações posteriores podem ser usados em suplementos. Essas substâncias devem ser seguras e comprovadamente eficazes para suas funções tecnológicas, como estabilizantes, conservantes ou corantes (8). Há limites mínimos e máximos para substâncias bioativas, nutrientes e aditivos dependendo do grupo populacional-alvo (como adultos, atletas ou crianças). Esses limites visam garantir segurança e eficácia sem oferecer riscos à saúde, pois os aditivos alimentares sintéticos reagem com o componente celular do corpo, levando a vários distúrbios alimentares (efeitos). Para minimizar o risco de desenvolver problemas de saúde devido a aditivos e conservantes alimentares (1,2,15).

Os resultados confirmaram uma alta prevalência dos aditivos alimentares em alimentos e bebidas comercializados no Brasil, bem como a existência de alguns padrões de aditivos alimentares. Os padrões foram considerados comuns a certos grupos de alimentos e podem ser prejudiciais à saúde do consumidor, dada a evidência de efeitos deletérios à saúde dos aditivos alimentares. Esses efeitos na saúde podem ser ainda mais exacerbados pela ingestão cumulativa e combinada de vários aditivos (1,5).

Rovai *et al.* (2) em pesquisa com consumidores de bebidas proteicas, e sobre rótulo limpo, observou que consumidores concordam que essas bebidas são consumidas para aumentar sua ingestão de proteínas e que os adoçantes são ingredientes aceitáveis para tornar as bebidas mais palatáveis, e os consumidores preferem adoçantes naturais e calorias mínimas. Pesquisas futuras devem ter como objetivo abordar o efeito da substituição e remoção de ingredientes na estabilidade da bebida e na aceitação do consumidor.

1.2 Suplementação esportiva e principais produtos

Alimentos esportivos normalmente são conhecidos como suplementos alimentares, dentre eles estão, creatina, *whey protein*, isotônicos, géis para corrida, pré-treino. Entre outros, sua composição nutricional essencialmente é diferente dos alimentos comuns. Geralmente divididos em nutrientes básicos e fatores funcionais. Nutrientes básicos são os nutrientes ou seus metabólitos requeridos pelo corpo humano, carboidratos, proteínas e lipídios. Fatores funcionais são os componentes ativos ou funcionais de animais e plantas, como glucosamina, curcumina e licopeno. Os alimentos esportivos podem ser divididos e subdivididos de acordo com a legislação de cada país (8, 14).

Eles são projetados com a finalidade de melhorar a ingestão nutricional, desempenho, desenvolvimento muscular, recuperação muscular, saúde e bem-estar, de indivíduos que praticam alguma atividade física 3 ou mais vezes na semana, com um tempo médio estimado de 30 minutos ou mais, podendo ser de intensidade moderada ou alta. Sendo necessária uma dieta balanceada condizente com o objetivo de cada indivíduo. Com isso o uso desses alimentos pode ajudar esses indivíduos a aumentar sua capacidade energética e adaptação ao treinamento físico (15).

As bebidas esportivas são normalmente consumidas durante o exercício para repor água e energia, melhorando o desempenho esportivo ao retardar a fadiga (7). As bebidas esportivas geralmente contêm água, carboidratos, sais inorgânicos, vitaminas e outras substâncias antifadiga, como L-carnitina, cafeína, eliminadores de radicais livres, ácido glutâmico e ácido aspártico. Essas substâncias antifadiga podem aumentar o valor do pH nos músculos e a capacidade de tamponar metabólitos ácidos, o que contribui para o aumento da capacidade de respiração anaeróbica durante o exercício físico. Além disso, essas substâncias também podem prevenir a fadiga e promover a recuperação física (5,7,8).

Os géis esportivos são um suplemento de exercício comercial semi-sólido à base de carboidratos que é comercializado como uma fonte conveniente de energia exógena. O fornecimento de carboidratos exógenos na forma de géis energéticos é uma prática regular para atletas de resistência e esportes coletivos e pode ser usado para reposição adicional durante corridas e longas sessões de treinamento, principalmente se a água for usada para metas de reposição. Os géis esportivos no mercado promovem especificamente a recuperação do exercício físico. Eles têm uma textura em gel, contêm nutrientes e ingredientes ativos relacionados à recuperação e são convenientes, simples e saborosos (8).

As barras são os alimentos sólidos esportivos mais comuns. Do ponto de vista nutricional, as barras sólidas podem ser divididas em barras de fibra, barras energéticas, barras diet (barras com baixo teor de gordura) e barras de proteína (14).

A celulose e a glicose nas barras de fibra são muito altas, com um valor energético unitário próximo a 100 kcal. As barras energéticas geralmente contêm oligossacarídeos ou oligossacarídeos como matérias-primas e uma certa quantidade de proteína de alta qualidade (8).

O crescimento e a demanda por bebidas proteicas levaram a um espaço diversificado de produtos que inclui uma variedade de formas e tipos de ingredientes. As bebidas proteicas consistem em pós prontos para misturar e bebidas prontas para beber e, podem ser feitas com proteína láctea, proteína vegetal ou uma mistura de proteínas (3). Com essa mudança para compras preocupadas com a saúde, os consumidores enfrentam compensações ao fazer compras no corredor do supermercado. Considerando as bebidas proteicas prontas para beber, os consumidores querem uma bebida proteica que tenha baixas calorias, forneça proteína e energia para se envolver em atividades e proporcione saciedade (15).

1.2.1 Principais edulcorantes utilizados na suplementação esportiva

Em geral, os edulcorantes artificiais têm um teor calórico muito baixo e doçura intensa, tornando-os atraentes tanto para os consumidores quanto para os fabricantes de alimentos. No entanto, esses adoçantes não calóricos têm valor nutricional mínimo (10).Atualmente, são utilizados em uma ampla gama de alimentos processados, como doces, conservas, laticínios e bebidas. Seis desses adoçantes de alta intensidade foram aprovados como aditivos alimentares pela Food and Drug Administration (FDA), incluindo aspartame, neotame, sacarina, acessulfame-k, sucralose Pesquisas mostram que as bebidas proteicas adoçadas naturalmente com baixo teor de carboidratos para os consumidores (16,17), sendo que o sabor doce também é um atributo desejável para muitos consumidores, e a remoção direta do açúcar pode afetar negativamente o gosto do consumidor (18, 19). Além desse limite, adoçantes alternativos não nutritivos podem ser usados para substituir o açúcar e manter o sabor doce. As misturas de bebidas proteicas com baixo teor de açúcar reduziram os sabores amargos e metálicos em comparação com as bebidas adoçadas com estévia (sem açúcar) e das 5 misturas com baixo teor de açúcar, a mistura 4 (25% de estévia/25% de fruta do monge/50% de frutose) correspondeu mais de perto às propriedades sensoriais temporais das bebidas de controle de sacarose e ofereceu uma redução de >50% de açúcar (20).

As indústrias de alimentos têm se inclinado para adoçantes naturais e sintéticos alternativos em formulações de alimentos para atender às demandas do mercado. Mesmo assim, vários adoçantes sintéticos (por exemplo, aspartame, sacarina, sucralose) estão se tornando menos populares devido a preocupações relacionadas à saúde, valores nutricionais mais baixos e controvérsias em torno de sua segurança. Por outro lado, os

adoçantes naturais conferem percepções favoráveis aos clientes devido à sua associação a um estilo de vida mais saudável e valores nutricionais mais elevados (21).

As percepções dos consumidores estão muitas vezes em desacordo umas com as outras, uma vez que muitos adoçantes naturais e reconhecíveis (néctar de agave, açúcar de cana, néctar de coco, etc.) contêm altas calorias, enquanto os adoçantes naturais sem calorias (estévia, fruta do monge) demonstraram provocar sabor metálico e/ou sabor amargo em matrizes lácteas (20).

Os alimentos processados desempenham um papel substancial na ingestão excessiva de açúcar. Steele *et al.* (29) relataram que aproximadamente 90% da ingestão média total de açúcar vem de alimentos ultraprocessados (por exemplo, sucos de frutas), xaropes concentrados, refrigerantes e bebidas esportivas e a crescente demanda tem levado pesquisadores a explorar novos adoçantes naturais e sintéticos como alternativas à sacarose (30)..Quando extraídos com os compostos benéficos de suas fontes, os adoçantes naturais (glicose, frutose e sacarose) são classificados como escolhas nutricionais. Novas possibilidades foram propostas e estudadas para atender à demanda, incluindo mel, xilitol, eritritol, maltose, maltodextrina, estévia, melaço, xarope de bordo, açúcar de coco, néctar de agave e açúcar de tâmara (31).

Alternativamente, o xarope de bordo (*mapple shirmp*) é vendido diretamente como uma mistura preparada com gengibre e sal marinho. Este produto é marcado como uma fonte natural de carboidratos com vitaminas, minerais e aminoácidos adicionais, voltado para consumidores que praticam esportes (32).

Em pesquisa com alimentos com 1 ou até 6 aditivos em sua composição no mercado brasileiro, constatou que bebidas (bebidas com sabor de frutas, refrigerantes e outras bebidas), laticínios adoçados e açúcar e adoçantes não calóricos foram os grupos de alimentos com a maior quantidade de aditivos alimentares em relação a outros componentes na lista de ingredientes. Além disso, um quarto dos alimentos avaliados continha seis ou mais aditivos, novamente predominantemente bebidas ultraprocessadas (bebidas com sabor de frutas, refrigerantes e outras bebidas (5).

1.2.2 Principais corantes utilizados na suplementação esportiva

O aspecto visual desempenha um papel importante na seleção de produtos alimentícios pelos consumidores modernos, a cor é um constituinte chave de alimentos e bebidas. Nos últimos anos, muitos corantes alimentícios sintéticos têm sido mais utilizados como aditivos para substituir corantes naturais, para alcançar certas propriedades, como melhor aparência, alta intensidade de cor, mais estabilidade de cor e uniformidade de cor (1,13).

Corante alimentar ou aditivo de cor é qualquer corante ou substância que produz cor quando é adicionado a alimentos, bebidas ou bebidas. O corante alimentar é usado tanto na produção comercial de alimentos quanto na culinária doméstica (13).

Dentre os corantes artificiais mais utilizados em bebidas e alimentos esportivos no Brasil estão: tartrazina (E102), amaranto (E123), vermelho ponceau 4R (E124), indigo carmim (E132), azul brilhante (E133) (6, 25), vermelho allure (E129), amarelo crepúsculo (E110), caramelo IV (INS 150d) e caramelo III (INS 150c). E os corantes naturais estão: carotenoides (22), antocianinas (24, 25).

Os corantes naturais geralmente custam muito mais dinheiro, são mais instáveis do que os sintéticos e precisam de muitas matérias-primas para a fabricação (26). Os corantes alimentares permitidos que são comumente utilizados na indústria alimentícia incluem urucum, alumínio, antocianina, metal, beterraba, cantaxantina, caroteno, açafrão, caramelo, carvão, óxido de ferro, clorofila, açafrão, páprica, cochonilha, riboflavina (27), betalaína e licopeno com potenciais

anticancerígenos (6). O pigmento natural promove melhores benefícios para a saúde do que os corantes sintéticos, portanto, recebe um foco especial no uso de corantes naturais em diferentes setores.

A antocianina é amplamente utilizada por suas propriedades antioxidantes, anticancerígenas e antiinflamatórias (28). Às vezes, o corante natural produz resultados desfavoráveis, como vermelho avermelhado, e a beterraba vermelha às vezes dá sabor desagradável. O fato de as cores naturais serem vulneráveis ao ar, calor e luz, finalmente resulta na perda de tonalidade genuína, que é outra desvantagem de empregá-las (6).

Após avaliação das características sensoriais e estimativa microbiológica pode-se dizer que a nanoemulsão do óleo de buriti pode ser utilizada para a geração de bebidas esportivas isotônicas (22). Aguilera *et al.* (24) utilizaram pó rico em antocianinas e extrato aquoso para o desenvolvimento de bebidas esportivas. Aqui, os pesquisadores pegaram tegumentos de sementes de feijão preto, uma rica fonte de antocianina porque é rica em atividades antioxidantes.

Pesquisas a respeito dos efeitos adversos à saúde foram relatados para alguns aditivos alimentares comumente usados encontrados nos alimentos e bebidas, particularmente por estudos, provocando câncer, hiperatividade e alergias (1,12). Os efeitos deletérios incluem transtornos mentais comportamentais e comuns, a corantes e intensificadores de sabor (34); alterações metabólicas promovidas por adoçantes, emulsificantes e conservantes e risco de câncer associado a corantes, adoçantes e conservantes (33,35). Foram observados efeitos neurotóxicos *in vitro* de uma combinação de coloração azul brilhante com ácido glutâmico e coloração amarela de quinolina com aspartame (36) e uma mistura de corantes demonstrou aumentar o estresse oxidativo em ratos. Em revisão sobre uso de aditivos alimentares em alimentos e bebidas disponíveis em supermercados brasileiros salienta que poucos estudos investigando os efeitos potenciais da exposição a múltiplos aditivos ou a possível interação e sinergia entre eles foram realizados (5).

Embora seja improvável que os consumidores comprem uma bebida de rótulo limpo se ela comprometer o sabor ou a qualidade, os resultados desta pesquisa sugerem que um "rótulo" limpo oferece uma vantagem competitiva sobre outras bebidas que não possuem, onde as indústrias de alimentos podendo substituir ingredientes menos desejáveis por ingredientes mais desejáveis ou remover completamente os ingredientes indesejáveis, como os aditivos sintéticos (3).

CONCLUSÕES

Os produtos da suplementação esportiva apresentam uma tendência em substituir corantes e edulcorantes artificiais/sintéticos por naturais, pela redução de efeitos colaterais e toxicologia e pela tendência dos consumidores em buscar produtos com menos aditivos em sua composição. Novos estudos devem ser realizados avaliando os aditivos alimentares como são normalmente consumidos, principalmente em alimentos esportivos, e as interações e sinergismo entre eles para determinar se os níveis de consumo da população atendem aos critérios de segurança atuais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem: Ao Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos pela parceria e apoio.

REFERÊNCIAS

1. Souza SA, Pias KKS, Braz NG, Bezerra AS. Aditivos Alimentares: Aspectos tecnológicos e impactos na sáude humana. Rev Cont Sau, 2019; 36: 5-13.

2. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Alegacões de propriedade funcional aprovadas, Brasil, 2024. [Acesso em 20 nov 2024] Disponível em: 2 https://antigo.anvisa.gov.br/resultadoedbusca?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-

3. Rovai D, Watson ME, Barbano DM, Drakel MA. Consumer acceptance of protein beverage ingredients: Less is more. J. Dairy Sci. 2024: TBC. Article in press

4. Singh, R, Rathod G, Meletharayil GH, Kapoor R, Sankarlal VM, Amamcharla JK. Invited review: Shelf-stable dairy protein beverages - Scientific and technological aspects. J. Dairy Sci. 2022; 105:9327–9346.

5. Montera VSP, Martins APB, Borges CA, Canella DS. Distribution and patterns of use of food additives in foods and beverages available in Brazilian supermarkets. F Func. 2021;12 :7699–7708.

6. Samanta S, Sarkar T, Chakraborty R. Multifunctional applications of natural colorants: Preservative, functional ingredient, and sports supplements. Bio Agric Biotech. 2024; 56: 1-41.

7. Scrivin R, Black K. Sports Drinks Consumed During Exercise, Which Affect Thermoregulation and/or Athletic Performance in the Heat: A Review. Str Cond J. 2018; 40:108–119.

8.Cui P, *et al*. Advances in sports food: Sports nutrition, food manufacture, opportunities and challenges. Food Res Int . 2022;157: p.1-14.

9. Machado PP, R. Claro M, Martins APB, Costa JC, Levy RB. O tipo de loja de alimentos está associado ao consumo de alimentos e bebidas ultraprocessados no Brasil?, Public Health Nutr.. 2018; 21:201–209.

10. Castro- Muñoz R *et al*. Natural sweeteners: Sources, extraction and current uses in foods and food industries Food Chem. 2022;13099: 1-18.

11. Gava, AJ.; Silva, CAB.; Frias, JRG. Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações. São Paulo: Nobel, 2009. p. 511.

12. ANVISA. Agência Nacional da Vigilância Sanitária. RDC Nº 243, DE 26 DE JULHO DE 2018. Brasil, 2018. Dispõe sobre os requisitos para composição, qualidade, segurança e rotulagem dos suplementos alimentares e para atualização das listas de nutrientes, substâncias bioativas, enzimas e probióticos, de limites de uso, de alegações e de rotulagem complementar. [Acesso em 21 novembro de 2024] Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3898888/RDC_243_2018_.pdf/0e39ed31-1da2-4456-8f4a-afb7a6340c15

13. Dey S, Nagababu BH. Applications of food color and bio-preservatives in the food and its effect on the human health. Food Chem Adv. 2022; 1: 1-13.

14. McArdle, WD. Sports and exercise nutrition. Lippincott Williams & Wilkins.

15.Silva ECD., Santos Sobrinho VD, Cereda MP. (2013). Stability of cassava flour-based food bars. Food Sci and Tech. 2013; 33: 192–198.

16. Oltman AE, Lopetcharat K, Bastian E, Drake MA. Identifying key attributes for protein beverages. J. Food Sci. 2015; 80:S1383–S1390.

17. Jacobson J. Beverage survey finds "*high protein*," "*natural*" are top trends. D Foods. 2015; 116:16–17.

18. Li, XE, Lopetcharat K, Drake MA. Parents' and chil dren's acceptance of skim chocolate milks sweetened by monk fruit and stevia leaf extracts. J. Food Sci. 2015; 80:S1083–S1092.

19. Oliveira D, Antunez L, Gimenez A, Castura JC, Deliza R, Ares G. Sugar reduction in probiotic chocolate-flavored milk: Impact on dynamic sensory profile and liking. Food Res. Int. 2015; 75:148–156.

20. Parker MN, K. Lopetcharat K, Drake MA. Consumer acceptance of natural sweeteners in protein beverages. J. Dairy Sci. 2018; 101:8875–8889.

21. Castro- Muñoz R *et al*. Natural sweeteners: Sources, extraction and current uses in foods and food industries Food Chem. 2022;13099: 1-18.

22. Bovi GG., Petrus RR., Pinho SC. Feasibility of incorporating buriti (Mauritia flexuosa L.) oil nanoemulsions in isotonic sports drink. Int. J. Food Sci. Technol. 2017; 52: 2201–2209.

23. Floriano, L., Ribeiro, L.C., Saibt, N., Bandeira, N.M.G., Prestes, O.D., Zanella, R., 2018. Determination of six synthetic dyes in sports drinks by dispersive solid-phase extraction and HPLC-UV-Vis. J. Braz. Chem. Soc. 29 (3), 602–608. https://doi.org/10.21577/0103-5053.20170173.

24. Aguilera Y *et al*. Black bean coats: new source of anthocyanins stabilized by β-cyclodextrin copigmentation in a sport beverage. Food Chem. 2016; 212: 561–570.

25. Silva HMD., Mageste AB, Silva SJB, Dias Ferreira GM, Ferreira GMD. Anthocyanin immobilization in carboxymethylcellulose/starch films: a sustainable sensor for the detection of Al(III) ions in aqueous matrices. Carbohydr. Polym. 2020; 230: 115679

26. Rodriguez-Amaya, DB. Natural food pigments and colorants. In: Reference Series in Phytochemistry. 2019 [Internet]. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-78030-6_12.

28. Roy S, Rhim, JW. Anthocyanin food colorant and its application in pH-responsive color change indicator films. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 2021; 61: 2297–2325.

29. Steele EM et al. Ultra-processed foods and added sugars in the US diet: Evidence from a nationally representative cross-sectional study. BMJ Open, 2016; 6:3.

30.Saraiva A, Carrascosa C, Raheem D, Ramos F, Raposo A. Natural sweeteners: The relevance of food naturalness for consumers, food security aspects, sustainability and health impacts. Int J Env Res Pub Health. 2020; 17:(17), 1–22.

31. Valle M, St-Pierre P, Pilon G, Marette A. Differential effects of chronic ingestion of refined sugars versus natural sweeteners on insulin resistance and hepatic steatosis in a rat model of diet-induced obesity. Nut, 2020;12: 1–14.

32. Slopeside Syrup Unlapped. (2020). Ginger Mapleaid.

33. Tirosh A et al., O propionato de ácidos graxos de cadeia curta aumenta a produção de glucagon e FABP4, prejudicando a ação da insulina em camundongos e humanos, Sci. Transl. Med., 2019; 11, eaav0120.

34. Partridge D, Lloyd KA, Rhodes JM, Walker AW, Johnstone AM, Campbell BJ. Food additives: Assessing the impact of exposure to permitted emulsifiers on bowel and metabolic health – introducing the FADiets study, Nutr. Bull.2019; 44: 329–349.

35. Chia CW *et al.* Uso crônico de adoçantes de baixa caloria e risco de obesidade abdominal entre adultos mais velhos: um estudo de corte. PLoS One, 2016; 23, e0167241

36. Lau K, McLean WG , Williams DP, Howard CV. Synergistic interactions between commonly used food additives in a developmental neurotoxicity test. Toxicol. Sci., 2006; 90: 178–187.

Capítulo 18

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-18

BISCOITOS ELABORADOS COM FARINHAS ALTERNATIVAS: UMA REVISÃO

Ana Clara Novais Ferreira; Mariana Ballarin Lopes; Vania Silva Carvalho ; Suzane Martins Ferreira

Mariana Ballarin Lopes – Email: mariana.ballarin@estudante.ifgoiano.edu.br

Resumo:

Este capítulo explora o desenvolvimento de cookies elaborados com farinhas alternativas, abordando seus benefícios nutricionais, sensoriais e tecnológicos. Farinhas como banana verde, coco, cevada, acerola e chia têm sido utilizadas como ingrediente por suas propriedades funcionais, como fibras, proteínas e compostos antioxidantes, que promovem melhora da saúde digestiva, controle glicêmico e fortalecimento do sistema imunológico. Além disso, a utilização destas farinhas integra práticas sustentáveis através da reutilização de subprodutos agroindustriais, contribuindo assim para uma economia circular e minimizando o desperdício. A nível tecnológico foram destacados os desafios e adaptações necessárias para garantir a acessibilidade do produto final, sobretudo ao nível da textura e do sabor. A inclusão de farinhas alternativas em cookies revela-se uma abordagem inovadora que responde à procura de alimentos saudáveis e sustentáveis, refletindo a evolução da indústria de alimentos rumo a um futuro mais consciente.

Palavras–chave: panificação; subprodutos agroindustriais; sustentabilidade; valor nutricional

Abstract:

This review explores the development of cookies made with alternative flours, addressing their nutritional, sensorial and technological benefits. Flours such as green banana, coconut, barley, acerola and chia have been used as ingredients for their functional properties, such as fiber, proteins and antioxidant compounds, which promote improved digestive health, glycemic control and strengthening the immune system. Furthermore, the use of these flours integrates sustainable practices through the reuse of agro-industrial by-products, thus contributing to a circular economy and minimizing food waste. At a technological level, the challenges and adaptations needed to ensure the accessibility of the final product were highlighted, especially in attributes of texture and flavor. The inclusion of alternative flours in cookies proves to be an innovative approach that responds to the demand for healthy and sustainable foods, reflecting the development of the food industry towards a more conscious future.

Keywords: baking; agro-industrial by-products; sustainability; nutritional value

INTRODUÇÃO

O conceito de biscoito surgiu na França para descrever um pão cozido duas vezes, o que o tornava mais firme e com maior durabilidade (1). A palavra "biscoito" vem da junção dos termos latinos "*bis*" e "*cotto*", que significam "cozido duas vezes" (2). De acordo com a resolução RDC nº. 263/2005, os biscoitos são feitos a partir de uma mistura de farinha, fécula e outros ingredientes, com processos que podem incluir fervura e cozimento, podendo apresentar diferentes formatos, texturas, coberturas e recheios (3). O biscoito tipo *cookie* é amplamente consumido, e o Brasil é o 4º maior produtor de cookies do mundo, com 1,366 milhão de toneladas produzidas em 2018, o que representou um aumento de 2,8% em relação a 2008 (4).

O *cookie* é um biscoito doce que possui muitos atrativos, devido às suas características organolépticas, durabilidade e também características nutricionais e funcionais adicionais, amplamente aceito por pessoas de todas as idades, principalmente crianças. Portanto, este produto caracteriza-se como uma excelente ferramenta para estudos de formulações, tanto por questões econômicas quanto nutricionais, por isso recentemente surgiram muitas formulações com o objetivo de implementar sua fortificação para apelo nutricional aos consumidores (5).

Os biscoitos tipo *cookie* possuem a particularidade de possuírem uma crocância maior, o que está relacionado ao seu tipo de massa, que leva menos líquido em comparação com outros biscoitos e sua formação (6). O sucesso dos biscoitos ao longo da história se deve principalmente à sua praticidade, baixo preço e características sensoriais. No processo de cozimento de biscoitos ocorrem na massa reações físico-químicas e bioquímicas complexas, com evaporação da água, desnaturação da proteína, expansão da massa para produção de gás e reações de escurecimento não enzimático chamadas de Reação de *Maillard* (7).

Os ingredientes utilizados podem ser divididos em duas categorias: adoçantes como açúcar, gordura, ovo e fermento; e agentes estruturantes como farinha e água (8). Devido à sua composição, os cookies estão entre os alimentos processados mais convenientes e convenientes. Esses produtos contêm pouco teor de umidade e pouca atividade de água, possuindo longa vida útil, permitindo assim que esses produtos sejam facilmente transportados e consumidos dentro e fora de casa (9).

Segundo Mareti et al. (10), os biscoitos tipo cookie possuem a capacidade de incorporar diferentes ingredientes e compostos bioativos sem perder suas características tecnológicas. Portanto, através da utilização da farinha substituta do trigo, a qualidade pode ser aumentada, seja pela introdução de nutrientes, fibras e outros compostos, seja pelo aprimoramento tecnológico, sem causar aspectos físicos e sensoriais significativos no produto final (11).

Embora não seja um alimento básico como o pão, os cookies são aceitos e consumidos por diversas faixas etárias, principalmente crianças, e são formulados com o objetivo de fortalecê-los com fibras e proteínas ou se tornarem fonte desses nutrientes graças a uma grande pesquisa. melhorar a qualidade da dieta (12). Seja qual for a sua origem, o biscoito é um produto consumido em todo o mundo e por todas as classes sociais. Cada país tem naturalmente sua preferência por determinadas características, que juntas formam uma ampla seleção de formatos, tamanhos, tipos e sabores (10). Os principais motivos do sucesso comercial e do alto consumo de biscoitos são principalmente pela sua boa aceitação, e também pela diversidade de suas formulações (14).

Embora existam diferentes tipos de cookies, eles geralmente podem ser classificados como: fermentados, enrolados e moldados, sendo exemplos os biscoitos,

biscoitos recheados e biscoitos. O último grupo, em particular, é caracterizado por uma menor demanda por concentração de glúten (15).

Sabendo disso, o biscoito torna-se um potencial ferramenta para aproveitamento de farinhas provenientes de resíduos ou derivados, afinal, espera-se que a farinha mista obtida após a introdução na farinha de trigo apresente um teor reduzido de glúten em comparação à farinha de trigo pura. Os cookies apresentam diversos atrativos como: alto consumo, duração relativamente longa e boa aceitação, principalmente por crianças, além de serem formulados com o intuito de enriquecê-los com fibras ou proteínas, devido ao forte apelo nutricional que existe hoje nos alimentos consumidos (16, 17).

1.1 FARINHAS ALTERNATIVAS

A adição de outras fontes para aumentar o valor nutricional dos cookies torna-se necessária para a suplementação nutricional da população brasileira, que é voltada principalmente para o público infantil, pois é nesta fase que se formam os hábitos alimentares (4).

Nesse sentido, muitos estudos relatam a criação de novas formulações para o desenvolvimento de cookies mais saudáveis e enriquecidos, incluindo aqueles adicionados de farinha de resíduos de acerola, farinha de amêndoa, farinha de cacau e linhaça, farinha de arroz entre outros (1, 19).

A substituição da farinha de trigo é encontrada parcial ou totalmente em produtos de panificação, dependendo da finalidade final, alguns tipos de farinha comumente utilizados são arroz, cevada, chia, farinha de coco, ervilha, banana, berinjela, entre outras, sendo que sua escolha dependerá das características desejadas no alimento (21,22,23,24,25,26,27).

A utilização de farinhas alternativas gera expectativas para produtos de panificação diferenciados em termos de qualidades sensoriais, nutricionais e físico-químicas. Contudo, apesar de todos os benefícios socioeconómicos e nutricionais, a utilização destas farinhas ainda permanece modesta, pouco divulgada e pouco conhecida. A maior parte do produto é destinada às pequenas indústrias artesanais (28).

1.1.1 FARINHA DE ACEROLA

A acerola (*Malpighia emarginata D.C.)* é uma fruta que se destaca pelo alto teor de ácido ascórbico e tem sido objeto de estudos que visam avaliar esse composto, considerando a natureza perecível da fruta fresca e o baixo grau de transformações (29). O Brasil é um dos maiores produtores de frutas do mundo, mas cerca de 30-40% dessa produção vai para o lixo (30). Indústrias de massas congeladas difundida no Brasil, a polpa é utilizada principalmente no preparo de sucos. A vantagem dessa transformação é a possibilidade de consumo, em todo o país, de frutas das regiões Norte e Nordeste (31).

A crescente preocupação com os impactos ambientais e o alto índice de desperdício causado pela indústria alimentícia tem levado à busca por alternativas sustentáveis para utilizar seus resíduos na geração de novos produtos para consumo humano, os principais compostos e antioxidantes presentes nessa exclusão incluem vitamina C (ácido ascórbico), carotenoides, flavonoides e compostos fenólicos. Além disso, são encontradas fibras alimentares (como celulose, hemicelulose e pectina), proteínas, lipídios, e minerais como cálcio, ferro e potássio. (32). Quase todos esses

resíduos consistem em cascas e sementes de frutas e representam um grande problema tecnológico para a indústria alimentícia porque devem ser eliminados.

Para minimizar a perda de matéria-prima e custos de produção através do aproveitamento de resíduos, foi necessário desenvolver novas alternativas para a industrialização deste tipo de produto. Os resíduos de frutas não fazem parte dos hábitos alimentares da maioria das pessoas, mas podem ser uma importante fonte de nutrientes. Quando adicionados aos alimentos, podem representar um produto saudável para o consumidor, como os biscoitos, capazes de modificar/aumentar seu sabor, estrutura, aroma, cor e valor nutricional. De qualquer forma, é importante que estes produtos sejam aceitáveis para que a sua utilização seja viável (33).

1.1.2 FARINHA DE CHIA

A farinha de chia, obtida a partir das sementes da planta *Salvia hispanica L.*, destaca-se pelo seu perfil nutricional e propriedades funcionais que promovem seus benefícios à saúde. Rica em ácidos graxos ômega-3, fibras, proteínas e antioxidantes, essa farinha tem sido amplamente incluída em produtos alimentícios devido ao seu alto valor nutricional (34). Além disso, a chia é uma excelente fonte de minerais essenciais, como cálcio, ferro e magnésio, que contribuem para a saúde óssea, o metabolismo energético e a prevenção de deficiências nutricionais (35).

A chia é uma planta anual da família *Lamiaceae*. As sementes de chia são compostas por proteínas (15-20 g/100 g), lipídios (30-33 g/100 g), cinzas (4-5 g/100 g) e carboidratos (26-41 g/100 g). g) e possuem alto teor de fibras (18 a 30 g/100 g). Estas sementes contêm uma grande quantidade de antioxidantes, minerais e vitaminas. As sementes de chia são ricas em ácidos graxos insaturados, especialmente ácidos graxos ômega-3 (50-57 g/100 g) e ômega-6 (17-26 g/100 g) (36).

Vários estudos têm demonstrado o potencial de utilização da chia com base no seu perfil composicional (sementes de chia desengorduradas 22% de fibra e 17% de proteína). O consumo de chia proporciona muitos benefícios à saúde, como proteínas e peptídeos bioativos, antioxidantes, minerais, nutrientes e fibras.

O efeito de substituições fortes pode ser interessante do ponto de vista da aplicação tecnológica para o desenvolvimento de novas fórmulas à base de farinha sem glúten e para possíveis melhorias em diferentes processos e etapas de cozimento (37). O uso da farinha de chia na panificação confere aos alimentos uma boa capacidade de reter água, desenvolvendo hidrocoloides estáveis e melhorando a rede de glúten. Estas propriedades incluem um aumento na viscosidade e podem alterar as propriedades de ligação da farinha. Além disso, a cinética de fermentação da massa também é modificada, reduzindo assim o tempo necessário para atingir o volume máximo. A farinha de chia pode ser utilizada para melhorar a qualidade nutricional e tecnológica de produtos de panificação (38).

Um dos principais atrativos da farinha de chia é o seu alto teor de fibras solúveis e insolúveis, que apoiam a saúde digestiva e ajudam a manter uma microbiota intestinal saudável. A fibra solúvel da chia, em especial, forma um gel ao entrar em contato com a água, o que contribui para uma sensação prolongada de saciedade e controle do apetite, o que é útil para quem está tentando controlar o peso (38). Além disso, a fibra insolúvel facilita o trânsito intestinal, previne resfriados e promove um sistema digestivo saudável (39).

A presença de antioxidantes naturais, como polifenóis e flavonoides, é outro ponto forte da composição da farinha de chia. Esses compostos bioativos exercem função protetora contra o estresse oxidativo, auxiliando na redução do risco de doenças cardiovasculares e no combate ao envelhecimento precoce (40). Em estudos recentes defendemos que a inclusão da farinha de chia na dieta de pacientes que sofrem de hipercolesterolemia e pressão arterial pode contribuir para a melhora de distúrbios cardiovasculares, graças à presença de ômega-3 e antioxidantes (41).

Do ponto de vista nutricional, a farinha de chia também se destaca pelo seu teor proteico. A chia é uma fonte proteica de alta qualidade, que contém todos os aminoácidos essenciais, sendo uma alternativa proteica interessante para vegetarianos, veganos e atletas (42). Além disso, por ser naturalmente isenta de glúten, a farinha de chia é recomendada para pessoas com doença celíaca ou sensibilidade ao glúten, ampliando assim as opções alimentares para esse público e permitindo o desenvolvimento de produtos isentos de glúten, como pães, massas e biscoitos (43).

1.1.3 FARINHA DE BANANA

A banana (*Musa spp*.) é a fruta mais produzida no mundo, destacando-se no Brasil as variedades Prata, Nanica e Maçã (44). O país ocupa a quarta posição no ranking global de produção e possui o maior consumo per capita anual, cerca de 25 Kg por habitante. Entretanto, enfrenta desafios no mercado internacional devido à limitações na qualidade da produção e perdas pós-colheita. Esses fatores apontam para a necessidade de melhorias nos processos produtivos e de manejo para maior competitividade e aproveitamento econômico (45).

Além disso, a produção de farinha inclui uma alternativa na produção de alimentos mais estáveis e duradouros. A produção de farinha de banana verde (FBV) tem sido considerada uma estratégia, industrial e doméstica, para fornecer um ingrediente funcional para o preparo de diversos produtos alimentícios, como biscoitos, além de lanches e pequenas refeições (46).

A farinha de banana verde tem ganhado importância na indústria alimentícia devido às suas propriedades nutricionais e funcionais, que contém um teor significativo de amido resistente, tipo de carboidrato que atua da mesma forma que a fibra no organismo (47). Este amido, que resiste à digestão no intestino delgado, chega intacto ao intestino grosso, onde pode induzir efeitos benéficos na microbiota intestinal, contribuindo para a saúde digestiva e ajudando a controlar o açúcar no sangue, sendo benéfico na prevenção e no tratamento da *diabetes mellitus* (46).

A inclusão da farinha de banana verde nas formulações de alimentos é uma prática sustentável e benéfica à saúde. Por ser rico em fibras e ter baixo índice glicêmico, seu uso pode reduzir o risco de doenças cardiovasculares, obesidade e outras doenças associadas ao excesso de peso (48). Além disso, a banana verde contém compostos bioativos, como compostos fenólicos e antioxidantes, que auxiliam na redução do estresse oxidativo no organismo, no combate ao envelhecimento celular e na promoção da saúde cardiovascular (49).

Esses atributos da farinha de banana verde a tornam uma excelente alternativa de composição alimentar para quem busca alimentos funcionais e nutritivos. O uso da farinha de banana verde também tem sido associado à promoção da saciedade, devido ao seu alto teor de fibras e amido resistente. Estudos sugerem que o consumo de alimentos

ricos em amido resistente pode retardar o esvaziamento gástrico, prolongando a sensação de saciedade e ajudando assim no controle do apetite e na perda de peso (50).

Além disso, a farinha é isenta de glúten, tornando-se uma opção segura para pessoas com doença celíaca ou intolerância ao glúten, ampliando as opções alimentares para esta população (51). Do ponto de vista ambiental, a produção de farinha de banana verde é uma solução sustentável, pois utiliza frutas que muitas vezes são descartadas por apresentarem imperfeições ou por não atenderem aos padrões estéticos do mercado (52).

Desta forma, a utilização deste produto não só reduz o desperdício alimentar, como também contribui para a valorização dos produtos de banana, promovendo práticas mais sustentáveis na indústria alimentícia (53).

1.1.4 FARINHA DE COCO

Uma possível alternativa de ingrediente funcional e sem glúten é a farinha de coco, por ser uma fonte rica em fibras alimentares, proteínas, lipídios, cinzas (ferro e cálcio) e carboidratos, além de conter pequenas quantidades de gordura e TCM (triglicerídeos de cadeia média), triglicerídeos de cadeia, que estão associados à melhoria da função intestinal, à redução dos níveis de colesterol ruim e ao controle do diabetes (54).

A farinha de coco é considerada um alimento funcional, principalmente devido ao seu alto teor de fibras, cerca de 60 g por 100 g de amostra. As fibras alimentares têm ganhado importância por atuarem na prevenção de doenças crônicas como câncer, doenças cardiovasculares e diabetes mellitus. Com essas características foi descoberto um aumento na produção de coco e farinha de coco. A produção de farinha é muito econômica, pois pode ser feita em pequena ou grande escala. A matéria-prima é obtida a partir do leite de coco e o processo e equipamentos utilizados para sua produção são simples e baratos (55, 56).

Dessa forma, a utilização do mesocarpo do coco verde na forma de farinha representa uma alternativa sustentável para a produção de produtos de panificação, como bolos, devido ao alto teor de fibras da casca do fruto, contribuindo para o aproveitamento integral da matriz alimentar. com a redução dos impactos ambientais negativos decorrentes do desperdício de alimentos e do descarte inadequado (57).

A farinha de coco é um subproduto obtido da polpa do coco (*Cocos nucifera L.*), rico em fibras e pobre em carboidratos. Esse alimento tem ganhado popularidade devido ao seu potencial funcional e propriedades nutricionais, tornando-se uma alternativa viável em dietas especiais, como dietas isentas de glúten e de baixo índice glicêmico (58). Além disso, estudos demonstraram que o consumo regular de farinha de coco pode ajudar a reduzir os níveis de colesterol e controlar os níveis de açúcar no sangue, fatores essenciais na prevenção de doenças crônicas como o diabetes tipo 2 (59).

A produção da farinha de coco é relativamente simples e envolve processos de secagem e moagem da polpa do coco. Esse processo cria um produto versátil e fácil de incluir em receitas culinárias, como pães, bolos e biscoitos, sem alterar significativamente o sabor do alimento (60). A alta concentração de fibra insolúvel é um dos aspectos mais benéficos para a saúde, pois promove o bom funcionamento do trato digestivo e contribui para a saciedade (61).

Dada a sua com

posição nutricional, a farinha de coco também se destaca nos estudos sobre alimentos funcionais e saudáveis, sendo amplamente recomendada por nutricionistas para pessoas com restrições alimentares ou que buscam uma alimentação balanceada (62). Porém, é

importante considerar que a farinha de coco deve ser utilizada com moderação em uma alimentação balanceada, pois, como qualquer outro alimento, o consumo excessivo pode trazer efeitos nocivos, como desconfortos gastrointestinais, surtos, gases e diarreia, devido ao alto teor de fibras. Além disso, pode interferir na absorção de minerais, levar a um desbalanceamento nutricional e contribuir para o ganho de peso se não houver controle calórico. Em casos mais raros, também pode desencadear reações adversárias em pessoas sensíveis a produtos de coco (63).

1.1.5 FARINHA DE CEVADA

Comer alimentos saudáveis à base de cevada reduz o colesterol no sangue, o índice glicêmico e promove a perda de peso, aumentando a saciedade. Contudo, a integração da farinha de trigo com a farinha de cevada geralmente reduz o potencial de cozimento das misturas resultantes, conferindo ao pão características indesejáveis como menor volume do pão e textura mais densa. Portanto, a farinha de cevada costuma ser incluída no pão de trigo em pequenas quantidades (22).

A farinha de cevada tem ganhado importância na área de alimentação e nutrição devido à sua composição rica em fibras, proteínas e compostos bioativos. Uma das principais características da cevada é o seu alto teor de β-glucanos, um tipo de fibra solúvel que contribui para a redução dos níveis de colesterol e controle glicêmico, sendo especialmente recomendada em dietas funcionais com baixo índice glicêmico. Estudos mostram que essas fibras presentes na farinha de cevada facilitam a digestão e promovem saciedade, além de fortalecerem o sistema imunológico, principalmente em dietas suplementadas com cevada na alimentação animal (64).

Os cookies de cevada são produtos de panificação tradicionais da dieta mediterrânea cretense, por conter o β-glucano. Além disso, os produtos de panificação apresentam melhor elasticidade, dureza e resistência a deformações, mas dependendo da quantidade de farinha alternativa em relação à farinha convencional e também do seu tamanho de partícula. Em geral, os produtos de panificação feitos com farinha de cevada apresentaram qualidades sensoriais aceitáveis. (65).

No estudo realizado por (66), avaliou-se a influência do tamanho das partículas da farinha e da autoclave nas propriedades termomecânicas da massa e nas características de qualidade dos biscoitos elaborados com farinha de cevada. São elaborados com farinha de cevada grossa e fina, sem ou com autoclavagem prévia em dois níveis de umidade diferentes. A calorimetria mostrou que a autoclavagem e a redução do tamanho das partículas da farinha reduziram os valores de entalpia de gelatinização da massa (67).

1.2 BENEFÍCIOS DAS FARINHAS ALTERNATIVAS

A utilização de farinhas alternativas tem aumentado significativamente, principalmente na indústria alimentícia, pelos benefícios que oferecem à saúde e ao meio ambiente. Essas farinhas, derivadas de subprodutos ou matérias-primas não convencionais, representam uma alternativa sustentável para o reaproveitamento de resíduos agroindustriais que de outra forma seriam jogados fora (68).

Além de promoverem a sustentabilidade, atendem às necessidades dos consumidores que buscam alimentos ricos em fibras, proteínas e antioxidantes, promovendo uma alimentação mais equilibrada (69). Do ponto de vista nutricional, farinhas alternativas, como as produzidas a partir de frutas e vegetais, podem apresentar

alto teor de fibras, vitaminas e compostos bioativos que proporcionam benefícios à saúde, como fortalecimento do sistema imunológico e prevenção de doenças crônicas (70).

A farinha de acerola, por exemplo, é rica em vitamina C e compostos antioxidantes, enquanto as farinhas de leguminosas, como a farinha de grão de bico, são fontes de proteínas de alta qualidade (67). Essas propriedades funcionais permitem a inclusão de alimentos com benefícios adicionais, além da alimentação básica (68). Outra vantagem da utilização de farinhas alternativas é a possibilidade de seguir dietas restritivas, como as dietas sem glúten.

Pessoas com doença celíaca, por exemplo, podem se beneficiar de farinhas alternativas como arroz, obtida a partir da moagem do grão e conhecida por ser rica em amido e de fácil digestão; grão de bico, que é produzido a partir da leguminosa e se destaca pelo alto teor de proteínas e fibras; e amêndoas, obtida pela moagem das sementes e reconhecida por sua composição rica em gorduras saudáveis, vitaminas e minerais, permitindo a criação de pães, biscoitos e outros produtos adaptados a essas necessidades específicas (69). Essa flexibilidade no desenvolvimento de novos produtos ajuda a aumentar a diversidade alimentar e a acessibilidade para consumidores com restrições alimentares (70).

Além dos benefícios nutricionais e da adaptação a dietas específicas, o uso de farinhas alternativas promove a economia circular, pois os resíduos que podem ser jogados fora são reciclados e reintegrados ao ciclo produtivo (71).

Ao adotar esse modelo econômico sustentável, a indústria não só reduz o desperdício, mas também contribui para a preservação do meio ambiente. Portanto, as farinhas alternativas não só oferecem benefícios à saúde dos consumidores, mas também reforçam práticas de produção mais seguras e de acordo com o desenvolvimento sustentável (72).

CONCLUSÕES

Este capítulo trata de forma abrangente do desenvolvimento e aplicação de farinhas alternativas na produção de biscoitos, com ênfase nos aspectos nutricionais, sensoriais e tecnológicos dessas formulações. Nota-se que a utilização de farinhas não-convencionais, como banana verde, coco, cevada, acerola e chia, parece ser uma estratégia não só inovadora, mas também condizente com as necessidades alimentares contemporâneas, mais sustentáveis e funcionais.

Cada uma destas farinhas possui características bioativas e nutricionais únicas, fornecendo fibras, proteínas, compostos antioxidantes e outros nutrientes que promovem a saúde humana, como o fortalecimento do sistema imunitário, o controlo glicémico e o apoio à saúde digestiva. Além dos benefícios para a saúde, a adoção de alternativas à farinha promove a utilização de resíduos agroindustriais, minimizando assim o impacto ambiental do setor alimentar. Esta abordagem contribui para a economia circular ao integrar subprodutos no ciclo produtivo, promovendo práticas sustentáveis e acrescentando valor às matérias-primas não utilizadas.

No campo tecnológico, a utilização destas farinhas apresenta desafios e oportunidades, como a necessidade de adequação das qualidades de estrutura e sabor, elementos essenciais para acessibilidade ao consumidor. Concluindo, a utilização de farinhas alternativas na produção de biscoitos representa uma interseção promissora entre a ciência alimentar, a inovação tecnológica e a responsabilidade ambiental. As formulações aqui discutidas demonstram o potencial desses ingredientes para atender à

crescente demanda por produtos que combinem benefícios nutricionais e reduzido impacto ambiental, atendendo assim um perfil de consumidor que exige qualidade nutricional sem comprometer a sustentabilidade. Desta forma, a adoção de alternativas à farinha pode ser vista como um passo importante para um futuro alimentar mais inclusivo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal Goiano e aos pesquisadores interessados pelo suporte técnico e pela disponibilização de recursos essenciais para a realização deste estudo. Nosso reconhecimento também aos colegas e professores que desenvolveram com orientações e sugestões inovadoras durante o desenvolvimento deste trabalho. Agradecemos especialmente aos nossos familiares e amigos pelo incentivo contínuo, bem como a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, que colaboraram para o aprimoramento deste capítulo.

REFERÊNCIAS

1. Lima, F. A história do biscoito – Caminho do Vinho |Site Oficial do Caminho do Vinho de São José dos Pinhais. 2016. Disponível em: ://www.conhecer .org .br /enciclop /2018a /agrar /biscoito %20tipo .pdf. Acesso em: 23 de novembro de 2024.
2. Sebess M. Técnicas de confeitaria profissional. 2ª ed. Rio de Janeiro: Senac; 2009.
3. Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária Resolução. RDC n° 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o "Regulamento técnico de produtos cereais, amidos, farinhas e farelos". Diário Oficial da União. 2005.
4. Barros S. K. A, Pereira A. S., Silva M. T. S., Costa D. M, Pires C. E. F, Souza A. R. M. Avaliação físico química e sensorial de biscoito tipo cookies enriquecidos com farinha do caroço e polpa do açaí. Revista Desafios. 2020; 7: 73–81.
5. Silva ER, Pinto EG, Soares DS. Biscoito tipo biscoito de farinha de amêndoa de pequi: avaliação física e química. Enciclopédia Biosfera. 2018;15(27):1401–10. Disponível em: http ://www .conhecer .org .br /enciclop /2018a /agrar /biscoito %20tipo .pdf.
6. Gisslen W. Panificação & Confeitaria Profissionais. 5ª ed. Barueri: Manole; 2014.
7. Chevallier S, et al. Contribuição dos principais ingredientes durante o cozimento de sistemas de massa de biscoito. J Cereal Sci. 2000;31(3):241–52.
8. Barragem de Santos. Formulação de biscoito tipo biscoito a partir da substituição percentual de farinha de trigo por farinha de casca de abóbora (Curcubita maxima) e albedo de maracujá amarelo (Passiflora edulis flavicarpa). [Dissertação de Mestrado]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro; 2013.
9. Chowdhury K, et al. Avaliação da qualidade e do prazo de validade de biscoitos embalados comercializados em Bangladesh. Bangladesh J Sci Ind Res. 2012;47(1):29–
10. Ganorkar PM, Jain RK. Efeito da incorporação de linhaça em atributos físicos, sensoriais, texturais e químicos de biscoitos. Int Food Res J. 2014;21(4):1515–21.
11. SANTOS, D. A. M. Formulação de biscoito tipo cookie a partir da substituição percentual de farinha de trigo por farinha de casca de abóbora (curcubitamaxima) e albedo de maracujá amarelo (passiflora edulisflavicarpa). 2013. 78 f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.
12. Mareti MC, Grossmann MVE, Benassi MT. Características físicas e sensoriais de biscoitos com farinha de soja e farelo de aveia. Alimentos Cienc Tecnol. 2010;30(4):878–83.

13. Fasolin LH, Almeida GC, Castanho PS, Netto-Oliveira ER. Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações químicas, físicas e sensoriais. Alimentos Cienc Tecnol. 2007;27(3):524–9.
14. Moraes KS, Zavareza ER, Miranda MZ, Salas-Mellado MLM. Avaliação tecnológica de biscoitos tipo cookie com variações nos teores de lipídio e de açúcar. Alimentos Cienc Tecnol. 2010;30(Suplemento 1):1–5.
15. Feddern V, Durante VVO, Miranda MZ, Mellado MLM. Avaliação física e sensorial de biscoitos tipo cookie adicionado de farelo de trigo e arroz. Braz J Food Technol. 2011;14(4):267–74.
16. Rae RP. O Triticultor e o Mercado: cartilha de 2011. São Paulo: Associação Brasileira da Indústria do Trigo; 2011.
17. Tsen CC. Biscoitos regulares e fortificados com proteína a partir de farinhas compostas. CFW. 1976;21(12):634–7.
18. James C, Courtney DLD, Lorenz K. Misturas de farelo de arroz e soja como suplementos proteicos em biscoitos. Int J Food Sci Technol. 1989;24(5):495–502..
19. Cortat CMG, Glielmo JLA, Iglesias RA, Peixoto VOD, Fontanive R, Citelli M, et al. Desenvolvimento de biscoito tipo cookie isento de glúten à base de farinha de banana verde e óleo de coco. Rev HUPE. 2015;14(3):20–6. Disponível em : https://doi.org /10.12957 / rhupe .2015.19876
20. Perez PMP, Germani R. Farinha confusão de trigo e berinjela: características físicas e químicas. Embrapa Agroind Alim. 2004;1–6.
21. Mariotti M, Garofalo C, Aquilanti L, Osimani A, Fongaro L, Tavoletti S, et al. Exploração da farinha de cevada na fabricação de pão de fermento natural: Uma avaliação tecnológica, nutricional e sensorial. LWT Food Sci Technol. 2014;59:97–102.
22. Queiroz AM, Rocha RFJD, Garruti DDS, Silva V, Pádua A, Araújo IMDS. Elaboração e caracterização de biscoitos sem glúten enriquecidos com farinha de coco: uma alternativa para celíacos. Braz J Food Technol. 2017;20.
23. Verdú S, Vásquez F, Ivorra E, Sánchez AJ, Barat JM, Grau R. Efeitos físico-químicos da farinha de semente de chia (Salvia hispanica) em cada fase do processo de fabricação de pão de trigo e armazenamento do produto. J Cereal Sci. 2015;65:67–73.
24. Mahloko LM, Silungwe H, Mashau ME, Kgatla TE. Compostos bioativos, atividade antioxidante e características físicas de biscoitos de trigo-pera espinhosa e banana. Heliyon. 2019;5(10):02479.
25. Villanueva M, Harasyma J, Muñoz J, Ronda F. Farinha de arroz fisicamente modificada por radiação de micro-ondas melhora o comportamento viscoelástico das massas e seu desempenho na panificação. Food Hydrocoll. 2019;90:472–81.
26. Zhao J, Liu X, Bai X, Wang F. Produção de biscoitos por substituição com diferentes proporções de farinha de ervilha amarela. Grain Oil Sci Technol. 2019;2(4):91–6.
27. Khoozani AA, Kebede B, Bekhit AEA. Alterações reológicas, texturais e estruturais em massa e pão parcialmente substituídos por farinha de banana verde integral. LWT Food Sci Technol. 2020;126.
28. Andrade BA. Produção de farinha de banana verde (Musa spp.) para aplicação em pão de trigo integral. Braz J Food Technol. 2018;21:1–10. Disponível em: https://www.scielo.br / pdf / cr /v45n12 / 1678 -4596 -cr -45 -12 -02252 .pdf . Acesso em: 14 nov 2024. doi: 10.1590/1981-6723.5516.
29. Salgado SM, Guerra NB, Filho ABM. Polpa de fruta congelada: efeito do processamento sobre o conteúdo de fibra alimentar. Rev Nutr. 1999;12(3):303–8.
30. Costa JMC, Felipe EMF, Maia GA, Brasil IM, Hernandez FFH. Comparação dos parâmetros físico-químicos de pós-alimentos obtidos de resíduos de abacaxi. RCA. 2007;38(2):228–32

31. Garmus TT, Bezerra JRMV, Rigo M, Córdova KRV. Elaboração de biscoitos com adição de farinha de casca de batata (Solanum tuberosum L.). RBTA. 2009;3(2):56–65.
32. Gomes PMA, Figueiredo RMF, Queiroz AJM. Caracterização e isotermas de adsorção de umidade da polpa de acerola em pó. Rev Bras Prod Agroind. 2002;4(2):157–65.
33. Santos VS, Machado AR, Araújo PF, Rodrigues RS. Avaliação sensorial de biscoitos elaborados com destruição de polpa de amora preta (Rubus spp.). In: Anais do XVII Congresso de Iniciação Científica da UFPEL. Pelotas,RS; 2008.
34. Oliveira IM, Melo FS, Sousa MM, Menezes MS, Paz EO, Cavalcanti MS. Utilização de farinhas alternativas em produtos de panificação: uma revisão literária. Res Soc Dev. 2020;9(9) :e441996228 . doi: 10.33448/rsd-v9i9.6228.
35. Santos VS, Machado AR, Araújo PF, Rodrigues RS. Avaliação sensorial de biscoitos elaborados com destruição de polpa de amora preta (Rubus spp.). In: Anais do XVII Congresso de Iniciação Científica da UFPEL. Pelotas,RS; 2008.
36. anieri LM, Delani TC. Banana verde (Musa spp.): obtenção de biomassa e ações fisiológicas de amido resistente. Rev UNINGÁ Rev. 2018;20(3). Disponível em: http ://revista .uninga .br /index .php /uningareviews /article /view /1602 /1212 . Acesso em: 14 nov 2024.
37. Ovando-Martinez M. Farinha de banana verde como ingrediente para aumentar os carboidratos não digeríveis das massas. Química Alimentar. 2009;113(1):121–6. Disponível em: https://www.sciencedirect.com / science / article / pii /S0308814608008583 . Acesso em: 14 nov 2024. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.07.035.
38. Cerqueira JS, et al. Farinha de banana verde como fonte de amido resistente: aspectos funcionais e de saúde. Ciência Tecnol Alim.Rodrigues, FM et al. Potencial funcional da farinha de banana verde para o controle glicêmico. Revista de Ciências da Saúde, v.
39. Menezes RL, Silva JT, Lima EA. Farinha de banana verde e seu potencial na redução do índice glicêmico de alimentos. J Bras Nutr.
40. Alves MF, et al. Compostos bioativos de banana verde e seus benefícios para a saúde. Rev Bras Nutr Func. 2020; 3:56–67.
41. Santana PR, Assis DS. Influência do amido resistente da farinha de banana verde na saciedade. Rev Alimentos Saúde. 2018; 4:18
42. Ferreira CA, Andrade LS. Aplicações e benefícios da farinha de banana verde na alimentação de pessoas com intolerância ao glúten. Rev Nutr C.
43. Rosa DC, Campos LC. Sustentabilidade e redução do desperdício através da utilização de subprodutos de banana na indústria alimentícia. Rev Brás Sustentabi
44. Trinidad TP, Mallillin AC, Valdez DH, Loyola AS, Mercado FC, Castilho JC, et al. Fibra dietética da farinha de coco: um alimento funcional. Innov Food Sci Emerg Technol. 2004;7(4):309–17.
45. Copra. Farinha de coco. Maceió, 2016. Disponível em: http ://www.com.com .br/produto /80 /farinha-d-coco. Acesso em: 23/01/2024
46. Silva J, Almeida R. Propriedades funcionais da farinha de coco. Ciênc Nutr. 2020;8(1):
47. Santos D, e outros. Farinha de coco: efeitos na redução do colesterol e controle glicêmico. Rev Bras Endocrinol. 2021;7(2):77
48. Martins L, Costa F, Pereira J. Propriedades nutricionais e usos da farinha de coco. Cad Ciênc Tecnol Alim. 2019;15(3):56–65.
49. Alves R, Carvalho T. Impacto do consumo de farinha de coco na saúde digestiva. Rev Bras Nutr Func. 2018;5(2):34–
50. Oliveira M, Ferreira A. Farinha de coco e seus benefícios na dieta sem glúten. J Nutr Saúde Pública. 2022;12(4):102–10.

51. Pinto S, et al. Consumo excessivo de farinha de coco e seus riscos à saúde. Estud Alim Func. 2023;9(1
52. Lazaridou A, Marinopoulo A, Biliaderis CG. Impacto do tamanho de partícula da farinha e do tratamento hidrotérmico na reologia da massa e na qualidade de biscoitos de cevada. Food Hydrocoll. 2019;87:561–9.
53. Oliveira IM, Melo FS, Sousa MM, Menezes MS, Paz EO, Cavalcanti MS. Utilização de farinhas alternativas em produtos de panificação: uma revisão literária. Res Soc Dev. 2020;9(9) :e441996228 . doi: 10.33448/rsd-v9i9.6228.
54. Morales D, et al. Revisão do potencial antioxidante e de ácidos graxos da chia (Salvia hispanica L.). Rev Ciênc Rural. 2019. Disponível em: SciELO.
55. Oliveira R, Souza M, Rodrigues L. Composição nutricional da chia e seu uso em alimentos funcionais. J Bras Nutr Func. 2020. Disponível em: SciELO.
56. Coelho MS, Sallas-Mellado M. Efeitos da substituição da farinha de trigo por farinha ou sementes de chia (Salvia hispanica L.) na qualidade do pão. LWT-Food Sci Technol. 2015;60(2):729–36.
57. Iglesias-Puig E, Haros M. Avaliação do desempenho de massa e pão incorporando chia (Salvia hispanica L.). Eur Food Res Technol. 2013;237:865–74.
58. Espinosa DR, et al. Fibra dietética da chia e controle de apetite. Ciênc Nutr. 2018;1:78–89.
59. Fernandes RA, Ribeiro LC. Efeitos das fibras da chia na saúde intestinal. Rev Bras Ciênc Saúde. 2021;4:102–15.
60. Gonçalves RM, et al. Potencial antioxidante da farinha de chia na prevenção de doenças crônicas. J Nutr Saúde Prevent. 2020;17(1):65–79.
61. Costa AM, Mendes LB. Benefícios do consumo de chia na saúde cardiovascular. Rev Bras Cardiol Prevent. 2018;2:156–70.
62. Vasconcelos JP, Silva RA. A chia como fonte proteica em dietas vegetarianas. Rev Nutr Saúde Pública. 2019;4:244–55.
63. Carvalho MS, Pereira FJ. Aplicação de farinha de chia em produtos sem glúten. Rev Nutr Func Saúde. 2021;3:212–24.
64. Ribeiro TG, et al. Farinhas alternativas como solução sustentável na indústria alimentícia. Rev Agroecol Desenvolv Sustent. 2018;1:90–104
65. Santos VH, Ribeiro MS, Silva TB. Fibras e antioxidantes em farinhas alternativas: impacto na alimentação. Rev Ciênc Nutr Func. 2017;4:230–45.
66. Pereira FM, Silva AC, Moreira LM. Efeitos dos compostos bioativos de farinhas alternativas na prevenção de doenças. J Bras Nutr. 2019;3:156–69.
67. Almeida JS, Carvalho AF. Potencial nutritivo e funcional das farinhas alternativas. Rev Bras Alim Func. 2021;5:102–15.
68. Rodrigues JA, Moreira AL, Santana EJ. Farinhas de frutas tropicais: composição e benefícios à saúde. Ciênc Tecnol Alim. 2018;2:130–41.
69. Martins RT, Gomes FS, Alves PC. Desenvolvimento de produtos sem glúten com uso de farinhas alternativas. Rev Bras Ciênc Tecnol Alim. 2019;4:398–407.
70. FreitasLB, Souza MA. Alimentos sem glúten: uma revisão sobre alternativas alimentares para celíacos. Dieta Rev Nutr Clin. 2020;3:47–59.
71. Silva LA, Pereira RM, Costa JL. Farinhas alternativas e a economia circular: benefícios ambientais e econômicos. Rev Bras Sust Inov. 2021;2:87–101.
72. Mendonça DR, et al. A economia circular na indústria de alimentos e o papel dos subprodutos. Rev Ciênc Ambient Sustent. 2018;2:122–36.

Capítulo 19

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-19

ESTUDO COMPARATIVO DA COMPOSIÇÃO DO LEITE DE VACAS EM CONDIÇÕES DE MANEJO SEMELHANTES

Guilherme Henrique Salgado; Isadora Rocha Ribeiro; Maria Fernanda Alves Mendonça; Ana Paula Stort Fernandes*; Dayana Silva Batista Soares; Ellen Godinho Pinto; Wiaslan Figueiredo Martins

** Email: ana.stort@ifgoiano.edu.br*

Resumo: A produção de leite no Brasil representa uma parcela significativa da produção mundial, sendo um alimento completo e rico em nutrientes. O Estado de Goiás está na sexta posição em relação à captação de leite nacional. Diversas variáveis, como dieta dos animais e condições sanitárias, influenciam a composição do leite cru. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características químicas e microbiológicas do leite de quatro vacas com genótipo A2A2 em uma propriedade rural no município de Morrinhos, Goiás. Os resultados mostraram variações significativas nos teores de gordura, proteína, lactose e contagem de células somáticas (CCS) entre os animais avaliados. A composição do leite foi influenciada por fatores como manejo, dieta e fisiologia individual dos animais. A pesquisa ressalta a necessidade de monitoramento constante e sugere a implementação de estratégias de manejo individualizados para otimizar a qualidade do leite, além da importância de práticas adequadas de manejo e seleção genética para melhorar a qualidade do leite.

Palavras-chave: genótipo A2A2; manejo de ordenha; qualidade do leite

INTRODUÇÃO

A produção total de leite no ano de 2023 foi estimada em 710.089 milhões de quilogramas (kg), e o Brasil foi responsável por produzir 36.359 milhões de kg, contribuindo com 5,1% da produção mundial, ocupando a posição atrás da Índia, Estados Unidos, Paquistão e China (1). O relatório da Associação Brasileira da Indústria de Lácteos Longa Vida ainda indica que o consumo aparente per capita total foi de 183 litros por ano.

O leite é um alimento completo, rico em nutrientes, composto por proteínas com alto valor biológico, carboidratos, gorduras, vitaminas e minerais, principalmente fósforo e cálcio. Existem diversas pesquisas que comprovam a efetividade dos produtos lácteos na promoção da saúde humana, incluindo a prevenção de problemas cardiovasculares, hipertensão e auxílio na prevenção de certos tipos de câncer (2).

Diversas variáveis podem interferir na composição do leite cru, como a dieta dos animais, a relação volumoso/concentrado e questões sanitárias, tanto durante a ordenha quanto no ambiente onde os animais estão inseridos. Além disso, o sistema de criação, extensivo ou intensivo, também exerce influência (3,4). Outros fatores importantes para avaliação da qualidade do leite incluem a contagem de células somáticas (CCS) e

contagem padrão de placas (CPP) (5,6). Essas analises fornecem informações essenciais sobre a saúde do animal e da qualidade do leite (7).

A CCS e mensurada pela quantidade de células por milímetro (mL), enquanto a CPP é expressa em unidades formadoras de colônia (UFC). Os limites aceitáveis para essas contagens variam conforme a regulamentação de cada país. Por exemplo, na União Europeia, o limite máximo permitido para a CPP é de 100.000 UFC/ml (8), enquanto no Brasil é de 300.000 UFC/ml [9]. No caso da CCS, a União Europeia estabelece um limite de até 400.000 células somáticas/ml, ao passo que, no Brasil, o máximo permitido é de 500.000 células somáticas/ml (8,9).

A CCS possui relação direta com a imunologia dos animais, sedo uma ferramenta importante para identificar infecções intramamárias (IMI) em vacas leiteiras. Durante a lactação, os níveis de CCS variam em função de diversos fatores, apresentando elevação no momento do parto devido á maior demanda energética para suportar os processos fisiológicos e manter o sistema imunológicos em um período de maior vulnerabilidade. Após esse pico, a CCS diminui gradualmente nas primeiras semanas de lactação. A mastite bovina é uma das principais causas do aumento da CCS, configurando-se como uma doença inflamatória multifatorial que compromete a qualidade e a quantidade do leite produzido.

Essa condição pode manifestar-se de forma clínica, com sinais evidentes de inflamação no úbere e alterações no leite, ou subclínica, na qual não há sintomas aparentes, mas a produção de leite é igualmente afetada. Entre as causas da mastite estão infecções por microrganismos, fatores ambientais e traumas físicos ou químicos. Métodos como o Teste de Mastite da Califórnia (CMT) auxiliam na identificação precoce de animais infectados, associado diretamente os níveis elevados de CCS à presença de IMI e contribuindo para o manjo eficaz da saúde do rebanho (10–12).

As forrageiras são a principal fonte de alimentação dos ruminantes, que possuem a capacidade de utilizar alimentos fibrosos, aproveitando seus nutrientes e os transformando em produção devido à sua anatomia. Com o avanço da mecanização e das novas tecnologias, a formulação da dieta desses animais tornou-se cada vez mais precisa, possibilitando a intensificação e o aumento da produtividade. Assim, a produção em sistemas de confinamento, onde os animais são mantidos em locais fechados, sob maior controle ambiental, tornou-se predominantemente na produção de leite, utilizando dietas à base de ração mista total, as quais correspondem a cerca de 90% da produção mundial de leite. Esses sistemas apresentam a vantagem de permitir a produção ao longo de todo o ano, minimizando os efeitos das variações climáticas (13).

A composição química do leite possui relação direta com a nutrição dos animais, cujas dietas são formuladas de acordo com o sistema produtivo das propriedades, considerando o foco de produção, como leites com maior ou menor teor de gordura, por exemplo (14).

Outro aspecto de relevância que interfere na composição química do leite está relacionado à genética, na qual os animais podem apresentar os genes A1 e A2, responsáveis por produzir uma variante da caseína, a beta-caseína, a principal proteína do leite. Essa proteína é composta por um conjunto de aminoácidos que se diferenciam em sua estrutura.

O leite A2A2 é proveniente de animais geneticamente selecionados, capazes de produzir exclusivamente a beta-caseína A2. Diferente da A1, a beta-caseína A2 está menos associada ao desenvolvimento de reações alérgicas. Assim, o leite A2 é recomendado como uma alternativa para pessoas alérgicas ao consumir leite convencional (15).

Zanon et al. (16) apontam que a composição físico-química e microbiológica do leite pode variar entre propriedades devido a fatores com manejo, estrutura, raça, dieta e também entre os animais de um mesmo rebanho.

Assim sendo, o objetivo deste estudo foi avaliar as características químicas e microbiológicas de quatro animais com genótipo A2A2 em uma propriedade no município de Morrinhos, Goiás.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no município de Morrinhos – GO, cidade situada na Região Sul Goiana. De acordo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022), sua população estimada é de, aproximadamente, 51.351 habitantes.

As amostras de leite foram coletadas em um único dia do mês de junho de 2024, em uma propriedade rural da região. Participaram do experimento quatro vacas de raças Holandesas e Girolando, que tiveram amostras recolhidas na primeira ordenha do dia.

As alíquotas foram distribuídas em frascos falcon de 40 mL contendo conservante celular Bronopol®, homogeneizadas e alocadas em caixas isotérmicas contendo gelo. Para análise da composição química do leite foram verificados os teores de gordura, proteína, caseína, lactose, sólidos totais (ST), sólidos não gordurosos (SNG) e contagem de células somáticas (CCS), por métodos de infravermelho utilizando o equipamento Milkoscan 4000 Ò (Foss Electric A/S. Hillerod, Denmark). Para a determinação da contagem bacteriana total (CPP), as amostras de leite cru refrigerado foram acondicionadas em frascos plásticos padronizadas e adicionadas do conservante Azidiol®, determinadas por meio do equipamento Bactoscan FC® (Foss Electric A/S. Hillerod, Denmark), o qual emprega a técnica de citometria de fluxo.

Todas as amostras foram enviadas para o Laboratório de Qualidade do Leite do Centro de Pesquisa em Alimentos da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás (LQL/CPA/UFG), credenciado pela Rede Brasileira de Qualidade do Leite.

Os ensaios foram realizados em duplicata. Utilizou o software STATISTICAL® 7.0 (Statsoft Statistica for Windows, 2007) para a tabulação dos dados, que foram submetidos à análise de variância (ANOVA) seguidos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são apresentados os teores médios de gordura, proteína, lactose e CCS dos quatro animais avaliados, os quais demostram significância ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para as variáveis sólidos totais, caseína e sólidos não gordurosos, não foi observado diferença estatística.

Tabela 1 - Valores médios e erro padrão da gordura (g/100g), proteína (g/100g), lactose (g/100g), CCS (CSx 100/mL)

Amostra	Gordura (g/100g)	Proteína (g/100g)	Lactose (g/100g)	CCS (x100 CS/ml)
1	0,99 D	2,83 D	4,20 D	28,00 B
2	2,045 C	3,06 C	4,40 C	63,50 B
3	2,10 B	3,33 B	4,69 B	128,00 B
4	2,21 A	3,53 A	4,77 A	474,00 A
Coeficiente de variação (%)	0,27	0,35	0,18	25,80

Medias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey ($p<0,05$). CCS: contagem de células somáticas.

A instrução normativa n° 76, de 26 de novembro de 2018 (9), estabelece que o leite cru deve atender a alguns parâmetros físico-químicos, como por exemplo, o teor mínimo de gordura, que é de 3,0 g/100g. Neste estudo todos os animais apresentaram medias abaixo da exigência da IN 76/2018. É importante destacar que o método de coleta pode influenciar nestas variáveis, considerando que o leite foi coletado no início da ordenha, de forma manual, com a eliminação dos primeiros jatos e a realização da coleta antes da colocação das teteiras.

Com a crescente demanda por produtos com alto teor de gordura destinado à produção de derivados lácteos, a quantidade de gordura no leite aumentou nos últimos 20 anos (17). A qualidade dos derivados lácteos está diretamente relacionada à composição da gordura, sendo esta considerada de alta qualidade quando apresenta lipídios bioativos. Além disso, a gordura do leite é uma importante fonte de energia (18).

Diversos fatores influenciam a quantidade de gordura no leite, como dietas com alto teor de concentrados, alimentos altamente processados e de rápida degradação, mudanças na dieta sem período adequado de adaptação e estresses ambientais, como estresse térmico ou manejo inadequado. Além disso, o desnate também pode explicar os valores abaixo dos padrões para extrato seco total e normais para extrato seco desengordurado observado em algumas amostras (19)

Para os teores de proteína, a amostra 1 apresentou a menor média (2,83 g/ 100g), seguido pelas amostras 2, 3 e 4, com médias de 3,06; 3,33 e 3,53 g/100g, respectivamente. O teor mínimo de proteína exigido pela normativa brasileira é de 2,9g/100g, sendo que apenas a amostra 1 apresentou valor abaixo do exigido.

Os teores de proteína no leite estão diretamente relacionados à dieta fornecida ao animal. O aumento da síntese de proteína microbiana no rúmen contribui para um maior fluxo de proteína ao intestino delgado, onde cerca de 64% é metabolizável, sendo utilizada na lactação. Isso proporciona maior disponibilidade de aminoácidos presentes na corrente sanguínea, otimizando a composição proteica do leite (20).

De maneira similar às demais variáveis, a amostra 1 apresentou o menor teor de lactose (4,20 g/100g) em relação aos outros animais, além de ter registrado uma média inferior ao exigido pela normativa brasileira, que estabelece o valor mínimo de 4,3 g/100g.

Antanaitis et al. (21), investigaram a relação entre as concentrações de lactose no leite e fatores como ruminação, alimentação e locomoção, além de variáveis como produção de leite, gordura, proteínas, proporções de gordura-proteína. Com conclusão, recomendou-se monitorar regularmente os níveis de lactose como indicadores de alterações comportamentais e fisiológicas. Foi sugerido ajustar a dietas de vacas com níveis de lactose iguais ou superiores a 4,70%, visando manter a qualidade proteica do leite enquanto se promove maior produção. Além disso, implementar estratégias para estimular a atividade física em vacas com menor movimento pode melhorar seu bem-estar geral e desempenho produtivo.

A CCS de todos os animais está em conformidade com o estabelecido pela legislação brasileira. As médias apresentaram diferenças significativas entre si, sendo que a amostra 4 registrou a maior média, conforme apresentando na Tabela 1.

A amostra 4 apresentou as maiores médias de gordura, proteína, lactose e CSS, enquanto a amostra 1 apresentou as menores médias para as mesmas variáveis químicas. Com isto, é possível observar que, mesmo sob as mesmas condições manejo, ambiente e dieta, a qualidade do leite pode variar de acordo com a fisiologia do animal.

Manzocchi et al. (22) avaliaram a composição do leite e do queijo de vacas alimentadas com feno, silagem e forragem fresca no pasto ou confinadas, mantendo o padão de fornecer o mesmo lote de alimento para os animais. Concluiu-se que o método

da utilização da forragem alterou as composições físico-químicas do leite, mesmo quando o alimento apresentava a mesma composição bromatológica.

Tabela 2 - Teor de sólidos totais de diferentes animais em um mesmo rebanho

Amostra	Sólidos totais (g/100g)	IN 76/2018*
1	10,22	11,4
2	10,53	
3	10,71	
4	11,33	
Coeficiente de variação (%)	7,38	

Médias expressas em g/100g. *Referente a normativa n° 76, de novembro de 2018.

Em relação aos sólidos totais, não houve diferença significativa entre as médias dos animais, no entanto, todas as medias foram abaixo ao exigido pela IN 76/2018.

Alves (23) avaliou a qualidade e quantidade do leite das raças Jersey e Holandesas, e para o parâmetro sólidos totais, também obteve valores inferiores estabelecidos pela IN 76/2018.

O teor de sólidos totais é a soma de todos os componentes do leite, exceto a água, enquanto os sólidos totais desengordurados são obtidos excluindo também a gordura. Os sólidos não gordurosos do leite são compostos por proteínas, lactose, minerais, vitaminas e outros elementos. A redução dos valores de sólidos totais pode indicar práticas inadequadas, como a adição de água ou o processo de desnate. A análise desses parâmetros é essencial para detectar fraudes no leite, especialmente aquelas relacionadas à diluição com água, garantindo a qualidade e a conformidade do produto (24).

Tabela 3: Teor de CPP de diferentes animais em um mesmo rebanho

Amostra	CPP	IN 76/2018
1	4,5	300
2	9	
3	5	
4	6	
Coeficiente de variação (%)		

Médias expressas em x1.000 UFC/ml. *Referente a normativa n° 76, de novembro de 2018.

Para a CPP, não houve diferença significativa entre os animais. Além disso, as médias obtidas estão dentro do padrão exigido pela legislação. Diversos fatores contribuem para uma baixa contagem de CPP, como a higiene durante a ordenha, que inclui a limpeza previa dos tetos, o *pré-dipping* e o *pós-dipping*, a manutenção e limpeza do equipamento de ordenha, bem como o conforto das vacas, incluindo a disponibilidade adequada de camas, alimentação, e manejo racional (25,26).

CONCLUSÃO

A pesquisa demonstrou que a composição química do leite é influenciada por diversos fatores, incluindo a fisiologia individual dos animais. A variação nos teores de gordura, proteína e lactose entre os animais indica a necessidade de monitoramento constante para garantir a qualidade do leite produzido. Assim, sugere-se a implementação de estratégias de manejo individualizado para otimizar a qualidade do leite e futuras pesquisas para explorar a influência de diferentes dietas e condições ambientais. Esses resultados ressaltam a importância de práticas de manejo adequadas e da seleção genética para melhorar a qualidade do leite.

AGRADECIMENTO

Ao Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, por todo apoio durante a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Relatório ABLV – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE LÁCTEOS LONGA VIDA. Disponível em: https://ablv.org.br/o-setor/relatorio-ablv/. Acesso em: 2 nov. 2024.

2. ANUÁRIO Leite 2024: avaliação genética multirracial. - Portal Embrapa. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1164754/anuario-leite-2024-avaliacao-genetica-multirracial. Acesso em: 2 nov. 2024.

3. Chiado Rana, A.; Cazeau, G.; Bougeard, S.; Bethune, K.; Chochois, V.; Teyssier, C.; Valat, C. A retrospective multivariate case-control approach to investigate factors influencing the sanitary quality of raw milk cheeses. Applied Food Research 2024:100617. https://doi.org/10.1016/J.AFRES.2024.100617.

4. Tadesse, A.; Gebremichael, D.; Hailay, B.; Hailemariam, F.; Hadgu, H.; Kalayu, G. The effect of season and agro-ecology on physicochemical properties of cow's raw milk in Central and North-Western Zone of Tigray, Ethiopia. Heliyon 2024;10:e39050. https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2024.E39050.

5. Yang, L.; Sun, X.; Chen, J.; Zhang, J.; Li, X.; Qu, S.; Wu, K.; Huang, F.; Chen, A. Simultaneous determination of somatic cell count and total plate count in raw milk based on ATP bioluminescence assay. Anal Chim Acta 2024;1331:343338. https://doi.org/10.1016/J.ACA.2024.343338.

6. de Geus, Y.; Scherpenisse, P.; Smit, L.A.M.; Bossers, A.; Stegeman, J.A.; Benedictus, L.; Spieß, L.; Koop, G. Total bacterial count and somatic cell count in bulk and individual goat milk around kidding: Two longitudinal observational studies. J Dairy Sci 2024;107:5427–37. https://doi.org/10.3168/JDS.2023-24574.

7. Sun, X.; Zhao, R.; Wang, N.; Zhang, J.; Xiao, B.; Huang, F.; Chen, A. Milk somatic cell count: From conventional microscope method to new biosensor-based method. Trends Food Sci Technol 2023;135:102–14. https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2023.03.020.

8. Regulamento - 853/2004 - EN - EUR-Lex. Disponível em: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=celex%3A32004R0853. Acesso em: 23 nov. 2024.

9. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 76, DE 26 DE NOVEMBRO DE 2018 - Imprensa Nacional. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-

/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/52750137/do1-2018-11-30-instrucao-normativa-n-76-de-26-de-novembro-de-2018-52749894IN%2076. Acesso em: 23 nov. 2024.

10. Huhtanen, P.; Bayat, A.R. Milk somatic cell count affects feed efficiency through increased heat production of lactating dairy cows. Livest Sci 2024;284:105479. https://doi.org/10.1016/J.LIVSCI.2024.105479.

11. Keinprecht, H.; Irimaso, E.; Rosel, A.C.; Stessl, B.; Ntakirutimana, C.; Marek, L.; Fischer, O.W.; Szostak, M.P.; Zöchbauer, J.; Wittek, T.; Müller, E.; Desvars-Larrive, A.; Feßler, A.T.; Braun, S.D.; Schwarz, S.; Spergser, J.; Ehling-Schulz, M.; Monecke, S.; Ehricht, R.; Ruppitsch. W.; Grunert, T.; Loncaric, I. Diversity of Staphylococcus aureus associated with mastitis from dairy cows in Rwanda. J Glob Antimicrob Resist 2024;36:326–35. https://doi.org/10.1016/J.JGAR.2024.01.017.

12. Sargeant, J.M.; Leslie, K.E.; Shirley, J.E.; Pulkrabek, B.J.; Lim, G.H. Sensitivity and Specificity of Somatic Cell Count and California Mastitis Test for Identifying Intramammary Infection in Early Lactation. J Dairy Sci 2001;84:2018–24. https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(01)74645-0.

13. Magan, J.B.; O′Callaghan, T.F.; Kelly, A.L.; McCarthy, N.A. Compositional and functional properties of milk and dairy products derived from cows fed pasture or concentrate-based diets. Compr Rev Food Sci Food Saf 2021;20:2769–800. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12751.

14. Clarke, H.J.; Fitzpatrick, E.; Hennessy, D.; O'Sullivan, M.G.; Kerry, J.P.; Kilcawley, K.N. The Influence of Pasture and Non-pasture-Based Feeding Systems on the Aroma of Raw Bovine Milk. Front Nutr 2022;9:841454. https://doi.org/10.3389/FNUT.2022.841454/BIBTEX.

15. Ferreira, V.N.P.; Pichara, W.G.; Valente, G.L.C. Hypoallergenic effect of A2A2 milk proteins. Research, Society and Development 2024;13:e2513545732–e2513545732. https://doi.org/10.33448/RSD-V13I5.45732.

16. Zanon, T.; Franciosi, E.; Cologna, N.; Goss, A.; Mancini, A.; Gauly, M. Alpine grazing management, breed, and diet effects on coagulation properties, composition, and microbiota of dairy cow milk by commercial mountain-based herds. J Dairy Sci 2024;107:7648–58. https://doi.org/10.3168/JDS.2023-24347.

17. USDA ERS - Farm Milk Components and Their Use Among Dairy Products Have Shifted Over Time. Disponível em: https://www.ers.usda.gov/amber-waves/2021/august/farm-milk-components-and-their-use-among-dairy-products-have-shifted-over-time/. Acesso em: 24 nov. 2024.

18. Daley, V.L.; Armentano, L.E.; Hanigan, M.D. Models to predict milk fat concentration and yield of lactating dairy cows: A meta-analysis. J Dairy Sci 2022;105:8016–35. https://doi.org/10.3168/JDS.2022-21777.

19. Luiz, D.J.; Simões, B.N; Tamostu S.R.; Casale, A.A.L. Avaliação físico-química e microbiológica do leite UHT comercializado em três países do Mercosul (Brasil, Argentina e Paraguai). Archivos Latinoamericanos de Nutricion 2010.

20. Cardoso, R.B.; Pedreira, M.D.S.; De Rech, C.L.S.; De Silva, H.G.O.; Rech, J.L.; Schio, A.R.; Aguiar, L.V.; Silva, A.S.; Da Silva, H.A. Produção e composição química do leite de vacas em lactação mantidas a pasto submetidas à diferentes sistemas alimentares. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal 2017;18:113–26. https://doi.org/10.1590/S1519-99402017000100011.

21. Antanaitis, R.; Džermeikaitė, K.; Krištolaitytė, J.; Girdauskaitė, A.; Arlauskaitė, S.; Tolkačiovaitė, K.; Baumgartner, W. The Relation between Milk Lactose Concentration and the Rumination, Feeding, and Locomotion Behavior of Early-Lactation Dairy Cows. Animals 2024;14:836. https://doi.org/10.3390/ANI14060836.

22. Manzocchi, E.; Martin, B.; Bord, C.; Verdier-Metz, I.; Bouchon, M.; De Marchi, M.; Constant, I.; Giller, K.; Kreuzer, M.; Berard, J.; Musci, M.; Coppa, M. Feeding cows with hay, silage, or fresh herbage on pasture or indoors affects sensory properties and chemical composition of milk and cheese. J Dairy Sci 2021;104:5285–302. https://doi.org/10.3168/JDS.2020-19738.

23. ALVES. J.F. PARÂMETROS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS DO LEITE. Bacharel em Engenharia de Alimentos. Lages-RS, Centro Universitário Unifacvest 2019.

24. SANDOVAL, V.L.; Ribeiro, L.F. Qualidade do leite: sua influência no processamento, requisitos obrigatórios e sua importância para o produto final. Revista Getec 2021.

25. Key Mastitis Control Points for Best Milk Quality | Ohio Dairy Industry Resources Center. Disponível em: https://dairy.osu.edu/newsletter/buckeye-dairy-news/volume-23-issue-4/key-mastitis-control-points-best-milk-quality. Acesso em: 25 nov. 2024.

26. Using Bacterial Counts as a Tool for Trouble-shooting Problems. Disponível em: https://extension.psu.edu/using-bacterial-counts-as-a-tool-for-trouble-shooting-problems. Acesso em: 25 nov. 2024.

Capítulo 20

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-20

CONTROLE DE QUALIDADE DE BIOINOCULANTES PRODUZIDOS ON FARM

Tenille Ribeiro de Souza; Eliza Gonçalves de Sousa ;Aline Brito Vaz; Erasmo Ribeiro da Paz Filho; Juliana Nascimento Silva; Laryssa Márcia Caetano ; Lucas Facundo Silva ; Michelle Carlota Gonçalves ; Leonardo Cunha Albuquerque; Nadson de Carvalho Pontes

Tenille Ribeiro de Souza– Email: tenillemicro@gmail.com

Resumo: Bioinsumos, como inoculantes, são insumos biológicos que promovem práticas agrícolas sustentáveis ao aumentar a produtividade e reduzir o uso de químicos. No estado de Goiás, eles beneficiam a agricultura familiar, mas a produção on farm enfrenta desafios de qualidade e regulamentação. Este estudo avaliou a pureza microbiológica de inoculantes produzidos on farm no sul de Goiás, destacando seu potencial para a sustentabilidade agrícola. O estudo avaliou 24 amostras de inoculantes on farm de agricultores, analisando a viabilidade e concentração dos microrganismos no Laboratório de Fitopatologia (LAFIP), IF Goiano – Campus Morrinhos, seguindo o Manual de Análises de Bioinsumos. Das 24 amostras avaliadas, apenas 4 estavam livres de contaminantes, enquanto 7 não apresentaram crescimento, indicando problemas de qualidade. A produção on farm enfrenta desafios como contaminação e falta de viabilidade dos microrganismos, reforçando a importância de optar por inoculantes certificados, fabricados sob rigoroso controle. Assistência técnica e melhores tecnologias de armazenamento e transporte são essenciais. Com avanços na biotecnologia, espera-se maior eficiência, segurança e acessibilidade nos inoculantes, equilibrando benefícios econômicos e ambientais com a segurança alimentar.

Palavras–chave: agricultura familiar; inoculantes; on farm

INTRODUÇÃO

O termo bioinsumo, etimologicamente, refere-se a “insumo de origem biológica”. Contudo, ainda não há um conceito amplamente aceito na literatura que abarque sua complexidade, considerando o sistema produtivo agrícola e a demanda por esses insumos (1). No Brasil, o termo é frequentemente utilizado como sinônimo de produtos biológicos, como bioinseticidas, biofertilizantes e bioinoculantes. Apesar disso, sua aplicação vai além dos sistemas agrícolas, com potencial de uso na produção animal e no processamento de produtos de origem animal e vegetal. Essa associação ao setor agrícola se dá principalmente pelos avanços no controle de pragas, doenças e pela melhoria na nutrição de plantas e fertilidade do solo (2). Entre os bioinsumos utilizados na agricultura, destacam-se os inoculantes, que desempenham um papel essencial na promoção de práticas agrícolas sustentáveis (1).

Esses produtos naturais, obtidos de microrganismos, plantas ou animais, contribuem para a proteção e o aumento da produtividade das culturas. Os inoculantes se mostram uma alternativa eficaz para elevar a produtividade, reduzir custos e preservar o meio ambiente. Compostos por microrganismos benéficos, como bactérias e fungos, esses

produtos auxiliam na fixação biológica de nitrogênio, solubilização de nutrientes, controle de pragas e promoção do crescimento vegetal. Sua aplicação é comum em culturas como soja, feijão, milho e pastagens, sendo indispensáveis para a sustentabilidade agrícola (2).

Além disso, os bioinsumos derivados de microrganismos e seus metabólitos possuem propriedades promotoras de crescimento e biocontrole. Suas moléculas bioativas são específicas, biodegradáveis e ecologicamente corretas, contribuindo para a preservação do ecossistema. Produtos naturais têm o potencial de complementar ou substituir agroquímicos, reduzindo a dependência de insumos sintéticos. Entretanto, desafios como a manutenção da eficácia em condições de armazenamento e campo precisam ser superados para viabilizar o sucesso comercial dessas formulações (3).

No estado de Goiás, marcado pela diversidade agrícola e predominância da agricultura familiar (5), o uso de inoculantes é uma estratégia eficaz para reduzir o uso de fertilizantes e defensivos químicos, que frequentemente elevam os custos de produção. Esses bioinsumos aumentam a produtividade, melhoram a disponibilidade de nutrientes, promovem a sustentabilidade ambiental e ampliam a resiliência das culturas frente a estresses abióticos, como seca e salinidade. Tais benefícios são especialmente valiosos para pequenos agricultores, que enfrentam limitações financeiras e dependem da viabilidade econômica de cada safra (6).

A produção on farm, uma alternativa promovida por empresas do setor, permite a produção de microrganismos diretamente na fazenda, reduzindo significativamente os custos em comparação aos produtos formulados (1). No entanto, essa prática enfrenta críticas pela ausência de regulamentação e controle de qualidade. O Decreto 10.833/2021 isenta de registro os produtos fitossanitários produzidos exclusivamente para uso próprio em sistemas de produção orgânica ou convencional. Contudo, a falta de assistência técnica adequada e de mão de obra especializada compromete a qualidade e a eficiência desses bioinsumos, expondo os produtores a riscos (7).

Um dos principais problemas associados à produção on farm é a contaminação do sistema, que pode reduzir a eficiência ou inativar completamente o organismo-alvo. Além disso, há riscos relacionados à patogenicidade dos microrganismos para humanos, animais e plantas, contrariando o rigor de controle de qualidade aplicado aos produtos biológicos formulados e registrados (8).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade de inoculantes produzidos on farm, em propriedades agrícolas ao sul do estado de Goiás, com foco em sua pureza microbiológica e potencial de contribuição para a sustentabilidade da agricultura familiar.

MATERIAL E MÉTODOS

AVALIAÇÃO DE INOCULANTES

O trabalho foi realizado no Instituto Federal Goiano - Câmpus Morrinhos no Laboratório de Fitopatologia (LAFIP).

Diferentes amostras de produção on farm foram avaliadas, sendo um total de 24 amostras de diferentes produtores da região sul do estado de Goiás.

A avaliação da qualidade dos inoculantes foi realizada conforme as diretrizes do Manual de Análises de Bioinsumos para uso Agrícola: Inoculantes. O processo incluiu diluições seriadas em solução salina a 0,85%, seguidas de plaqueamento em meio TSA (Triptona de Soja com Ágar) para a contagem de colônias de bactérias com exceção da bactéria *Bradyrhizobium* sp. onde foi utilizado o meio de Extrato de Levedura Manitol Ágar (YMA) e para fungos, onde foi utilizado o meio Batata Dextrose Ágar (BDA)

(Figura 1). Esse procedimento permitiu quantificar e verificar a viabilidade e concentração dos microrganismos nos inóculos, assegurando a consistência das amostras (9).

Figura 1- Metodologia empregada na avaliação do controle de qualidade das amostras de inoculantes produzidos on farm em propriedades do sul de Goiás

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das vinte e quatro amostras avaliadas (Tabela 01), somente quatro estavam livres de contaminantes e sete com ausência de crescimento. Vale ressaltar que todas as amostras foram transportadas até o laboratório em caixa térmica e em sua maioria apresentaram odor desagradável.

Tabela 01- Resultado da avaliação no controle de qualidade de inoculantes produzidos on farm no sul do estado de Goiás

Amostra	Tipo	Microrganismo	Contagem total UFC*mL^{-1}	Contaminantes
1	Líquido	*Pseudomonas fluorescens*	Ausência de crescimento	Presentes
2	Líquido	*Trichoderma harzianum*	Ausência de crescimento	Presentes
3	Líquido	*Bradyrhizobium* sp	2,72 x 10^9	Presentes
4	Líquido	*Bacillus* sp	3,3 x 10^9	Presentes
5	Líquido	*Pseudomonas* sp	8,8 x 10^9	Presentes
6	Líquido	*Bacillus aryabhattai*	3,7 x 10^7	Presentes
7	Líquido	Bokashi (mix de microrganismo)	6,9 x 10^9	-
8	Líquido	*Trichoderma* sp	Ausência de crescimento	Presentes
9	Líquido	*Bradyrhizobium* sp	4,2 x 10^6	Presentes
10	Líquido	*Bacillus* sp	6,5 x 10^7	Presentes
11	Líquido	*Pseudomonas* sp	5,2 x 10^6	Ausentes
12	Líquido	*Bacillus aryabhattai* sp	1,98 x 10^7	Presentes
13	Líquido	Bokashi (mix de microrganismo)	6, 7 x 10^7	-
14	Líquido	*Trichoderma* sp	1,1 x 10^6	Ausentes
15	Líquido	*Bacillus aryabhattai*	2,2 x 10^8	Ausentes
16	Líquido	*Bacillus amyloliquefaciens*	6,3 x 10^8	Ausentes
17	Líquido	*Cordyceps javanica*	Ausência de crescimento	Presentes
18	Líquido	*Cordyceps javanica*	Ausência de crescimento	Presentes
19	Líquido	*Cordyceps javanica*	Ausência de crescimento	Presentes
20	Líquido	*Bacillus pumilus*	8,88 x 10^6	Presentes
21	Líquido	*Pseudomonas fluorescens* e *Chlororaphis*	7,6 x 10^6	Presentes
22	Líquido	*Methylobacterium symbioticum*	9,2 x 10^6	Presentes
23	Líquido	*Pseudomonas fluorescens*	3,16 x 10^8	Presentes
24	Líquido	*Trichoderma harzianum*	Ausência de crescimento	Presentes

Algumas amostras apresentaram concentração inferior a 10^7 (amostras 1, 9 e 11), o que pode ser considerado inferior a alguns produtos comerciais. A concentração celular é um parâmetro importante para eficiência de um insumo microbiológico, uma vez que a dose recomendada para sua utilização será baseada neste parâmetro. Baixas ou elevadas concentrações de um determinado produto podem, por exemplo, impactar negativamente a produtividade das culturas. No entanto, a concentração celular não pode ser utilizada como parâmetro único de qualidade, uma vez que não permite a discriminação entre os microrganismos de interesse e contaminantes com morfologia semelhante.

Embora possa levar a reduções de custos, a produção na fazenda, on farm, pode levar riscos para as plantações, a saúde e a cadeia de suprimentos. Uma pesquisa conduzida por Hungria et al. (10), em colaboração com a Embrapa, avaliaram amostras coletadas em fazendas dos estados de Mato Grosso e Goiás. Os resultados revelaram que

mais de 90% das amostras de agentes de controle biológico produzidos localmente não continham o microrganismo desejado O mesmo foi observado para inoculantes, com casos em que nenhuma das amostras analisadas continha a bactéria esperada. Por exemplo, as amostras 1, 2, 8, 17, 18, 19 e 24 (Tabela 1) não apresentaram o microrganismo-alvo, como o *Trichoderma harzianum* (Figura 2)

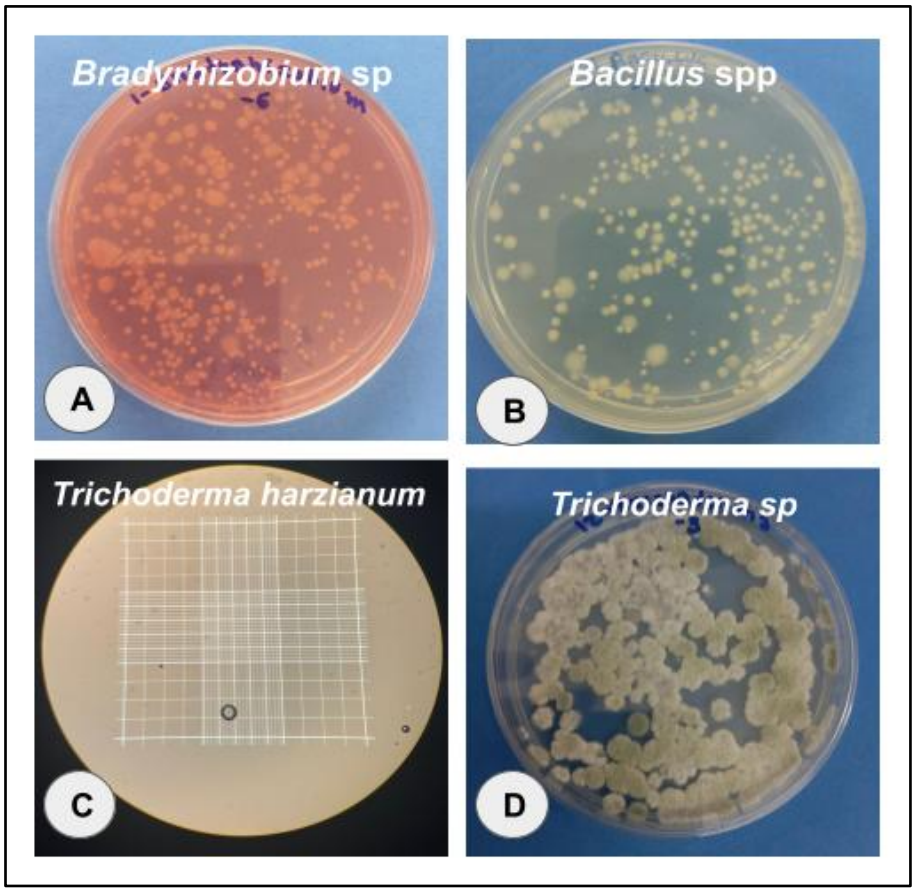


Figura 2- A- Colônias *Bradyrhizobium* sp + Contaminantes em meio YMA (Amostra 03); B- Colônias *Bacillus* sp + Contaminantes em meio TSA; C- Colônias *Trichoderma harzianum* com ausência de crescimento (Amostra 24) D- Colônias *Trichoderma* sp ausente de contaminantes em meio BDA (Amostra 14).

As bactérias, especialmente do gênero *Bacillus*, predominam entre os inoculantes, e junto aos fungos encontram aplicação tanto em biocontrole, como em biofertilizantes. As algas estão principalmente relacionadas aos biofertilizantes, enquanto vírus e protozoários associam-se de forma predominante ao biocontrole. Os gêneros com associação mais destacada ao conjunto de documentos de biofertilizantes são *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bradyrhizobium*, *Glomus*, *Methylobacterium*, *Glucanocetobacter* e *Nitrospirillum*. Já os gêneros *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Trichoderma*, *Streptomyces, Paenibacillus, Penicillium* e *Pantoea*, além de estarem relacionados a biofertilizantes, também possuem um substancial associação ao biocontrole. Dentre eles, *Streptomyces, Penicillium* e *Pantoea* mostram uma relação mais expressiva com os documentos classificados como fungicida (8).

Neste trabalho, avaliamos inoculantes à base de bactérias dos gêneros *Bacillus*, *Pseudomonas* e *Bradyrhizobium*. Identificamos a presença de contaminantes nas amostras 1, 3, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 15, 20, 21 e 23 (Tabela). Bocatti et al. (9) avaliou 18 amostras de produção on farm e obteve 85 isolados. Desses, apenas um foi compatível com um microrganismo de interesse, sendo identificado como *Azospirillum brasilense.* Entre os 84 isolados restantes, foram identificados 25 gêneros microbianos, dos quais

44% eram potenciais agentes patogênicos para humanos, incluindo *Acinetobacter* sp., *Enterobacter* sp., *Enterococcus* sp., *Escherichia* sp., *Klebsiella* sp., *Pseudomonas* sp., *Staphylococcus* sp. e *Stenotrophomonas* sp. Embora não tenhamos realizado a identificação específica dos contaminantes neste estudo, o odor desagradável das amostras analisadas era evidente.

Diante disso, há casos em que o produtor não aplica a quantidade recomendada de insumo orgânico na lavoura, e ainda acredita estar correndo um grande risco ao introduzir contaminantes que podem trazer riscos fitossanitários à saúde de quem irá manusear e consumir os produtos (10).

O principal desafio na formulação de inoculantes é preservar a natureza "viva" do ingrediente ativo. O inoculante deve ser capaz de manter as células vivas desde o processo de produção até o final do período de armazenamento, conservando suas propriedades funcionais até o momento de uso. Essa característica do agente biológico difere das formulações químicas de produtos agrícolas que mantêm sua eficácia mesmo após longos períodos de armazenamento (14). Com isso, a produção on farm pode ser um desafio para o produtor visto que na maioria das vezes ele não encontra uma condição ideal para multiplicação de microrganismos na fazenda.

Para potencializar o êxito da inoculação, a formulação de um inoculante deve associar vários aspectos, dentre eles: proporcionar um ambiente de preservação para os microrganismos (teor e qualidade da água, composição, pH), permitindo uma taxa ótima de crescimento e impedindo a redução de sua população durante o transporte, armazenamento e após introdução no solo, facilidade de uso, sustentável e de baixo custo de produção (11, 15).

CONCLUSÕES

A escolha por inoculantes de qualidade comprovada é, portanto, essencial para o sucesso da agricultura sustentável e para a segurança das cadeias de produção agrícola. A produção on farm, embora promissora para reduzir custos, apresenta desafios significativos relacionados à garantia da viabilidade e pureza dos microrganismos, além de riscos associados à introdução de contaminantes potencialmente prejudiciais.

Dessa forma, recomenda-se que os produtores optem por inoculantes certificados e fabricados sob controle rigoroso, com protocolos que garantam a presença do microrganismo alvo e sua funcionalidade no campo. Além disso, a assistência técnica especializada e o investimento em tecnologia para armazenamento e transporte podem ser diferenciais importantes para assegurar os benefícios do uso de bioinsumos na agricultura.

Com os avanços na pesquisa e desenvolvimento de biotecnologias agrícolas, espera-se que novas formulações e métodos de produção tornem os inoculantes ainda mais eficientes, seguros e acessíveis. Assim, será possível equilibrar os benefícios econômicos e ambientais proporcionados pelos bioinsumos com a segurança alimentar e a preservação da saúde humana e ambiental.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal Goiano campus Morrinhos, a FUNAPE e ao Centro de excelência em Bioinsumos CEBIO pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS

1. OLIVEIRA, Silvia Souza de; SANTOS, Priscila Rohem dos. **Bioinsumos na agricultura: inoculantes**. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/assuntos/informacao/13_12_2023_RadarInoculantesfinal.pdf>Acesso em: 25 nov. 2024.

2. VIDAL, M. C.; SALDANHA, R.; VERISSIMO, M. A. A. Bioinsumos: o programa nacional e a sua relação com a produção sustentável. In: GINDRI, D. M.; MOREIRA, P. A. B., VERISSIMO, M. A. A. (org.). Sanidade vegetal: uma estratégia global para eliminar a fome, reduzir a pobreza, proteger o meio ambiente e estimular o desenvolvimento econômico sustentável. 1 ed. Florianópolis: CIDASC, 2020.

3. OWEN, D., WILLIAMS, AP, GRIFFITH, GW, & WITHERS, PJ. Uso de bioinoculantes comerciais para aumentar a produção agrícola por meio da aquisição melhorada de fósforo. **Applied Soil Ecology**, v. 86, p. 41-54, 2015.

4. PATHMA, J., KENNEDY, R. K., BHUSHAN, L. S., SHANKAR, B. K., & THAKUR, K. Microbial Biofertilizers and Biopesticides: Nature's Assets Fostering Sustainable Agriculture. In: PRASAD, R.; et al. Recent Developments in Microbial Technologies. Springer. 2021. Disponível: https://doi.org/10.1007/978-981-15-4439-2_2. Acesso em: 20 nov. 2024.

5. SOUZA, P. M. D., FORNAZIER, A., SOUZA, H. M. D., PONCIANO, N. J.L. Diferenças regionais de tecnologia na agricultura familiar no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, p. 594-617, 2019.

6. XAVIER, GUSTAVO RIBEIRO; RUMJANEK, NORMA GOUVÊA; GUEDES, REJANE ESCRIVANI. Fixação biológica de nitrogênio: inoculante. Embrapa Agrobiologia. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao-caupi/producao/manejo-do-solo-e-adubacao/fixacao-biologica-de-nitrogenio/inoculante> Acesso em: 25 nov. 2024.

7. BRASIL. Decreto nº 10.833, de 7 de outubro de 2021. Altera o Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, que regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 out. 2021.

8. SANTOS, Adailson; DINNAS, Sophia; FEITOZA, Adriane. Qualidade microbiológica de bioprodutos comerciais multiplicados on farm no Vale do São Francisco: dados preliminares. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 34, 2020.

9. BOCATTI, Camila Rafaeli. Qualidade microbiológica de inoculantes de Bradyrhizobium spp. e Azospirillum brasilense produzidos *on farm*. Dissertação (Mestrado em Microbiologia) Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2024.

10. FERREIRA, E.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. **Manual de análises de bioinsumos para uso agrícola: inoculantes**. 2024.

11. HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C.; GRAHAM, P.H. Contribution of biological nitrogen fixation to the N nutrition of grain crops in the tropics: the success of soybean (Glycine max L. Merr.) in South America. In: SINGH, R.P.; SHANKAR, N.; JAIWAL, P.K., eds. Nitrogen nutrition and sustainable plant productivity. Houston, Texas: Studium Press, 2006.

12. DOS SANTOS, João Pedro; DE OLIVEIRA, Ana Laura Paula; PUTTI, Fernando Ferrari. Bioinsumos na agricultura: panorama tecnológico das patentes biológicas. Revista de Gestão e Secretariado, v. 15, n. 9, p. e4137-e4137, 2024.

13. EMBRAPA. A Embrapa divulgou a divulgação sobre a produção de biosumos na fazenda. em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias//noticia/66275700/embrapa-divulga-recomendacoes-tecnicas-sobre-a-producao-debioinsumos-on-farm> Acesso em: 23/11/2024.

14. XAVIER I.J.; HOLLOWAY, G.; LEGGETT, M. Development of rhizobial inoculant formulations. Online Crop Manag Netw, 2004.

15. BASHAN, Y. Inoculants of plant growth-promoting bacteria for use in agriculture. Biotechnol Adv, v.16, p. 729–770, 1998.

Capítulo 21

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-21

ABORDAGEM SIMPLIFICADA PARA MODELAGEM DO CRESCIMENTO DE *Listeria monocytogenes* EM FATIAS DE QUEIJO BRANCO EMBALADO A VÁCUO

Artur Braga Brasil; Luany Eleutério de Oliveira;Lucas Bomfim da Silva; Maria Fernanda Neiva; Ellen Godinho Pinto; Dayana Silva Batista Soares ; Ana Paula Stort Fernandes; Wiaslan Figueiredo Martins*

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: wiaslan.martins@ifgoiano.edu.br*

Resumo: Este estudo vai se tratar sobre o crescimento de *Listeria monocytogenes* em queijos branco fatiado, embalado a vácuo e armazenado em diferentes temperaturas, sendo elas 5 °C, 10 °C, 15 °C e 20°C. Foi utilizado o software *ComBase* para se obter dados experimentais e com base no trabalho de Ulich (1), o crescimento bacteriano foi modelado por meio dos modelos de Baranyi e Roberts. A pesquisa revela como as condições de armazenamento influenciam a proliferação do patógeno, destacando a importância do controle de temperatura para a segurança de alimentos. Os resultados mostraram boa adequação dos modelos aos dados experimentais, com destaque para o modelo linear, que apresentou o melhor ajuste. O modelo linear apresentou o melhor ajuste aos dados, com um coeficiente de determinação de 0,9859, superior ao obtido pelo modelo exponencial, que alcançou 0,9652, indicando sua maior precisão para descrever o crescimento bacteriano nas condições avaliadas. Além disso, a temperatura desempenhou um papel crucial na velocidade específica máxima de crescimento, ao comparar os valores em 5 °C (0,0116) e 20 °C (0,103), observou-se um aumento significativo, de aproximadamente 11%, destacando a influência direta da elevação da temperatura no comportamento bacteriano. Esses achados reforçam a necessidade de implementar práticas rigorosas de controle de temperatura ao longo de toda a cadeia produtiva e de distribuição de queijos embalados.

Palavras–chave: *ComBase*; *Listeria monocytogenes*; queijo branco, temperatura, vácuo

INTRODUÇÃO

O queijo branco em suas diversas formas é amplamente apreciado e consumido no Brasil e no mundo. Reconhecido por sua versatilidade, sabor leve e características nutricionais, ele ocupa lugar de destaque na dieta de muitas pessoas. Contudo, sua natureza altamente perecível e o processo de produção artesanal ou industrial envolvem riscos significativos de contaminação microbiológica, que podem comprometer a qualidade do alimento e a saúde do consumidor (2).

Entre os microrganismos de maior relevância na contaminação de queijos destaca-se a *Listeria monocytogenes*, uma bactéria patogênica capaz de causar a listeriose, doença de impacto severo, especialmente em gestantes, recém-nascidos, idosos e pessoas imunocomprometidas. Esse microrganismo apresenta características que dificultam seu controle, como a capacidade de crescer em baixas temperaturas, tornando-se uma

preocupação constante na indústria de alimentos (3). Estudos apontam sua presença em queijos que podem estar relacionados à inadequação de práticas de higienização, manipulação e armazenamento, além de falhas no controle de qualidade durante a fabricação (4).

Com a evolução das práticas industriais, a embalagem a vácuo tem sido amplamente utilizada como estratégia para prolongar a vida útil de queijos e proteger contra contaminações externas. Apesar de suas vantagens, a eficácia desse método depende de fatores como a qualidade inicial do produto e as condições de armazenamento, incluindo temperatura, umidade e tempo de conservação. Essas variáveis podem influenciar diretamente a proliferação de patógenos, mesmo em produtos embalados (5).

O estudo das condições de armazenamento também tem papel central nesse contexto. A manutenção de temperaturas adequadas e o controle do ambiente de estocagem podem retardar o crescimento microbiano, aumentando a segurança de alimentos e garantindo a qualidade do produto. Nesse sentido, a utilização de mecanismos como a microbiologia preditiva permite prever o comportamento de microrganismos em diferentes cenários, subsidiando ações mais eficazes para o controle de risco (6).

A pesquisa científica nesse campo não apenas contribui para a segurança, mas também impacta positivamente a indústria de alimentos, promovendo inovação tecnológica e sustentabilidade. Investigações detalhadas sobre os mecanismos de contaminação e as formas de mitigação permitem o desenvolvimento de soluções que atendem aos padrões rigorosos de qualidade e às expectativas dos consumidores. Por meio de um esforço conjunto entre ciência, tecnologia e indústria, é possível minimizar os riscos associados ao consumo de queijos e oferecer produtos mais seguros e saudáveis (7).

Nesse artigo, exploramos os principais desafios relacionados à produção, contaminação e conservação de queijos brancos embalados a vácuo, com foco na influência das condições de armazenamento, principalmente temperatura, sobre o comportamento microbiano, ressaltando a *L. monocytogenes*. Também discutimos os avanços tecnológicos e científicos que têm contribuído para melhorar a qualidade e segurança desses alimentos, dando destaque para práticas baseadas em evidências do setor de laticínios. Assim, objetivou-se utilizar uma abordagem simplificada para modelar o crescimento de *L. monocytogenes* em queijo branco fatiado, embalado a vácuo e armazenado em diferentes condições isotérmicas utilizando o *Combase*.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados para compor esse estudo foram retirados do software *ComBase*, utilizando a categoria de alimentos "*cheese*", o microrganismo "*Listeria monocytogenes*" e uma faixa de temperatura entre 5 °C e 20 °C, pH 6,8 e atividade de água (a_w) 0,971. A partir disso foram selecionadas informações referentes ao crescimento ($\log_{10}$ UFC/g) de *L. monocytogenes* em queijo branco fatiado, considerando 4 temperaturas de armazenamento: 5 °C, 10 °C, 15 °C e 20 °C. Esses dados foram extraídos do estudo conduzido por Ulich (1), intitulado "*Effect of storage temperature on the growth on Listeria monocytogenes on queso blanco slices*", o qual foi publicado no "*Journal of Food Safety*".

Para realizar uma análise mais biológica sobre a presença de microrganismos e seus efeitos nos alimentos armazenados, foi empregado o modelo matemático de Baranyi e Roberts (8). Esse modelo descreve a dinâmica do crescimento microbiano ao longo do tempo, sendo um modelo sigmoidal primário com uma função de ajuste, representado pelas equações 1, 2 e 3. O modelo foi ajustado às curvas experimentais de *Listeria*

monocytogenes em fatias de queijo branco embaladas a vácuo armazenada a diferentes temperaturas.

$$y(t) = y_0 + \mu_{max}F(t) - log\left[1 + \frac{exp(\mu_{max}F(t))-1}{exp(y_{max}-y_0)}\right] \quad (1)$$

$$F(t) = t + \left(\frac{1}{\mu_{max}}\right) log[exp(-\mu_{max}t) + exp(-h_0) - exp(-\mu_{max}t - h_0)] \quad (2)$$

$$h_0 = \mu_{max}\lambda \quad (3)$$

Nas equações, y(t) representa o logaritmo da concentração de microrganismos N (UFC/g) no tempo t (horas), ou seja, y(t) = log [N(t)]. O parâmetro $\mu_{máx}$ corresponde à velocidade específica máxima de crescimento (h^{-1}); λ indica a duração da fase de latência (h); y é o logaritmo da concentração inicial de microrganismos, com y_0 = log (N_0); $Y_{máx}$ é o logaritmo da concentração máxima, com $Y_{máx}$ = log ($N_{máx}$); h_0 é um parâmetro relacionado ao estado fisiológico das células (adimensional); e F(t) representa a função do modelo de Baranyi e Roberts.

O modelo secundário linear (Eq. 4) e exponencial (Eq. 5) foram usados para descrever o efeito da temperatura na velocidade específica máxima de crescimento ($\mu_{máx}$), em que *a*, *b* e *c* são parâmetros empíricos e T é a temperatura de armazenamento (°C).

$$\mu_{máx} = aT + b \quad (4)$$

$$\mu_{máx} = aexp^{(bT)} \quad (5)$$

Os ajustes do modelo primário aos dados experimentais de crescimento de *L. monocytogenes*, em fatias de queijo branco embalados a vácuo nas temperaturas de 5 °C, 10 °C, 15 °C e 20 °C foram feitos utilizando o DMFit online, por meio da interface do *ComBase*. O ajuste foi realizado em uma única etapa, permitindo a obtenção dos parâmetros $\mu_{máx}$, λ, y_0 e $y_{máx}$.

Para avaliar a performance do modelo primário, foram utilizados o Coeficiente de Determinação (R^2) e o Erro Padrão (EP) do ajuste, obtidos no DMFit. Um valor de R^2 = 1 e EP = 0 indicam uma correspondência perfeita entre os dados experimentais e os valores ajustados dos modelos para o parâmetro $\mu_{máx}$ em função da temperatura de armazenamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados experimentais utilizados neste estudo foram extraídos da pesquisa de Ulich (1). Neste trabalho, os autores investigaram o crescimento de *L. monocytogenes* em fatias de queijo branco de estilo hispânico, conhecido como “Queso Blanco”. Sua produção é comumente realizada de forma artesanal, até mesmo em residências utilizando leite cru, o que dificulta ainda mais o controle de qualidade sobre esses alimentos.

As curvas de crescimento do microrganismo foram elaboradas a partir de pesquisas realizadas em fatias de queijo branco, observando a influência da temperatura sobre o crescimento de *L. monocytogenes* nas seguintes temperaturas: 5 °C, 10 °C, 15 °C e 20 °C. O modelo de Baranyi e Roberts foi ajustado aos dados com auxílio do software *ComBase*, o qual apresentou um ótimo desempenho em todas as condições analisadas.

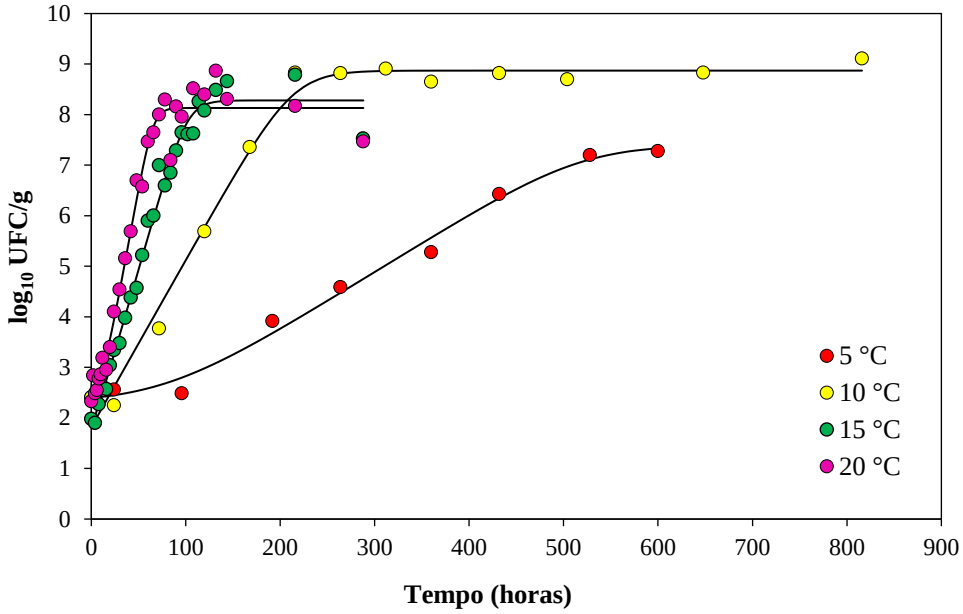


Figura 1– Curvas de crescimento de *Listeria monocytogenes* em fatias de queijo branco e os ajustes do modelo de Baranyi e Roberts aos dados experimentais nas temperaturas de 5 °C, 10 °C, 15 °C e 20 °C de armazenamento. No gráfico, os dados experimentais estão representados pelos símbolos em círculo e a linha representa o ajuste do modelo de Baranyi e Roberts.

Tabela 1 - Parâmetros de crescimento de *Listeria monocytogenes* estipulados de acordo com os modelos de Baranyi e Roberts, através do sistema *ComBase*, de acordo com as variações de temperaturas de 5 °C, 10 °C, 15 °C e 20 °C.

Temperatura (°C)	**Parâmetros de crescimento**			**Índices estatísticos**	
	$\mu_{máx}$ (1/h)	λ (h)	$y_{máx}$ ($\log_{10}$ UFC/g)	R^2	Erro padrão
5	0,0116	84,348	7,407	0,986	0,236
10	0,033	0	8,871	0,986	0,313
15	0,0654	2,537	8,281	0,984	0,299
20	0,103	10,472	8,132	0,979	0,351

Diante dos resultados, pode-se afirmar que a temperatura é um fator determinante no desenvolvimento de microrganismos. Cada espécie possui uma faixa de temperatura específica para sua multiplicação, abrangendo limites mínimo, ótimo e máximo. Esse fator influencia diretamente o crescimento microbiano e a velocidade de multiplicação, que aumenta à medida que a temperatura se aproxima do valor ótimo (9). Ao observar a figura 1 e a tabela 1 é possível verificar que a velocidade específica máxima de crescimento de *L. monocytogenes* em queijo branco variou de 0,0116 h^{-1} a 0,103 h^{-1} para as temperaturas de 5 °C a 20 °C, respectivamente, demonstrando que a velocidade é diretamente proporcional com o aumento da temperatura. Segundo Fagundes *et al*. (10), armazenamento em baixas temperaturas é utilizado para diminuir o crescimento da população microbiana, porém, é importante destacar que períodos prolongados de estocagem nessas condições aumenta o risco de alterações no produto devido à ação de microrganismos psicotróficos, como os do gênero *Pseudomonas* spp.

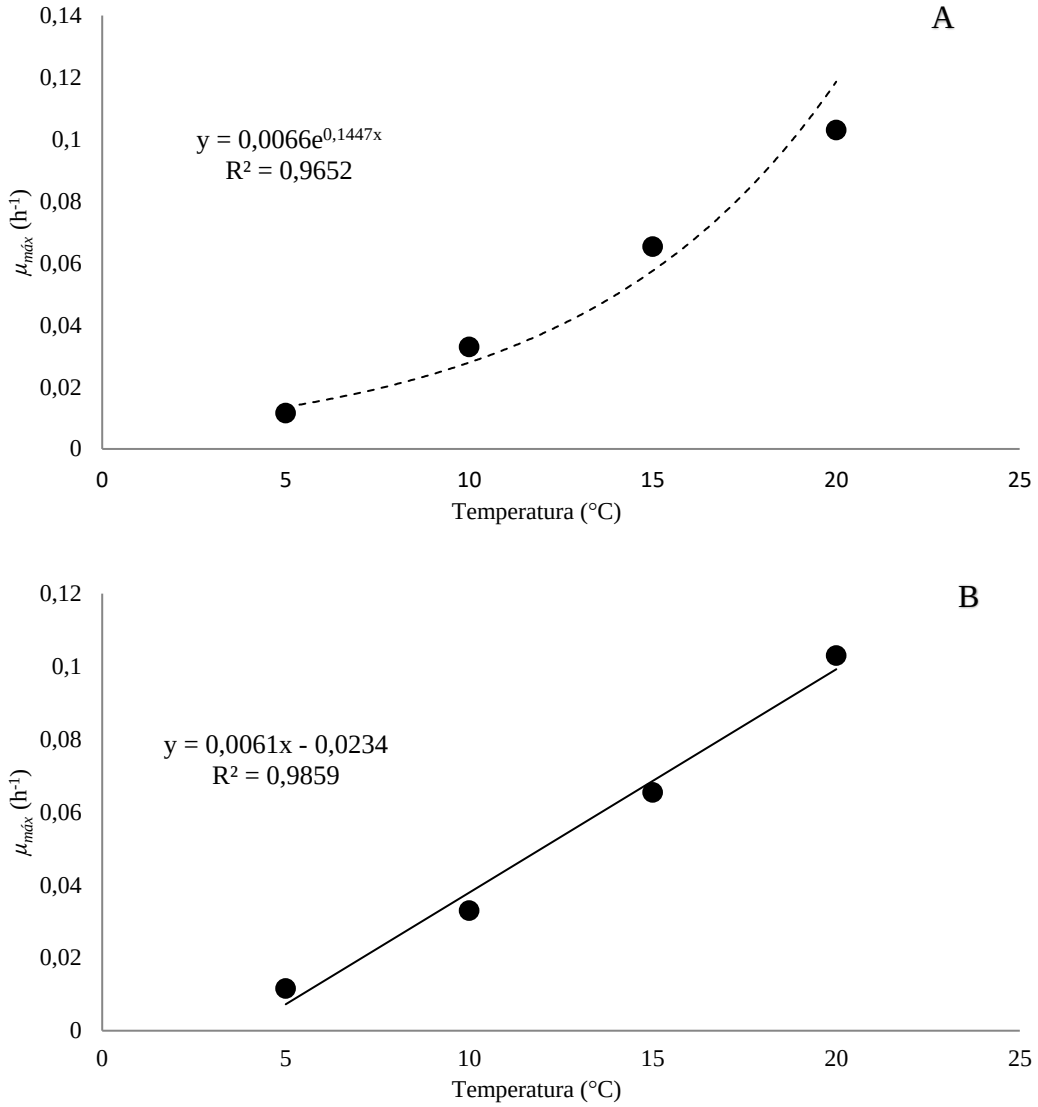


Figura 2 - Modelos secundários exponencial (A) e linear (B) representando a influência da temperatura na velocidade específica máxima de crescimento ($\mu_{máx}$) de *Listeria monocytogenes* em queijo branco: os gráficos ilustram a relação entre a temperatura de armazenamento (5 °C, 10 °C, 15 °C e 20 °C) e a velocidade específica máxima de crescimento ($\mu_{máx}$), com suas respectivas equações e coeficientes de determinação (R^2) para cada modelo.

Tabela 2 - Representação dos resultados expressos matematicamente, mostrando os diferentes resultados de R^2 em comparação aos modelos, linear e exponencial.

Modelo	**Equação**	**R^2**
Linear	$\mu_{máx}$ = 0,0061*(T) - 0,0234	0,9859
Exponencial	$\mu_{máx} = 0{,}0066e^{0,1447*(T)}$	0,9652

Ao observar os resultados da figura 2, é possível verificar de forma qualitativa que ambos os modelos apresentam bom ajuste aos dados experimentais, sendo os modelos secundários representados na tabela 2 aptos a serem usados para predizer a velocidade específica máxima de crescimento de *L. monocytogenes* nas condições estudadas e em condições que não extrapolam a temperatura no intervalo entre 5 °C e 20 °C.

Os modelos citados acima, exponencial e linear apresentaram valores acima de 0,9, revelando que os resultados expressam um ajuste satisfatório (11), o modelo de maior

destaque foi o linear, já que o seu resultado foi o mais próximo de 1 chegando a um R^2 de 0,9859 e o exponencial alcançando um R^2 de 0,9652.

CONCLUSÕES

Os resultados desta pesquisa evidenciam a importância do controle térmico na conservação de *Listeria monocytogenes* em queijo branco fatiado embalado a vácuo, destacando a suscetibilidade da bactéria a temperaturas controladas. Observou-se que temperaturas isotérmicas mais elevadas promovem a multiplicação bacteriana, elevando o risco à segurança dos alimentos. O modelo linear mostrou-se o mais adequado para descrever o crescimento bacteriano nas condições avaliadas, reforçando sua aplicabilidade em estudos preditivos. Esses achados evidenciam a necessidade de práticas rigorosas de controle de temperatura ao longo da cadeia de produção e distribuição de queijos embalados. Além disso, sugerem que investigações futuras explorem a influência de outros parâmetros, como pH, atividade de água e diferentes formulações de queijos, para aprimorar estratégias de segurança e qualidade no setor lácteo.

REFERÊNCIAS

1. Uhlich GA, Rogers DP, Mosier DA. Effect of storage temperature on the growth of *Listeria monocytogenes* on Queso Blanco slices. J Food Saf. 2006;26:202-14.

2. Silva NT, Lima JE, Oliveira LS. Condições de produção, transporte e comercialização de leite e derivados em municípios brasileiros [Internet]. Brasília, DF: Embrapa; 2010 [acesso em 2024 nov 24]. Disponível em: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/878429

3. Navarro G, Guzmán A, Torres M. Producción lechera en sistemas de pequeña escala en América Latina. Rev Latinoam Prod Anim [Internet]. 2010 [acesso em 2024 nov 24];18(1):1-17. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/929/92970208.pdf

4. Raimundo DC. Caracterização molecular e fenotípica de isolados de *Salmonella* spp. oriundos de amostras avícolas e de produtos de origem avícola [tese na Internet]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2013 [acesso em 2024 nov 24]. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10134/tde-28062013-091254/publico/DANIELE_CRISTINE_RAIMUNDO_Original.pdf

5. Correia MS. Caracterização de compostos orgânicos voláteis em vinho por microextração em fase sólida acoplada à cromatografia gasosa [dissertação na Internet]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2014 [acesso em 2024 nov 24]. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74132/tde-29012015-155346/publico/ME7902520COR.pdf

6. Santos AN. Desenvolvimento de pão de queijo com substituição parcial da goma de tapioca por farinha de grão-de-bico [monografia na Internet]. Goiás: Instituto Federal Goiano; 2023 [acesso em 2024 nov 24]. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/itstream/prefix/3258/1/TCC_Aline%20Nunes%20dos%20Satos.pdf

7. Cândido GA, Nóbrega RS, Figueiredo AS, Souto Maior JRP. Avaliação da sustentabilidade de unidades de produção agroecológicas. Ambiente & Sociedade.

2015;18(3):99-120 [acesso em 2024 nov 24]. Disponível em: https://www.scielo.br/j/aib/a/bnRYSS XNWzxQ7fvWdvz3qqn/. Acesso em: 25 nov. 2024.

8. Baranyi J, Roberts TA. A dynamic approach to predicting bacterial growth in food. International Journal of Food Microbiology 1994; 23:277-294.

9. Oliveira R, Silva A, Souza J. Modelagem matemática do crescimento de *Pseudomonas* spp. em carne suína [monografia na Internet]. Goiás: Instituto Federal Goiano; 2023 [acesso em 2024 nov 24]. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/4413/1/1%20- %20Capi%CC%81tulo%2031%20-%20MODELAGEM%20MATEMA%CC%81TICA%20DO%20CRESCIMENTO%20DE%20PSEUDOMONAS%20SPP.%20EM%20CARNE%20SUI%CC%81NA.pdf

10. Fagundes CM, et al. Presença de *Pseudomonas* spp. em função de diferentes etapas da ordenha com distintos manejos higiênicos e no leite refrigerado. Ciência Rural 2006; 36:568-572.

11. Ross T. Indices for performance evaluation of predictive models in food microbiology. J Appl Bacteriol. 1996;81:501–8.

Capítulo 22

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-22

FATORES QUE INFLUENCIAM A PRODUÇÃO E O SABOR DO LEITE DE CABRA

Santos, Carlos Gabriel Alves; Santos, Andreia Cezario; Silva, Guilherme de Moura; Marques, João Pedro da Silva; Dias, Thaylon Pereira; Valente, Tiago Neves Pereira;
Salgado, Guilherme Henrique; Dos Santos, Wallacy Barbacena Rosa;
Ribeiro, Jeferson Corrêa; Oliveira, Eliandra Maria Bianchini

Afiliação: Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos

Resumo: A caprinocultura é uma importante área de produção agropecuária, onde demonstra grande potencial tanto produtivo quanto consumidor. No Brasil a maior parte do rebanho de caprinos está localizado na região nordeste, isto muito pelo fator que os animais terem se adaptado à região e por terem sido trazidos pelos colonizadores, e consequentemente influencia diretamente na situação econômica da região. O leite de cabra possui uma alta aceitabilidade devido suas características nutricionais e digestibilidade, sendo uma alternativa para pessoas com intolerância ao leite de vaca, por ser rico em ácidos graxos de cadeia curta e média. A gordura do leite é um nutriente muito importante e contribui significativamente para a formação do sabor caprino, principalmente devido à relação lipídio/lipólise. A idade do animal é um determinante significativo na produtividade leiteira. Cabras tendem a atingir o seu pico de lactação em sua terceira ou quarta lactação, enquanto cabras primíparas geralmente produzem menos leite, pois ainda direcionam parte de sua energia para o crescimento corporal. Além de oferecer diversificação da pecuária, pode oferecer benefícios econômicos e significativos para pequenos agricultores.

Palavras-chave: caprinocultura; manejo; pecuária

INTRODUÇÃO

A forma como ocorre a relação de uma pessoa com a sua alimentação estará muito ligada ao contexto cultural e ao grupo social a que ela pertence, podendo sofrer influências ligadas a costumes, condutas, celebrações de rituais e aspectos religiosos (SILVA, 2017).

Com o aumento da população mundial, que já ultrapassa os 7 bilhões de habitantes (FAO, 2013), a segurança alimentar se tornou um desafio. Todos os dias, mais de 200 mil pessoas se somam à demanda por alimentos, que depende do desenvolvimento econômico e do poder aquisitivo das famílias. O leite é um alimento de grande valor nutricional e cultural, que fornece proteínas, gorduras, vitaminas, minerais e outros componentes benéficos para a saúde.

Em 2019, a caprinocultura brasileira foi estimada em um rebanho de 11,3 milhões de cabeças, com mais alta densidade de efetivo na região Nordeste com 10,7 milhões de cabeças, equivalente a 94,5% do rebanho nacional. Dos dez Estados maiores produtores de caprinos no Brasil, sete estão localizados na região Nordeste. Considerando-se os últimos cinco anos, apesar de taxas de crescimento negativas na maioria das Grandes

Regiões do Brasil, as taxas de crescimento do rebanho caprino em nível nacional têm se mantido positivas, impulsionados pela região Nordeste (IBGE, 2019).

A produção de leite e carne de caprinos desempenha um papel importante na pecuária mundial, contribuindo significativamente para a segurança alimentar e no desenvolvimento sustentável e econômico, especialmente em regiões de clima árido e semiárido, onde outras atividades agropecuárias podem ser limitadas. Os caprinos são reconhecidos por sua capacidade de adaptação a condições adversas e por seu potencial produtivo em sistemas de manejo intensivo e extensivo.

O leite de cabra é amplamente valorizado por suas características nutricionais e digestibilidade, sendo uma alternativa para pessoas com intolerância ao leite de vaca (Haenlein, 2004). Ele é rico em ácidos graxos de cadeia curta e média, vitaminas e minerais, tornando-o uma matéria-prima importante na indústria de laticínios, como queijos e iogurtes. Além disso, o leite caprino possui propriedades funcionais que podem contribuir para a saúde humana, incluindo efeitos imunomoduladores e anti oxidantes *(*Park *et al*., 2007*)*.

Nesse contexto, a questão sensorial peculiar do leite, responsável principalmente pelo sabor acentuado, devido sua composição química, pode apresentar interferências de fatores genéticos, fisiológicos e principalmente do manejo envolvendo a nutrição animal. A alimentação dos caprinos tem grande influência nos componentes do leite, no caso, a gordura é uma das principais substâncias que pode sofrer essa alteração e, por conseguinte, modificar a produção do sabor característico (Delacroix-Buchet & Lamberet, 2000). Em questão lipídica, a dieta a base de pastagens em que estruturas presentes nas forrageiras possuem propriedades odoríferas, está diretamente ligada às particularidades sensoriais do produto lácteo (Coulon & Priolo, 2002).

Neste contexto, compreender as práticas de manejo, as raças mais adequadas para cada objetivo produtivo e os desafios enfrentados na produção de leite de caprinos é essencial para promover o avanço do setor e melhorar a sustentabilidade dos sistemas produtivos. O objetivo desta revisão bibliográfica é pontuar alguns fatores na produção de leite de cabras que influenciam o sabor do leite.

NUTRIÇÃO

A alimentação é um fator essencial na caprinocultura leiteira, pois influencia a saúde, a produtividade e a qualidade do leite produzido. A formulação de dietas específicas, ajustadas para atender às necessidades das diferentes fases fisiológicas das cabras, é crucial para garantir um manejo eficiente de dietas balanceadas que devem atender às demandas energéticas e proteicas das cabras leiteiras.

O complemento de volumosos de alta qualidade, como capim-elefante e silagem de milho, combinado com rações balanceadas, melhoraram o consumo e a digestibilidade dos nutrientes, refletindo em maior produção de leite e qualidade de seus componentes. A proteína bruta deve ser ajustada de acordo com o estádio de lactação para evitar desequilíbrios metabólicos (Mogami *et al.*, 2023). A substituição parcial do farelo de soja por ureia, é uma estratégia econômica e sustentável. Essa prática melhora o aproveitamento de nutrientes e reduz custos, sem comprometer a produção e composição do leite (Mendes *et al*., 2010).

O período de transição, que inclui o final da gestação e o início da lactação, é caracterizado por um aumento expressivo nas exigências metabólicas, enquanto o consumo de matéria seca (CMS) tende a diminuir. Rodrigues (2001) ressalta que o ajuste

nas dietas durante essa fase deve incluir aumento no teor de energia e proteína para atender às demandas do crescimento fetal e da produção de leite. Dietas com maior densidade energética (até 1,6 Mcal de energia líquida por quilograma de matéria seca) são recomendadas para minimizar balanços energéticos negativos e melhorar a produção de leite nas primeiras semanas de lactação.

A proporção adequada entre volumosos e concentrados nas dietas é essencial para a saúde ruminal e o desempenho produtivo. Costa *et al.* (2009) destacam que relações como 40:60 ou 50:50, com a inclusão de fontes de fibra de alta qualidade, como o feno de Tifton-85, promovem maior eficiência digestiva e maior produção de leite. No entanto, uma proporção excessiva de concentrado pode reduzir a gordura do leite, uma vez que afeta níveis de qualidade ruminal e a produção de ácido acético, precursor dessa gordura.

A composição química do leite é diretamente influenciada pela alimentação. Segundo Costa *et al.* (2009), a inclusão de óleos vegetais na dieta, como os de soja e girassol, pode aumentar os níveis de ácidos graxos insaturados, melhorando as propriedades nutricionais do leite. Por outro lado, um alto teor de concentrado na dieta pode reduzir a quantidade de gordura e alterar o perfil de ácidos graxos do leite devido à menor produção de ácido acético no rúmen.

COMPOSTOS VOLÁTEIS

Os compostos voláteis do leite afetam sua aceitação e podem ser considerados fator determinante para o consumo, uma vez que são abundantes no leite fresco. Muitas substâncias formadoras do sabor que estão presentes no leite de ovelhas são, provavelmente, originadas por intensas mudanças nos compostos do alimento durante a digestão e no metabolismo intermediário provenientes de processos microbianos e enzimáticos (Addis *et al.*, 2006), como consequência a suplementação da alimentação de ruminantes com lipídios pode alterar o sabor dos alimentos por interferir no processo de biohidrogenação ruminal, o qual possibilita mudanças ou modificações da fração volátil do leite (Delacroix-Buchet & Lamberet, 2000).

Um dos aspectos mais interessantes do leite de pequenos ruminantes segundo Sanz Sampelayo *et al.* (2007), diz respeito à natureza de sua gordura, porque além de ser o seu principal nutriente, é responsável pela origem de odores agradáveis ou desagradáveis. O leite de ovelhas e cabras (15-18%) possui uma quantidade significativa de ácidos graxos de cadeia curta composta de 6-10 átomos de carbono (Chilliard *et al.*, 2003), os quais propiciam um perfeito aproveitamento do produto pelo organismo, auxiliando no controle dos níveis de triglicerídeos no organismo humano.

Para o leite fresco, existem muitas vias bioquímicas e químicas para a formação de compostos voláteis. O sabor oxidado da gordura do leite vem principalmente dos ácidos linoléico e linolênico, bem como de outros ácidos graxos insaturados. A hidrólise de triacilgliceróis, catalisada por lipases, libera ácidos graxos de cadeia curta, que são determinantes no sabor dos laticínios (Hammond, 1998). Outro aspecto notável relativo ao perfil dos voláteis é o seu conteúdo de ácidos graxos de cadeia ramificada com menos de 11 átomos de carbono. Chilliard *et al.* (2001) afirmaram que estes compostos são em grande parte, responsáveis pelas características organolépticas dos produtos obtidos a partir do leite de pequenos ruminantes.

Vários autores (Fischer & Scott, 1997; Fernandez-Garcia *et al.*, 2004; Addis *et al.*, 2006;; Vazquez-Landaverde & Qian, 2007) reportaram a importância dos compostos voláteis no leite, relatando nas pesquisas as variações sofridas pelo leite de ruminantes através da relação do que foi consumido com o produzido e abordam a necessidade de mais estudos sobre a influência das dietas no sistema alimentar de ruminantes sobre a

qualidade do leite e seus produtos. Os compostos responsáveis pelo aroma e sabor possuem diferentes estruturas químicas derivadas dos principais componentes dos alimentos e suas características específicas são capazes de estimular os receptores reflexos do paladar e do olfato, para produzir uma resposta sincronizada e integrada, denominada paladar. Aroma, resultado da interação de diversos compostos voláteis, e o termo sabor referem-se aos compostos químicos responsáveis pela estimulação de receptores biológicos. Os clientes consideram que o sabor é uma das principais propriedades sensoriais, determinante na seleção, aceitação e ingestão dos alimentos.

A composição botânica das forragens que são ingeridas pelos ruminantes apresenta-se como um dos fatores que variam a qualidade sensorial do leite. Recentemente, vários estudos têm sido realizados para analisar o efeito específico da natureza das forragens, seu modo de conservação e diversidade botânica nas características sensoriais do leite (Coulon & Priolo, 2002).

TEOR DE GORDURA

A gordura do leite é um nutriente muito importante e contribui significativamente para a formação do sabor caprino, principalmente devido à relação lipídio/lipólise. Alguns autores sugerem que esta característica particular do leite de cabra se deve à presença de ácidos graxos de cadeia curta (capróico - C6:0, caprílico - C8:0, cáprico C10:0) com níveis duas vezes maiores que os do leite de vaca, difere química e sensorialmente. A atividade de lípases no leite resulta na liberação de ácidos graxos de cadeia curta especialmente de C6:0 a C10:0 e ácidos graxos ramificados (4-metiloctanóico e 4-etiloctanóico) responsáveis pelo flavour característico (Delacroix-Buchet & Lamberet, 2000).

Segundo Morand-Fehr *et al.* (2000), estudando as características do sabor do leite de cabra, verificaram que podem ser atribuídas à presença de lipídios, particularmente sob a forma dos ácidos graxos de cadeia curta (capróico - C 6:0, caprílico - C 8:0 e cáprico - C 10:0) quase três vezes maiores que no leite de vaca e, quando rompida, ativa enzimas, liberando ácidos graxos voláteis e de odores desagradáveis.

O chamado sabor de cabra, quando enfatizado, constitui um dos fatores de rejeição. Porém, não são conhecidas as substâncias responsáveis pelo sabor do leite de cabra e seus possíveis precursores. Alguns estudos têm sido realizados, relacionando-as a fatores genéticos associados à sua composição química e formas de manuseio do produto, com a consequente produção do sabor característico (Delacroix-Buchet & Lamberet, 2000).

Costa *et al.* (2008) verificaram que a utilização de silagem de maniçoba em dieta para cabras não confere mudanças sensoriais perceptíveis no leite. A inclusão de silagem de maniçoba na alimentação de cabras leiteiras em níveis de até 60% da dieta não altera a composição e as características sensoriais do leite. Já Queiroga *et al.* (2009), analisando a inclusão de diferentes tipos e níveis de óleos na dieta de cabras, concluíram que a adição de óleos vegetais, em particular óleo de algodão, eleva o conteúdo de gordura, bem como o sabor caprino no leite.

IDADE ANIMAL

A idade do animal é um determinante significativo na produtividade leiteira. Cabras tendem a atingir o seu pico de lactação em sua terceira ou quarta lactação,

enquanto cabras primíparas geralmente produzem menos leite, pois ainda direcionam parte de sua energia para o crescimento corporal (Goetsch *et al.*, 2011).

Animais mais velhos, embora possam manter boa composição do leite, apresentam redução na produtividade devido ao envelhecimento fisiológico e maior susceptibilidade a doenças (Delgado-Pertiñez *et al.*, 2003). Em seus Estudos Teixeira *et al.* (2006) mostraram que cabras mais jovens tendem a produzir leite com maior teor de gordura e sólidos totais, enquanto cabras mais velhas apresentam maior volume, mas menor concentração de sólidos. Isso pode ser estratégico para mercados que valorizam diferentes características do leite.

Além disso, a idade influencia a persistência da lactação. Em animais jovens, a persistência pode ser menor, enquanto em cabras mais experientes, estratégias de manejo, como a extensão do período de lactação, podem ajudar a estabilizar a produção (Morand-Fehr *et al.*, 2007).

O desmame em caprinos leiteiros é um processo crucial que influencia o desenvolvimento dos animais e a eficiência produtiva do rebanho. A idade média do desmame varia entre 60 e 90 dias (Costa *et al.*, 2015), podendo ser influenciada por fatores como raça, peso ao nascer, disponibilidade de leite materno e qualidade do leite artificial. Costa *et al.* (2015) destacam a importância do desmame adequado para evitar problemas de saúde nos cabritos, como diarreia e pneumonia. Além disso, o desmame precoce pode comprometer o desenvolvimento da glândula mamária nas fêmeas, afetando a produção leiteira futura.

O início da primeira lactação é outro marco importante no ciclo de vida das cabras leiteiras. A idade média da primeira aparição varia entre 12 e 18 meses (Araújo & Silva, 2010). No entanto, esse período pode ser influenciado por fatores genéticos, nutricionais e de manejo.

Araújo e Silva (2010) ressaltam a importância da primeira lactação para o estabelecimento da curva de lactação e para a longevidade produtiva das cabras. A idade precoce ao primeiro parto pode comprometer a vida útil do animal, enquanto o atraso no início da lactação pode reduzir a vida produtiva total.

PRESENÇA DO MACHO

Segundo Almeida (2006), o corpo dos bodes possui glândulas, de Schietzel, localizadas na região próxima à base dos chifres, responsáveis pela liberação de um odor específico conhecido como "odor hircino". Esse cheiro torna-se mais intenso durante a época reprodutiva, quando a produção de feromônios aumenta para estimular o comportamento sexual das cabras. Em algumas culturas, especialmente em animais destinados a exposições, essas glândulas são removidas para reduzir o odor.

O cheiro característico pode ser transferido para o leite das cabras que convivem perto dos bodes, comprometendo seu sabor e diminuindo seu valor comercial, o que pode causar exclusão por parte dos consumidores. Uma solução simples para evitar esse

problema é manter as cabras em lactação afastadas dos machos, garantindo que o leite não absorva o odor (Campos, 2006).

PRODUTIVIDADE

A produtividade leiteira dos caprinos pode ser influenciada por diversos fatores como: manejo alimentar, práticas de ordenha e o ambiente de produção. Segundo Moura *et al.* (2012), a escolha de raças especializadas é fundamental para garantir altos índices produtivos. De acordo com Morand-Fehr *et al.* (2007), a produção média diária de cabras da raça Saanen pode variar entre 2,5 e 4,5 litros, enquanto raças locais adaptadas às condições climáticas adversas produzem menos, mas com maior eficiência na utilização de recursos.

Alguns estudos mostram que sistemas intensivos podem proporcionar maior produção devido à disponibilidade constante de alimentos de alta qualidade, enquanto sistemas extensivos geralmente apresentam menor rendimento leiteiro, pois é dependente da sazonalidade dos pastos (Goetsch *et al.*, 2011; Delgado-Pertiñez *et al.*, 2003).

Além disso, a frequência de ordenha tem papel crítico na produtividade. Segundo estudos, a ordenha duas vezes ao dia pode aumentar significativamente o volume produzido, especialmente em cabras com alto potencial genético para produção de leite. Porém, a eficiência da ordenha depende do estágio da lactação, sendo mais eficaz no início, quando os animais apresentam pico produtivo (Morand-Fehr *et al.*, 2007; Contreras *et al.*, 2003).

Outro ponto relevante é a composição do leite ao longo da lactação. No final do ciclo, o volume diminui, mas ocorre um aumento na concentração de sólidos, como gordura e proteína, devido à redução na proporção de água no leite além de afetar a estabilidade do leite, provavelmente, devido às alterações na concentração de proteínas (fase inicial), de cátions divalentes e sua proporção com ânions e equilíbrio salino (Park *et al.*, 2007), essa maior proporção de ânions alteram o sabor do leite.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de leite de caprinos é uma atividade que alia alto potencial produtivo e grande relevância socioeconômica, especialmente em regiões com condições climáticas adversas, como o semiárido brasileiro. Com características únicas e benefícios nutricionais evidentes, ambos os produtos são valiosos tanto para o mercado interno quanto para o mercado externo.

O leite de cabra, conhecido por sua alta digestibilidade, menor potencial alergênico e riqueza nutricional, apresenta-se como uma alternativa essencial para pessoas com restrições ao leite de vaca. A diversificação de seus derivados, como queijos, iogurtes e leite em pó, representa uma oportunidade para agregar valor à produção e aumentar a aceitação no mercado nacional e internacional. No entanto, é fundamental investir em tecnologias e estratégias de marketing que promovam o conhecimento e a popularização desses produtos, superando barreiras culturais e sensoriais.

A caprinocultura é mais que uma atividade produtiva, é um instrumento de desenvolvimento sustentável e inclusão social, especialmente em áreas rurais. Para atingir seu pleno potencial, é indispensável fortalecer a cadeia produtiva, integrar os pequenos

produtores ao mercado e promover políticas públicas que incentivem o desenvolvimento tecnológico e a organização do setor.

Combinando tradição, inovação e sustentabilidade, a produção de leite e carne de caprinos tem o potencial de transformar desafios em oportunidades, promovendo o bem-estar social, a geração de renda e a segurança alimentar em diversas regiões do Brasil e do mundo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Addis M, Pinna G, Molle G, et al. The inclusion of a daisy plant (Chrysanthemum coronarium) in dairy sheep diet: Effect on the volatile fraction of milk and cheese. Livest Sci. 2006;101:68-80.

Almeida SD. Anatomia e fisiologia do aparelho reprodutivo do macho. Criação Racional de Caprinos. 2006.

Araújo AM, Silva ER. Longevidade em cabras leiteiras no semiárido. 2010.

Campos S. Curiosidades sobre a cabra e o bode. 2006.

Chilliard Y, Ferlay A, Rouel J, et al. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. J Dairy Sci. 2003;86:1751-70.

Chilliard Y, Ferlay A, Doreau M. Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. Livest Prod Sci. 2001;70:31-48.

Contreras A, Sierra D, Sánchez A, et al. Mastitis in small ruminants. Small Rumin Res. 2003;68(1-2):145-53.

Costa CS, et al. Manual de criação de caprinos e ovinos. Codevasf. 2015.

Costa RG, Queiroga RCR, Pereira RAG. Influência do alimento na produção e qualidade do leite de cabra. Rev Bras Zootec. 2009;38(supl. esp):307-21.

Costa RG, Mesquita IV, Queiroga RCR. Características químicas e sensoriais do leite de cabras Moxotó alimentadas com silagem maniçoba. Rev Bras Zootec. 2008;37(4):694-702.

Coulon JB, Priolo A. La qualité sensorielle des produits laitiers et de la viande dépend des fourrages consommés par les animaux. INRA Prod Anim. 2002;15(5):333-42.

Delacroix-Buchet A, Lamberet G. Sensorial properties and typicity of goat dairy products. Tours/France: International Association of Goat. 2000:559-63.

Delgado-Pertiñez M, Alcalde MJ, Guzmán-Guerrero JL, et al. Effect of hygiene-sanitary management on goat milk quality in semi-extensive systems in Spain. Small Rumin Res. 2003;47(1):51-61.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistical databases. 2019. Available from: https://faostat.fao.org.

Fernández-García E, Carbonel M, Gaya P, Nuñez M. Evolution of the volatile compounds of ewes raw milk Zamorano cheese. Seasonal variation. Int Dairy J. 2004;14:701-11.

Fisher C, Scott TR. Flavores de los alimentos – Biologia e química. Zaragoza: Acribia; 1997. 212p.

Goetsch AL, Zeng SS, Gipson TA. Factors affecting goat milk production and quality. Small Rumin Res. 2011;101(1-3):55-63.

Haenlein GFW. Goat milk in human nutrition. Small Rumin Res. 2004;51(2):155-63.

Hammond EG. Flavor chemistry of lipid foods. London: Blackie Academic Professional; 1998. 237p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2006 e 2017. Available from: https://sidra.ibge.gov.br.

Mendes CQ, et al. Substituição parcial do farelo de soja por uréia na alimentação de cabras em lactação. Rev Bras Zootec. 2010.

Mogami CA, et al. Influência da alimentação volumosa nas características dos jatos de cabras leiteiras com vistas à produção de biogás. Rev Semiárido de Visu. 2023.

Morand-Fehr P, Fedele V, Decandia M, Le Frileux Y. Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat milk. Small Rumin Res. 2007;68(1-2):20-34.

Morand-Fehr P, Sanz Sampelayo MR, Fedele YV, et al. Effets de l'alimentation sur la qualité du lait et des fromages de chèvres. In: International Conference on Goats, 7., France. Proceedings. France: IGA; 2000.

Park YW, Juárez M, Ramos M, Haenlein GFW. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. Small Rumin Res. 2007;68(1-2):88-113.

Queiroga RCRE, Fernandes MF, Medeiros AN, et al. Physicochemical and sensory effects of cotton seed and sunflower oil supplementation on Moxotó goat milk. Small Rumin Res. 2009;82(1):58-61.

Rodrigues MT. Alimentação de cabras leiteiras no período de transição. Universidade Federal de Viçosa. 2001.

Rufino MOA, Alves AA, Rodrigues MM, et al. Goat milk production and quality on Tanzania-grass pastures, with supplementation. Rev Acta Sci Anim Sci. 2012;34(4):417-23.

Silva TG, et al. Black globe temperature from meteorological data and a bioclimatic analysis of the Brazilian Northeast for Saanen goats. J Therm Biol. 2017;85:102408.

Rodrigues L, Roberta Spina J, Molina de Almeida Teixeira I. A, Dias Â. C, Sanches A, , de Resende K. T. Produção, composição do leite e exigências nutricionais de cabras Saanen em diferentes ordens de lactação. Acta Scientiarum. Animal Sciences [Internet]. 2006;28(4):447-452. Recuperado de: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303126485010

Capítulo 23

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-23

EFEITO DE QUEDA SOBRE A QUALIDADE DE TOMATES

Liliam da Silva Lima Oliveira; Ana Paula Stort Fernandes; Ellen Godinho Pinto; Wiaslan Figueiredo Martins; Miriam Fumiko Fujinawa; Nadson de Carvalho Pontes; Dayana Silva Batista Soares*;

**Dayana Silva Batista Soares – Email: dayana.soares@ifgoiano.edu.br*

Resumo: O tomate é uma das hortaliças mais presente no prato dos brasileiros e vem sendo cultivado em todo o país, sendo muito apreciado pelo seu sabor tanto *in natura* quanto processado. Apesar do seu alto consumo por todo o mundo, apresentam elevada perda pós-colheita devido aos danos mecânicos que acontecem ao longo da cadeia produtiva do tomate. Com isso, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da queda de tomates de gondolas de supermercado sobre a qualidade físico-química e vida útil dos tomates. Os tomates italianos foram divididos em dois grupos, sendo um grupo submetido a queda de 1,20 m de altura. As amostras foram armazenadas, sob temperatura ambiente, durante 15 dias. As avaliações quanto a sólidos solúveis totais, acidez titúlavel total em ácido orgânico, perda de massa fresca, umidade e resistência a compressão, foram realizadas a cada três dias. Os dados referentes às análises de pós-colheita foram analisados estatisticamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) e teste de t- student ($p \leq 0,05$). Os tomates submetidos a queda apresentaram senescência antes do último dia de armazenamento. Os tomates controle apresentaram menor perda de massa fresca, menor acidez e maior resistência a compressão durante o armazenamento indicando que os danos mecânicos gerados pelas quedas no supermercado reduzem a vida útil dos frutos e afetam seus atributos de qualidade. Não houve diferença significativa entre as amostras quanto aos parâmetros sólidos solúveis totais e umidade.

Palavras–chave: *Solanum lycopersicum* L, perfil de textura; vida útil;

INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é um dos vegetais mais cultivados e consumidos no Brasil e mundo. No Brasil, a produção média em 2023 foi de 4 milhões de toneladas sendo Goiás e São Paulo os maiores produtores respondendo por 56,4% da produção nacional (1).

O fruto é originário da região oeste da América do Sul e México de onde foi levado pelos colonizadores espanhóis para a Europa. Ganhou importância no mercado de produtos vegetais, pelo seu valor nutricional e econômico. O tomate pertence à família *Solanaceae* que possui várias espécies diferenciadas principalmente pela cor no estádio maduro, sendo a espécie mais difundida a *Solanum lycopersicum* (2).

Em função de suas propriedades nutricionais e sensoriais os tomates podem ser consumidos *in natura* ou processados, resultando em diferentes produtos atomatados como o extrato de tomate, molho de tomate e catchup (3). Segundo Liu et al. (4), para os frutos consumidos *in natura* ou conhecidos como tomates de mesa, a textura e a coloração dos frutos são os atributos de qualidade mais importantes para o valor de mercado deste produto. O tomate apresenta um alto nível de consumo ao longo de todo o ano. No

entanto, uma limitação na cadeia de abastecimento do tomate é o rápido amadurecimento pós-colheita, que resulta em perdas significativas de qualidade e valor de mercado (5).

A composição química média do tomate por 100 gramas possui 93,6% umidade, energia de 21 kcal, 0,8 de proteína, 5,1 g de carboidratos, 2,3% de fibra alimentar, 0,4 g de cinzas, 7 mg de cálcio e 10 mg de magnésio (6). Os pigmentos do tomate maduro são responsáveis pela sua coloração, entre eles, estão os carotenoides licopeno e β-caroteno, os quais possuem atividades antioxidantes capazes de neutralizar os radicais livres produzidos durante o metabolismo celular. Além disso, o tomate é uma boa fonte de vitamina C e componentes fenólicos (7).

A parede celular do fruto, que é composta por um complexo de polissacarídeos e proteínas que sofrem mudanças no seu perfil químico de proporções e arranjos estruturais também como consequência das alterações fisiológicas que caracterizam a maturação (2). Durante o amadurecimento os frutos apresentam os tecidos frágeis e elevada atividade metabólica, tornando-se um produto altamente perecível. Essas características acabam resultando em grandes perdas no pós-colheita, com cerca de 20% a 40% do total da produção sendo desperdiçado (8).

Um importante fator responsável pelo elevado índice de perdas pós-colheita são os danos mecânicos que ocorrem ao longo de toda a cadeia produtiva do tomate. Os pontos críticos seriam durante a colheita, transporte e manuseio dos frutos, podendo acarretar desde o rompimento até danos imperceptíveis a olho nu, afetando assim, a sua qualidade física, fisiológica e nutricional, não apenas no seu armazenamento para destinação final no varejo, mas também no seu processamento durante a industrialização (9).

As quedas e apalpamento dos frutos nas gôndolas dos supermercados, feiras e locais de comercialização afetam a qualidade do produto reduzindo sua vida útil e gerando perdas aos estabelecimentos. Depois da aparência, o maior fator impactante na qualidade de tomates é a sua textura. A análise da textura de alimentos se baseia num conjunto de propriedades mecânicas, geométricas e das características superficiais de um produto, perceptíveis pelos receptores mecânicos, táteis e, em certos casos, por receptores visuais e auditivos. É caracterizada por diferentes aspectos, como por exemplo, a firmeza, a fibrosidade, a resistência, a elasticidade e outros, sendo que suas propriedades se alteram durante o processo de amadurecimento (10).

Objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da queda de tomates de gondolas de supermercado sobre a qualidade físico-química e vida útil dos tomates.

MATERIAL E MÉTODOS

Os tomates italianos foram adquiridos em uma propriedade na zona rural da cidade de Morrinhos – GO, colhidos no estádio de maturação comercial e transportados em caixas plásticas até o Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos onde o experimento foi realizado. Os tomates foram avaliados quanto as suas características físicas: comprimento, diâmetro e massa média. Em seguida, as amostras foram separadas em dois grupos, sendo um submetido a queda de 1,20m de altura, simulando potenciais quedas que podem sofrer nas gôndolas de supermercados. Na sequência, os tomates foram avaliados quanto ao teor de sólidos solúveis totais (ºbrix), acidez titulável total em ácido orgânico, umidade e resistência a compressão. Os tomates controle (sem queda) e os tomates submetidos à queda foram pesados, acondicionados em bandejas de poliestireno e armazenados no laboratório em temperatura ambiente. Os frutos foram avaliados, em triplicata, a cada 3 dias durante 15 dias.

A determinação de umidade (estufa a 105 ºC), a acidez titulável total em ácido orgânico, teor de sólidos solúveis totais (refratometria) foram realizadas segundo a

AOAC (11). A perda de massa fresca dos frutos foi determinada segundo Guimarães (12) sendo calculada pela diferença entre a massa inicial e a massa final das bandejas, medida em balança analítica. Os resultados foram expressos em porcentagem de perda de massa fresca, utilizando-se a equação (1).

$$PMF = 100 - [\frac{(MF * 100)}{MI}]$$

Onde:
PMF: perda de massa fresca (%)
MF: massa final (g)
MI: massa inicial (g)

O teste de resistência a compressão foi realizado segundo Lázaro e Ruiz-Aceituno (13), com adaptações. Foi utilizado o analisador de textura TA.XTExpressC com uma célula de carga de 2 kg, nas condições experimentais: sonda cilíndrica P50/P, velocidade de pré-teste de 5 mm/s, velocidade de teste de 2 mm/s e velocidade pós-teste de 10 mm/s, distância de compressão foi de 5 mm, e força de 100g. As amostras foram analisadas inteiras em triplicatas.

A análise estatística dos resultados foi efetuada usando estatística descritiva (média ± desvio padrão) e a comparação entre as médias foi realizada pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), (quando comparadas três médias) e pelo teste de t-Student ($\leq 0,05$) (quando comparadas duas médias) utilizando-se o programa ASSISTAT 7.7.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os frutos colhidos em estádio de maturação comercial apresentaram comprimento médio 82,356 ± 5,845 mm, diâmetro médio de 62,404 ± 4,0684 mm e massa média de 169,274 ± 27,948 g. Sabe-se que os parâmetros físicos são de grande importância pois estão relacionados ao rendimento dos frutos (14). As características físicas e físico-químicas dos frutos são influenciadas pelas condições edafoclimáticas, genótipo e o tipo de manejo empregado processo de produção (15).

Os tomates submetidos a queda tiveram menor vida útil que as amostras controle, chegando a senescência antes da entre o 13º e 15º dia de avaliação, logo na quinta avaliação são apresentados apenas resultados das amostras controle.

A perda de massa fresca dos frutos ao longo do armazenamento está disposta na Figura 1. Pode-se verificar que os frutos submetidos a queda apresentaram maior perda de massa durante os dias de avaliação, com exceção do 6º dia de avaliação no qual se observou que os frutos controle tiveram maior perda de massa fresca.

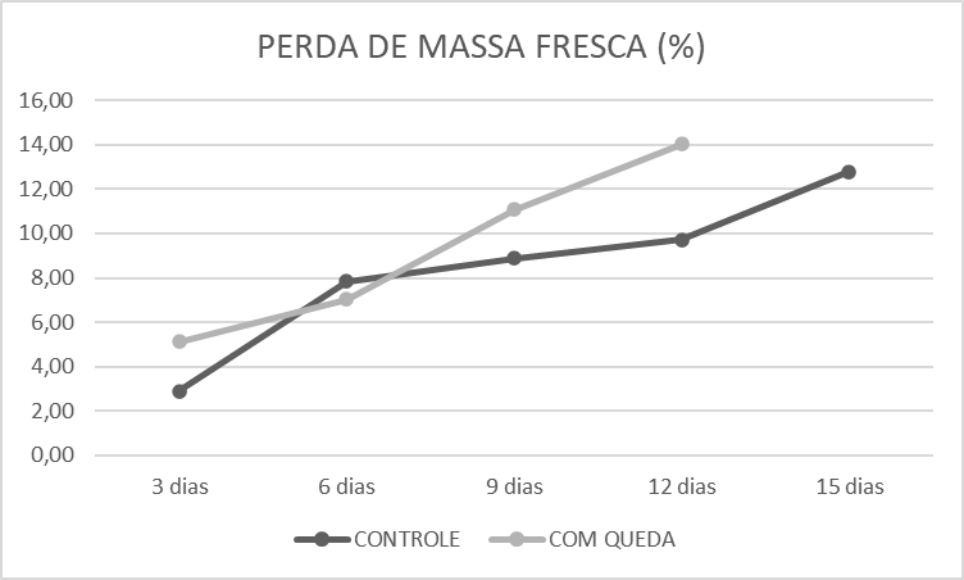


Figura 1. Perda de massa fresca (%) de tomates ao longo do armazenamento

Segundo Françoso *et al*. (16), a perda de massa fresca é resultado do processo transpiratório somado aos mecanismos respiratórios via oxidação do carbono. A transpiração acarreta a perda de água e, quando ocorre de forma intensa, pode afetar diretamente a qualidade dos frutos, alterando sua aparência e, consequentemente, diminuindo sua aceitação.

As injúrias mecânicas muitas vezes comprometem as barreiras que evitam a perda de água, pois podem danificar as camadas superficiais dos frutos, como as ceras e cutículas, reduzindo a sua capacidade de resistir à perda de água. A comercialização de muitos frutos ocorre por unidade de peso, sendo que a perda de água é uma das principais causas da perda de qualidade pós-colheita e resulta na redução imediata da massa do fruto (17).

Os resultados médios de acidez titulável total em mg de ácido cítrico, umidade, sólidos solúveis totais e compressão dos tomates estão informados na Tabela 1.

Tabela 1- Valores médios acidez titulável total em mg de ácido cítrico/g, umidade, teor de sólidos solúveis totais e resistência a compressão de tomates submetidos a queda e tomates controle

Parâmetro	**Tempo**	**Tratamento**	
		Controle	**Com queda**
Acidez Titulável Total (mg de ácido cítrico/g)	0 dias	$0,42 \pm 0,01^{aA}$	$0,42 \pm 0,01^{abA}$
	3 dias	$0,36 \pm 0,03^{abB}$	$0,42 \pm 0,04^{aA}$
	6 dias	$0,33 \pm 0,01^{bcB}$	$0,36 \pm 0,03^{bcA}$
	9 dias	$0,30 \pm 0,06^{cB}$	$0,35 \pm 0,03^{cA}$
	12 dias	$0,33 \pm 0,03^{bcB}$	$0,38 \pm 0,04^{abcA}$
	15 dias	$0,36 \pm 0,02^{b}$	-
Umidade (%)	0 dias	$94,78 \pm 0,23^{abA}$	$94,78 \pm 0,23^{aA}$
	3 dias	$93,72 \pm 0,45^{cA}$	$93,68 \pm 0,25^{bA}$
	6 dias	$94,78 \pm 0,10^{abA}$	$94,51 \pm 0,19^{aB}$
	9 dias	$95,04 \pm 0,34^{aA}$	$94,47 \pm 0,28^{aB}$
	12 dias	$93,78 \pm 0,22^{cA}$	$93,55 \pm 0,32^{bA}$
	15 dias	$94,49 \pm 0,26^{b}$	-
Teor de Sólidos Solúveis totais (ºBrix)	0 dias	$5,00 \pm 0^{aA}$	$5,00 \pm 0^{aA}$
	3 dias	$5,20 \pm 0,22^{aA}$	$5,20 \pm 0,18^{aA}$
	6 dias	$5,00 \pm 0^{aA}$	$5,10 \pm 0,10^{aA}$
	9 dias	$4,50 \pm 0,45^{bA}$	$4,70 \pm 0,27^{bA}$

	12 dias	$4,80 \pm 0,31^{abA}$	$5,00 \pm 0^{aA}$
	15 dias	$5,00 \pm 0^{a}$	-
Resistência a Compressão (Kg)	0 dias	$11,06 \pm 0,176^{aA}$	$11,06 \pm 0,18^{aA}$
	3 dias	$10,20 \pm 0,95^{aA}$	$6,43 \pm 1,01^{bB}$
	6 dias	$7,13 \pm 1,49^{bA}$	$6,27 \pm 0,80^{bA}$
	9 dias	$6,61 \pm 1,06^{bA}$	$5,73 \pm 1,44^{bA}$
	12 dias	$5,79 \pm 0,44^{bA}$	$4,47 \pm 0,71^{bB}$
	15 dias	$5,44 \pm 0,70^{b}$	-

*Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos. **Letras minúsculas na mesma coluna indicam diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tempos de armazenamento.

De acordo com a Tabela 1 houve diferença significativa entre os valores de acidez titulável total entre os tratamentos, e durante o período de armazenamento. Foi identificada uma queda nos valores de acidez titulável com posterior aumento durante o armazenamento.

A redução da acidez ocorreu em decorrência do amadurecimento dos frutos e do metabolismo respiratório que continua ocorrendo após a colheita, fazendo com que vários substratos, dentre eles os ácidos orgânicos localizados nos vacúolos das células, sejam utilizados no ciclo de Krebs para geração de energia (10).

É possível também observar um posterior aumento da acidez, tal fato pode ser explicado devido à degradação da parede celular, em decorrência do metabolismo, a pectina se degrada, e a acidez aumenta devido à formação de ácido galacturônico no fruto (18) Como observado na Tabela 1, os valores de acidez dos frutos submetidos a queda foram maiores que os frutos controle tal fato pode estar relacionado a maior degradação da parede celular promovida pelo impacto mecânico gerado pela queda.

Para o parâmetro umidade, observou-se pequenas variações durante o armazenamento para os tomates controle e os tomates submetidos a queda, havendo diferença significativa entre os tratamentos a partir do terceiro dia de avaliação.

O tomate é um fruto que possui em sua composição de 93% a 95% de umidade (3), estando todos os resultados encontrado de acordo com os autores. Os frutos submetidos a quedas obtiveram os menores valores de umidade, havendo diferença significativa nos dias 6 e 9 de análise, corroborando com os resultados de perda de massa fresca.

Não houve diferença significativa no teor de sólidos solúveis totais entre as amostras e tempo de armazenamento. Grande parte dos sólidos solúveis totais em tomates é composta por açúcares (glicose e frutose) formados a partir da hidrólise do amido (19) que constituem importantes componentes do sabor e doçura dos frutos.

Em relação a resistência a compressão, observou-se a diminuição de resistência ao longo do armazenamento tanto para os frutos controle quanto para os frutos submetidos a queda. Nos frutos controle a diferença significativa aconteceu após o 6º dia de avaliação enquanto para os tomates submetidos a queda foi a partir do 3º dia de avaliação. Quando comparados os tratamentos, os frutos submetidos a queda apresentaram menor resistência a compressão, sendo a diferença significativa nos 3º e 12º dias de análises. Jaensch (20) explica que danos mecânicos causam a perda de firmeza devido à ruptura celular e à atividade enzimática.

Segundo Schouten et al. (21), o comportamento da firmeza com o tempo é de natureza bioquímica (processos relativos à decomposição da parede celular) e de natureza física (perda de turgescência dependente da temperatura). Com o decorrer do amadurecimento, estas substâncias vão sendo solubilizadas, transformando a pectina insolúvel (protopectina) em pectina solúvel, resultando no amaciamento da polpa. Essa perda de firmeza ocorre devido à diminuição das forças coesivas que mantêm as células unidas, decorrente da decomposição da protopectina através de atividade enzimática (22).

CONCLUSÃO

Os tomates submetidos a queda apresentaram senescência antes que os tomates controle demostrando que os danos mecânicos gerados por quedas afetaram de forma significativa a vida útil dos tomates. Além disso, os atributos físico-químicos de qualidade foram impactados de forma negativa pela queda havendo maior perda de massa fresca, menor acidez e menor resistência a compressão nos frutos submetidos a queda. Avaliar o impacto das quedas de gôndolas de supermercados sobre a vida útil dos tomates é de extrema importância para evitar perdas e reduzir o desperdício de alimentos.

REFERÊNCIAS

1. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Em setembro, IBGE prevê safra de 295,1 milhões de toneladas para 2024. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/41594-em-setembro-ibge-preve-safra-de-295-1-milhoes-de-toneladas-para-2024#:~:text=O%20sorgo%20ocupou%201%2C3,menor%20(%2D1%2C8%25)

2. Cosgrove DJ. Diffuse growth of plant cell walls. Plant Physiolgy, 2018; 176: 16-27.

3. Senna CA, Rodrigues MHP, Badiale-Furlong E. Impacto do processamento industrial na composição de tomates (Solanum lycopersicum L.). In: Agricultura e Agroindústria no contexto do desenvolvimento rural sustentável. Cap.14, Científica Digital; 2021.

4. Liu LH, Zabaras D, Bennett LE, Aguas P, Woonton BW. Effects of UV-C, red light and sun light on the carotenoid content and physical qualities of tomatoes during post-harvest storage. Food Chemistry, 2009, 115:495 – 500.

5. Horváth-Mez˝ofi Z, Baranyai L, Nguyen LLP , Dam MS, Ha NTT, Gob M, Sasvár Z, Csurka T, Zsom T, Hitka G. Evaluation of Color and Pigment Changes in Tomato after 1-Methylcyclopropene (1-MCP) Treatment. Sensors 2024, 24:2426.

6. NEPA. NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO. Tabela brasileira de composição de alimentos. 4. ed. Campinas: NEPA-UNICAMP. 2011.

7. Rocha CB, Silva J. Atividade antioxidante total em tomates produzidos por cultivos orgânico e convencional. Brazilian Journal of Food Technology, 2011, 14: 27-30.

8. Yadav A, Kumar N, Upadhyay A, Sethi S, Singh A. Edible coating as postharvest management strategy for shelf-life extension of fresh tomato (Solanum lycopersicum L.): An overview. Journal Food Science Wiley, Índia, 2022, 87:2256-2290.

9. Fernandes LS. Qualidade pós-colheita de tomates submetidos à esforços de compressão e vibrações mecânicas. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa–Viçosa, MG, 2016.

10. Chitarra MIF, Chitarra AB. Pós-colheita de Frutos e Hortaliças. Fisiologia e Manuseio. 2005, 2 ed. Lavras: FAEPE.

11. AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists. 2016, 20. ed. Gaithersburg: AOAC Internacional. 3100p.

12. Guimarães CI. Cenouras Minimamente Processadas com Cobertura de Amido Reforçada com Suspensões de Celulose Micro/nanobrilada Obtidas de Cenoura. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras – Lavras-MG. 2016, 137p.

13. Lázaro A, Ruiz-Aceituno L. Instrumental Texture Profile of Traditional Varieties of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and its Relationship to Consumer Textural Preferences. Plant Foods for Human Nutrition. 2021, 76:248–253.

14. Rosa CLS, Soares AG, Freitas DGC, Rocha MC, Ferreira JCS, Godoy RLO. Caracterização físico-química, nutricional e instrumental de quatro acessos de tomate italiano (Lycopersicum esculentum Mill) do tipo 'Heirloom' produzido sob manejo orgânico para elaboração de polpa concentrada. Alimentos Nutrição, 2011, v. 22, n. 4:. 649-656.

15. Ferrari RP, Ferreira DM. Qualidade da classificação do tomate de mesa em unidade de beneficiamento. Revista Engenharia Agrícola, 2007, v. 27, n. 2:579- 586.

16. Françoso ILT, Couto MAL, Canniatti-Brazaca SG, Arthur V. Alterações físico-químicas em morangos (Fragaria anassa Duch.) irradiados e armazenados. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2008, 3: 614-619.

17. Godoy AE, Jacomino AP, Cerqueira-Pereira EC, Gutierrez ASD, Vieira CEM, Forato LA. Injúrias mecânicas e seus efeitos na qualidade de mamões Golden. Revista Brasileira de Fruticultura, 2010, v. 32, n. 3:682-691.

18. Siqueira APO. Uso de coberturas comestíveis na conservação pós- colheita de goiaba e maracujá-azedo. Mestrado (Dissertação) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro: Campos dos Goytacazes, 2012.

19. Zambrano J, Moyeja J, Pacheco L. Efecto del estado de madurez en la composición y calidad de frutos de tomate. Agronomia Tropical, 1996, v.46, n. 1:6172.

20. Kader AA, Morris LL, Stevens MA, Albright-Holton M. Composition and flavor quality of fresh market tomato as influenced by some postharvest handling procedures. Journal of the American Society for Horticultural Science. 1978, 103: 6-13.

21. Jaensch, L.E. Biophysical and biochemical aspects of bruising in potato tubers (*Solanum tuberosum* L.). Tese (PhD) - The Flinders University of South Australia, Adelaide, 1996.

22. Schouten RE, Huijben TPM, Tijskens LMM, VAN Kooten O. Modelling quality attributes of truss tomatoes: linking colour and firmness maturity. Postharvest Biology and Technology, 2007, v. 45, n. 3: 298 – 306.

23. Toivonen PMA, Brummell DA. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. Postharvest Biology and Technology, 2008, n. 48:1–14. 2008.

Capítulo 24

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-24

ADAPTAÇÃO CRUZADA DE *Cronobacter sakazakii* AO CINAMALDEÍDO SOB ESTRESSE ÁCIDO

Michelle Carlota Gonçalves[1]*; Monique Suela Silva[2]; Mônica Aparecida da Silva[1]; Bruna Azevedo Balduino[1]; Anderson Henrique Venâncio[1]; Tenille Ribeiro de Souza[3]; Jessica Raquel Sales Carvalho de Souza[1] ; Fernanda Pereira[1]; Juliana Junqueira Pinelli[4]; Roberta Hildorf Piccoli[1];

[1]Departamento de Ciências de Alimentos/ESAL – Universidade Federal de Lavras (UFLA) Caixa Postal 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – Brazil
[2]Departamento de Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares/ESAL– Universidade Federal de Lavras (UFLA) [3]Pesquisadora de pós-doutorado do centro de excelência em Bioinsumos-Cebio no IF Goiano campus Morrinhos
[4]Bolsista de Estímulo a Inovação pela Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: michellecienciasdealimentos@gmail.com*

Resumo: Controlar o crescimento microbiano na indústria de alimentos é crucial. Entretanto, observa-se aumento da tolerância dos microrganismos aos sanificantes mais empregados, exigindo-se a necessidade de estudos com novos antimicrobianos. Assim, o trabalho objetivou verificar a ocorrência de adaptação cruzada de *Cronobater sakazakii* ao composto majoritário cinamaldeído quando submetido previamente a estresse ácido. Para isso, foi determinada a concentração mínima bactericida (CMB) da bactéria ao cinamaldeído bem como o pH mínimo de crescimento. A faixa de pH dos testes variou de 3,5 a 7,0 e dosagens de cinamaldeído entre 0,015 a 2,0%. A CMB de cinamaldeído para *C. sakazakii* empregada nos testes posteriores foi 0,125% e o pH mínimo de crescimento foi 4,5. Após a exposição de células ao pH mínimo de crescimento (4,5) e posteriores testes em diferentes concentrações de cinamaldeído (0,5 CMB; 1CMB; 1,2CMB; 1,4CMB; 1,6CMB; 1,8CMB e 2CMB), as células de *C. sakazakii* apresentaram a capacidade de adaptação cruzada por crescerem em concentrações de até 2CMB. Os resultados reforçam que o cinamaldeído pode ser utilizado para elaboração de sanificante para controle de *C. sakazakii*, utilizando concentrações corretas, evitando o aparecimento de tolerância, bem como da adaptação cruzada.

Palavras–chave: agentes estressores; aumento de tolerância bacteriana; sanificante alternativo

INTRODUÇÃO

Cronobacter sakazakii é uma bactéria que se destaca como contaminante de fórmulas infantis, podendo levar à morte de recém-nascidos. Devido ao seu impacto nas Unidades de Terapia Intensiva Neonatal, a Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) recomendaram medidas de controle globais (1). Embora seja mais conhecida por afetar neonatos, *C. sakazakii* pode causar infecções diversas em pacientes de diferentes faixas etárias e condições, incluindo bebês, imunossuprimidos e idosos, gerando sintomas como sepse, meningite grave, convulsões, abscessos cerebrais, infarto, hidrocefalia e outras complicações neurológicas (2). Por ser uma bactéria ubíqua, encontrada em diferentes

ambientes e alimentos, como vegetais, carnes, queijos e leite (3), seu controle ganha importância.

Uma forma comum de controle de microrganismos na indústria alimentícia é o uso de sanificantes. Entretanto, a aplicação contínua desses produtos e a presença de outras condições estressantes nos ambientes de processamento podem levar ao surgimento de bactérias tolerantes (ou adaptadas), persistentes e/ou resistentes (4), dificultando o controle. Outro ponto importante é que a maioria das bactérias forma biofilmes, o que aumenta sua tolerância a agentes estressores usados no processamento de alimentos (5). Nesses cenários, é comum observar adaptações fisiológicas que conferem maior resistência ao estressor aplicado, seja ele o mesmo (adaptação homóloga) ou outro diferente (adaptação heteróloga) (6).

Dado o potencial adaptativo das bactérias ao estresse causado por sanificantes ou outros agentes, estudos que investigam antimicrobianos alternativos, como óleos essenciais, têm ganhado destaque. Por serem compostos complexos, contendo de 20 a 60 componentes em proporções variáveis (7), os óleos essenciais têm mecanismos de ação diversos contra células bacterianas. Eles podem interferir na membrana citoplasmática, na força próton-motriz, no DNA, na parede celular, na produção de ATP, na síntese proteica, no citoplasma e no sistema de *quorum sensing* (8,9), dificultando a recuperação celular e reduzindo a adaptação homóloga e heteróloga.

A bactéria *C. sakazakii* é capaz de se adaptar homóloga e heterologamente a diversos estressores, além de formar biofilmes em diferentes superfícies. Relatos indicam adaptações homólogas ao estresse térmico (10) e a antimicrobianos como biguanidina polihexametileno e triclosan (11), além de adaptações heterólogas a ácidos orgânicos (12), quaternário de amônio e cloro (13). Também foi observado aumento da tolerância ao estresse oxidativo, associado à maior virulência (14).

A adaptação homóloga e heteróloga de bactérias a óleos essenciais ou seus compostos majoritários depende da cepa avaliada. Por isso, é essencial realizar estudos com várias cepas de diferentes espécies para avaliar a real segurança do uso desses antimicrobianos naturais. Apesar de existirem estudos sobre a resposta adaptativa de bactérias a óleos essenciais, não foram encontrados trabalhos específicos com *C. sakazakii*. Ainda, há poucos estudos disponíveis sobre o uso de óleos essenciais no controle dessa bactéria e sua capacidade de desenvolver adaptações homólogas e heterólogas a esses compostos. Assim, o trabalho objetivou verificar a ocorrência de adaptação cruzada de *Cronobater sakazakii* ao composto majoritário cinamaldeído quando submetido previamente a estresse ácido.

MATERIAL E MÉTODOS

LOCAL DO EXPERIMENTO

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos localizado no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras.

MICRORGANISMO PADRÃO, PADRONIZAÇÃO E PREPARO DO INÓCULO

Cronobacter sakazakii INCQS 00115 foi obtido na Coleção de Bactérias de Referência em Vigilância Sanitária, Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde (INCQS), Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil). A cultura estoque foi armazenada em meio de congelamento. A reativação da

cultura foi em caldo *Brain Heart Infusion* (BHI) a 37 ºC/-24 h. A padronização, em 10^8 UFC/mL, foi realizada por curva de crescimento, com acompanhamento da densidade ótica (D.O.) 600 nm em espectrofotômetro (SP-2000®, Bell, Piracicaba, São Paulo, Brazil) em Caldo de Triptona de Soja (TSB) e a contagem em placa em meio Ágar Triptona de Soja (TSA), ambos incubados a 37 °C/ 24 h.

DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO MÍNIMA BACTERICIDA (CMB) DE CINAMALDEÍDO

A concentração mínima bactericida do componente majoritário foi determinada empregando-se a técnica de microdiluição em caldo, em placa de poliestireno de 96 cavidades, de acordo com o NCCLS (M7-A6) com adaptações. O componente majoritário cinamaldeído foi solubilizado em caldo BHI acrescido de Tween 80 (0,5%) para serem preparadas as seguintes concentrações (%): 2,0; 1,0; 0,5; 0,25; 0,125; 0,062; 0,031 e 0,015 (v/v). Alíquotas de 150 µL das soluções foram adicionadas nas cavidades e inoculados 10 µL da cultura de *C. sakazakii* padronizada. A microplaca foi vedada e incubada a 37 ºC/ 24 h. Após esse período, foi realizado o plaqueamento de alíquotas da cultura em TSA e incubado a 37 °C/24 h. A concentração mínima bactericida do componente foi aquela onde, após incubação, não ocorreu crescimento bacteriano em placa. O experimento ocorreu em triplicata, três repetições e dois controles: controle negativo, contendo apenas BHI acrescido de 0,5% de Tween 80 e componente majoritário; e controle positivo, contendo BHI acrescido de 0,5% de Tween 80 e inóculo.

DETERMINAÇÃO DO pH MÍNIMO DE CRESCIMENTO

As células de *C. sakazakii* foram submetidas a pH de 3,5 a 7,0 e o menor valor de crescimento bacteriano observado foi considerado o pH mínimo de crescimento. As doses subletais utilizadas com base nas CMB e foram equivalentes a CMB/4, CMB/8 e CMB/16 com adaptações. Em tubos tipo Falcon contendo 36 mL de caldo BHI acrescido de 0,5% de Tween 80 foi adicionado o componente nas concentrações subletais. Após homogeneização, alíquotas de 4 mL de inóculo padronizado foi adicionado ao meio e os tubos foram incubados a 37 ºC/6 h. Após esse período as culturas foram centrifugadas a 5000 x g por 5 min e as células recuperadas foram lavadas três vezes com solução salina e utilizadas.

AVALIAÇÃO DA ADAPTAÇÃO CRUZADA DE *C. sakazakii* AO CINAMALDEÍDO

Em tubos tipo Falcon contendo 9 mL de caldo BHI em pH mínimo de crescimento de *C. sakazakii*, ajustado com ácido lático (98%), foram inoculados 1 mL de inóculo padronizado e incubados a 37ºC/6h. Após esse período, as culturas foram centrifugadas (5000 x g/5 min) e as células adaptadas foram lavadas três vezes com solução salina e utilizadas.

As células expostas ao pH mínimo de crescimento foram ressuspendidas em caldo BHI e a cultura foi padronizada em 10^8 UFC/mL para posterior exposição às diferentes concentrações de cinamaldeído (CMB/2; CMB; 1,2CMB; 1,4CMB; 1,6CMB; 1,8CMB e 2CMB). O ensaio foi realizado em microplacas de poliestireno de 96 poços e incubadas a 37 ºC/24 h. Após esse período, alíquotas de 10 µL foram retiradas dos poços e plaqueadas em TSA pelo método de microgotas e encubadas a 37 ºC/24 h.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das determinações da concentração mínima bactericida de cinamaldeído e pH mínimo de crescimento sobre *C. sakazakii* estão indicados nas Tabela 1 e 2 respectivamente.

Tabela 1: Concentrações de inibição de Cinamaldeído para *C. sakazakii*.

%Cinamaldeído (v/v)	**2,0**	**1,0**	**0,5**	**0,25**	**0,125**	**0,06**	**0,03**	**0,015**
Crescimento	-	-	-	-	-	+	+	+

Legenda: (+) Presença de crescimento; (-) Ausência de crescimento.

Tabela 2: Crescimento de *C. sakazakii* em escala de pH.

pH	**3,5**	**4,0**	**4,5**	**5,0**	**5,5**	**6,0**	**6,5**	**7,0**
Crescimento	-	-	+	+	+	+	+	+

Legenda: (+) Presença de crescimento; (-) Ausência de crescimento.

O resultado apresentado na Tabela 1 evidencia a eficiência do antibacteriano cinamaldeído pela baixa concentração mínima bactericida sobre *C. sakazakii* (0,125%).

Os óleos essenciais demonstram comprovada atividade antimicrobiana contra uma ampla variedade de bactérias, incluindo as causadoras de toxinfecções alimentares e deterioração, tanto Gram-positivas quanto Gram-negativas (7,15,16). Sua aplicação tem sido recomendada como sanificante, conservante em alimentos ou como complemento terapêutico em combinação com antibióticos. Contudo, há uma carência de estudos voltados especificamente para sua eficácia contra **C. sakazakii**. A atividade antimicrobiana dos óleos essenciais é atribuída principalmente aos seus componentes principais, embora os seus componentes vestigiais possam contribuir significativamente para a sua atividade antimicrobiana.

A Tabela 2 apresenta o pH de 4,5 como mínimo de crescimento para *C. sakazakii*. A avaliação da adaptação cruzada ao cinamaldeído sob estresse ácido a partir do pH mínimo de crescimento demonstrou que *C. sakazakii* foi capaz de suportar todas as concentrações superiores às CMB. Adaptação microbiana pode ocorrer em ambiente industrial com relativa facilidade devido a prática habitual de diluição de agentes e sanitizantes para fins de maior rendimento econômico, portanto, os manipuladores de alimentos devem adotar práticas criteriosas a respeito do controle desenvolvimento de resistência dos microrganismos patogênicos.

A capacidade bacteriana de adaptação homóloga e heteróloga a condições transitórias é bem conhecida, particularmente no que diz respeito à oxidação, condições ácidas, stress térmico, altas pressões, antibióticos e agentes sanitizantes. No entanto, pouco se sabe sobre a capacidade de adaptação das bactérias de origem alimentar aos óleos essenciais. Neste trabalho, a estirpe de *C. sakazakii* analisada desenvolveu uma adaptação homóloga e heteróloga ao cinamaldeído.

Uma das principais estratégias das células ao enfrentarem estresse químico é modificar a composição de suas membranas, visando torná-las menos permeáveis ao agente estressor. Essas alterações envolvem mudanças na composição dos ácidos graxos e das porinas na membrana externa (17). Estudos mostram que doses subletais de óleo de orégano ou carvacrol causaram injúrias subletais em **Salmonella Typhimurium** ATCC 14028, resultando em maior síntese de ácidos graxos insaturados e isomerização cis-trans na membrana (18). Já a adaptação de **Salmonella Thompson** ao timol levou ao acúmulo de proteínas de membrana externa com dobramento incorreto (19) e à up-regulação das proteínas OmpX e OmpA, relacionadas à membrana externa (20).

Os ácidos fracos afetam a capacidade celular de manter a homeostase do pH, interrompendo o transporte de substratos e inibindo as vias metabólicas (21). No entanto, sabe-se que *C. sakazakii* é capaz de desenvolver tolerância a valores de pH ácidos, crescendo mesmo em ambientes de pH 3,5 (22), em consonância com os resultados do presente trabalho.

Observou-se nesse estudo, a adaptação heteróloga pelo aumento da tolerância da bactéria ao cinamaldeído e posteriormente ao ácido lático, por crescer em concentrações antes consideradas letais. Isto pode ter ocorrido devido à ação simultânea dos óleos essenciais e do ácido lático sobre alvos semelhantes dentro da célula, nomeadamente, sobre mecanismos fisiológicos comuns que levam à morte celular, ou devido a vias de acesso comuns aos seus respectivos alvos (23). Juven *et al*. (24) afirmam que as propriedades antibacterianas de alguns componentes de óleos essenciais podem ser melhoradas após a exposição a baixos valores de pH. No entanto, neste estudo, este comportamento não foi observado. Com base no conceito de adaptação heteróloga, observou-se o desenvolvimento de tolerância cruzada para *C. sakazakii* quando previamente exposta a pH subletais e ambientes ricos em óleos essenciais.

Investigar a capacidade de adaptação ao estresse relacionada aos óleos essenciais é fundamental, pois o sistema de resposta ao estresse celular é altamente interligado. A exposição a um agente estressor específico pode induzir maior tolerância a diferentes estressores, incluindo variações de temperatura, alterações de pH, antibióticos e outros óleos essenciais.

CONCLUSÕES

Componentes majoritários de óleos essenciais, como o cinamaldeído, são apontados como alternativa promissora aos sanitizantes comuns utilizados na indústria de alimentos. Os agentes de natureza química de alta acidez quando administrados de forma incorreta podem ocasionar problemas de impacto significante sobre a saúde humana, bem como drásticas consequências econômicas.

Neste estudo, foi evidenciado que células de *C. sakazakii* submetidas a estresse ácido tornam-se adaptadas a concentrações até duas vezes maiores que as definidas como mínimas bactericidas. Assim, torna-se clara a importância do uso criterioso de sanitizantes na indústria de alimentos a fim de evitar a adaptação cruzada de cepas patogênicas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem á FAPEMIG, CAPES e CNPQ pelo suporte financeiro no desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Forsythe SJ, Dickins B and Jolley KA. Cronobacter, the emergent bacterial pathogen Enterobacter sakazakii comes of age; MLST and whole genome sequence analysis. BMC genomics, 15, 1121 (2014).

2. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). 2017.

3. Fakruddin M, Rahaman M, Ahmed MM and Hoque MM. Stress tolerant virulent strains of Cronobacter sakazakii from food. Biological Research, 47, 63 (2014).

4. Brauner A, Fridman O, Gefen O and Balaban NQ. Distinguishing between resistance, tolerance and persistence to antibiotic treatment. Nature Reviews Microbiology, 14, 320–330 (2016).

5. De la Fuente-Núñez C, Reffuveille F, Fernández L and Hancock RE. Bacterial biofilm development as a multicellular adaptation: antibiotic resistance and new therapeutic strategies. Current Opinion in Microbiology, 2013;16, 580–589.

6. Begley M and Hill C. Stress adaptation in foodborne pathogens. Annual Review of Food Science and Technology, 2015; 6, 191–210.

7. Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D and Idaomar M. Biological effects of essential oils – A review. Food and Chemical Toxicology, 2008;46, 446–475.

8. Faleiro ML. The mode of antibacterial action of essential oils. Science Against Microbial Pathogens: Communicating Current Research and Technological Advances, 2011; 3, 1143–1156.

9. Nazzaro F, Fratianni F, De Martino L, Coppola R and de Feo V. Effect of essential oils on pathogenic bacteria. Pharmaceuticals (Basel), 2013; 6, 1451–74.

10. Arku B, Fanning S and Jordan K. Heat adaptation and survival of Cronobacter spp. (Formerly Enterobacter sakazakii). Foodborne Pathogens and Disease, 2011; 8, 975–981.

11. Cowley NL, Forbes S, Amézquita A, McClure P, Humphreys GJ and McBain AJ. Effects of formulation on microbicide potency and mitigation of the development of bacterial insusceptibility. Applied and Environmental Microbiology, 2015; 81, 7330–7338.

12. Hsiao WL, Ho WL and Chou CC. Sub-lethal heat treatment affects the tolerance of Cronobacter sakazakii BCRC 13988 to various organic acids, simulated gastric juice and bile solution. International Journal of Food Microbiology, 2010; 144, 280–284.

13. Li PT, Hsiao WL, Yu RC and Chou CC. Effect of heat shock on the fatty acid and protein profiles of Cronobacter sakazakii BCRC 13988 as well as its growth and

survival in the presence of various carbon, nitrogen sources and disinfectants. Food Microbiology, 2023; 36, 142–148 .

14. Kim S, Hwang H, Kim KP, Yoon H, Kang DH and Ryu S.hfq Plays important roles in virulence and stress adaptation in Cronobacter sakazakii ATCC 29544. Infection and Immunity, 2015; 83, 2089–2098 .

15. Calo, JR, Crandall PG, O'Bryan CA and Ricke SC. Essential oils as antimicrobials in food systems - A review. Food Control, 2015; 54, 111-119.

16. Burt S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods--A review. International Journal of Food Microbiology,2004; 94, 223–53.

17. Bore A, Hebraud M, Chafsey M, Chambon C, Skjæret C, Moen B and Langsrud S. Adapted tolerance to benzalkonium chloride in Escherichia coli K-12 studied by transcriptome and proteome analyses. Microbiology, 2017; 153, 935-946.

18. De Melo ANF, Madruga MS, Bezerra TKA, De Souza EL, Magnani M and Luz I da S. Sublethal amounts of Origanum vulgare L. essential oil and carvacrol cause injury and changes in membrane fatty acid of Salmonella Typhimurium cultivated in a meat broth. Foodborne Pathogens and Disease, 2014; 11, 357–361.

19. Di Pasqua R, Mamone G, Ferranti P, Ercolini P and Mauriello G. Changes in the proteome of Salmonella enterica serovar Thompson as stress adaptation to sublethal concentrations of thymol. Proteomics, 2010; 10, 1040-1049.

20. Papenfort K, Pfeiffer V, Mika F, Lucchini S, Hinton JCD and Vogel J. σE-dependent small RNAs of Salmonella respond to membrane stress by accelerating global omp mRNA decay. Molecular Microbiology, 2006; 62,1674–1688.

21. Beales N. Adaptation of Microorganisms to Cold Temperatures, Weak Acid Preservatives, Low pH, and Osmotic Stress: A Review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2004; 3, 1-20.

22. Badaoui-Najjar MZ, Chikindas ML, and Montville TJ. The Acid Tolerance Response Alters Membrane Fluidity and Induces Nisin Resistance in Listeria monocytogenes. Probiotics and Antimicrobial Proteins, 2019; 1, 130-135.

23. Chapman JS. Disinfectant Resistance Mechanisms, Cross-Resistance, and Co-Resistance. International Biodeterioration & Biodegradation, 2003; 51, 271-276.

24. Juven BJ, Kanner J, Schved F and Weisslowicz H. Factors That Interact with the Antibacterial Action of Thyme Essential Oil and Its Active Constituents. Journal of Applied Bacteriology,2014; 76, 626-631.

Capítulo 25

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-25

ACESSIBILIDADE À INFORMAÇÃO NUTRICIONAL A PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL: UMA REVISÃO

Maria Clara Gomes Ferreira[1]; Heitor Isaias teles[1]; Athos Ferreira Duarte[2]; Liliany Nunes de Souza[2]; Thais Alves Barbosa[3]; Suzane Martins Ferreira[4]; Alexandre Carvalho Silva[5]; Vânia Silva Carvalho[4]

[1]Estudante do curso Técnico Integrado em Alimentos - Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Goiás/Brasil
[2]Estudante do curso Bacharelado em Ciência da Computação - Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Goiás/Brasil
[3]Técnica de Laboratório - Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Goiás/Brasil
[4]Docente do Departamento de Alimentos - Instituto Federal Campus Goiano Morrinhos, Goiás/Brasil
[5]Docente do Departamento de Informática - Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Goiás/Brasil

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email:maria.gomes6@estudante.ifgoiano.edu.br*

Resumo: Informações como nome comercial do produto, lista de ingredientes, conteúdo líquido, prazo de validade, identificação de origem e identificação do lote são consideradas como obrigatórias nos rótulos de alimentos, no entanto, essas informações não são acessíveis para consumidores com deficiência visual. Considerando a importância da informação nutricional para a obtenção de uma alimentação saudável e na ampliação do acesso a alimentos saudáveis e sustentáveis para a população com deficiência visual, esta revisão tem como objetivo identificar os principais desafios da população que possui deficiência visual ao acesso à informação nutricional. Uma revisão sistemática sobre o tema foi realizada considerando as diversas dificuldades bem como os principais meios utilizados atualmente para obtenção de acesso a estas informações.

Palavras–chave: Cegueira; Rotulagem Nutricional; Segurança Alimentar

INTRODUÇÃO

Historicamente, as pessoas que apresentam algo que se diferenciam de modo acentuado em relação à maioria das pessoas, estabelece olhares que demonstram táticas de violência simbólica. Um dos grupos da sociedade que, repetida vezes, foram e são expostos a essa violência tem sido as pessoas com deficiências físicas, mentais, sensoriais ou múltiplas, além daquelas que apresentam outros transtornos de desenvolvimento (1).

De acordo com o Decreto 3.298, de 20/12/1999, pessoa com deficiência é aquela que apresenta, em caráter permanente, perda ou anormalidade de uma estrutura ou função psicológica, fisiológica ou anatômica que gere incapacidade para o desempenho de atividade, dentro do padrão considerado normal (2).

A pessoa com deficiência visual possui uma grande barreira em diversos sentidos, principalmente no que se refere à disponibilização das informações nutricionais dos

alimentos, pois não conseguem ter acesso à informações simples como valor calórico e ingredientes. Para muitos produtos, é praticamente impossível obter as informações nutricionais sem a ajuda de terceiros. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), há uma forte relação entre o padrão de consumo alimentar e problemas de saúde que envolvem alimentação e nutrição, o que é evidenciado pelo aumento de casos de obesidade, doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) e alergias alimentares (3, 4, 5). Diante desse cenário, é evidente a necessidade de estratégias de promoção da saúde que englobem uma alimentação adequada e saudável, a fim de reverter o atual perfil epidemiológico.

As informações nutricionais em Braile ou o acesso a tecnologias leitoras são praticamente inexistentes e, por isso, a pessoa com deficiência visual será incapaz de identificar o número exato de açúcar adicionado ou sódio ou até mesmo como o teor de gorduras saturadas. Consequentemente, sem assistência, isso desencadeará na incapacidade de fazer escolhas alimentares fundamentadas. Isso pode impactar severamente a saúde da pessoa, uma vez que a ingestão de tais nutrientes se tornará excessiva. A pessoa com deficiência visual estará em um risco maior de adoecer gravemente a longo prazo, por isso é preciso considerar que a exclusão de pessoas com deficiência visual do acesso emocional adequado às informações nutricionais não afeta apenas sua saúde física, mas também tem implicações psicológicas, como perda da sua autonomia e aumento do risco de transtornos emocionais. A dependência constante de terceiros pode gerar um sentimento de frustração e falta de controle sobre suas próprias vidas. Assim, a luta pela acessibilidade em informações alimentares é um passo fundamental para garantir a inclusão, a igualdade de oportunidades (6).

Diante dos desafios encontrados pelas pessoas com deficiência visual, este trabalho objetivou realizar uma revisão de literatura sobre os desafios encontrados por este nicho populacional bem como as principais metodologias empregadas para aumentar a acessibilidade à informação nutricional.

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL NO BRASIL

A rotulagem nutricional é toda declaração com objetivo de informar ao consumidor sobre as propriedades nutricionais do alimento, englobando a tabela de informação nutricional, a rotulagem nutricional frontal e as alegações nutricionais (7). Com a publicação da RDC nº 429/2020 ocorreram muitas mudanças nas regras da rotulagem nutricional, e dessa forma, as seguintes resoluções foram revogadas, em sua totalidade: RDC nº 359/2003 (regulamento técnico de porções de alimentos embalados para fins de rotulagem nutricional) (8), RDC nº 360/ 2003 (regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados) (9), RDC nº 163/2006 (complementação das resoluções RDC nº 359/2003 e RDC nº 360/2003) (10), RDC nº 48/2010 (fator de conversão para o cálculo do valor energético do eritritol) (11) e RDC nº 54/2012 (regulamento técnico sobre informação nutricional complementar) (12).

De acordo com a RDC 429 de 2020, que entrou em vigor em outubro de 2022, têm como objetivo facilitar a compreensão das informações nutricionais presentes nos rótulos dos alimentos, a fim de dar maior clareza e auxiliar o consumidor a realizar escolhas alimentares mais conscientes. De acordo com a nova regra, bebidas e alimentos embalados devem trazer o símbolo de uma lupa, na parte da frente da embalagem, junto com o selo “ALTO EM”, indicando altas quantidades de açúcar adicionado, gordura saturada e sódio (13) como ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Modelos para declaração de rotulagem nutricional frontal com alerta de um nutriente. (Fonte: 13)

Algumas regras de formatação servem para que o alerta seja padronizado e não cause confusão ao consumidor, a exemplo da área mínima dos modelos apresentados na Figura 1, que deverá ser determinada pela porcentagem (%) de ocupação do painel principal do rótulo. Os demais requisitos específicos para formatação da RNF (Rotulagem Nutricional Frontal) são posicionamento e relações de tamanho, espessura e distância, como as bordas, margens, posição e tamanho da lupa; a tipografia e o alinhamento; tamanho da fonte de acordo com a área do painel do rótulo, de acordo com o Anexo XVIII da IN 75/2020 (13).

Além destas informações somam-se ainda àquelas relacionadas a restrições alimentares, como à lactose, açúcar, glúten, leite, o que pode ser até um risco para a saúde do consumidor. Apesar dessas alterações nada foi alteração em relação à população com deficiência visual total ou parcial.

DESAFIOS DAS PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

No Brasil existem cerca de seis milhões de pessoas portadoras de deficiência Svisual e esse número é cada vez mais crescente. A deficiência visual pode ocorrer desde o nascimento ou causada por doenças ou acidentes. Existem duas formas de deficiência visual, algumas pessoas são incapazes de enxergar totalmente (cegos), e tem aquelas pessoas que possuem baixa visão (grande e permanente dificuldade de enxergar). As principais causas de cegueira são: a catarata, glaucoma, retinopatia, diabete, cegueira infantil e degeneração macular (14).

Parte dos deficientes visuais não conseguem fazer compras sozinhos, necessitando do acompanhamento de terceiros ou de sua família, além de necessitar de ajuda para realizar suas atividades nas suas residências, inclusive para identificar os produtos adquiridos. Quando os produtos estão fora da embalagem podem reconhecer os produtos, devido a sua forma, cheiro e textura. No entanto, é importante lembrar que nas embalagens estão os rótulos com as informações sobre os alimentos, mas a falta de acessibilidade a estas informações por parte dos deficientes visuais ainda é uma realidade atual. É importante destacar as características da embalagem que podem fazer com que elas sejam difíceis de manusear, além de privar mais uma possibilidade de reconhecimento do produto. É muito desagradável o cliente ter dificuldade em abrir qualquer embalagem

De acordo com dados do IBGE de 2010, no Brasil 528.624 pessoas são incapazes de enxergar (cegos); 6.056.654 pessoas possuem baixa visão (grande e permanente dificuldade de enxergar) e outros 29 milhões de pessoas declararam ter alguma dificuldade permanente de enxergar, ainda que usando óculos ou lentes (14, 15). A tabela 1 apresenta o percentual de pessoas com deficiência visual na população por região no Brasil.

Tabela 1. Percentual de pessoas com deficiência visual na população por região do Brasil.

Pessoas com deficiência visual por região	Total	% População
Norte	574.823	3,6
Nordeste	2.192.455	4,1
Sudeste	2.508.587	3,1
Sul	866.086	3,2
Centro-Oeste	443.357	3,2

Fonte: Fundação Dorina Nowill Para Cegos (14).

Estudos demonstram que há relação entre a deficiência visual e o estado nutricional dos indivíduos. Por exemplo, mulheres com perda de visão têm mais probabilidade de desnutrição quando comparadas às mulheres sem deficiência visual (15, 16), já nos homens e crianças foi observado o sobrepeso/obesidade (17). O mau estado nutricional está frequentemente associado a problemas na compra e preparação de alimentos com alto valor nutricional (18). No estudo realizado por Jones et al. (18), foi observado que cegos e deficientes visuais enfrentam muitos desafios para o consumo de uma dieta saudável, pois dentre os obstáculos encontrados se destacam dificuldades em relação à compra, preparação de alimentos, escolhas alimentares saudáveis e uma alimentação variada.

ACESSIBILIDADE À INFORMAÇÃO NUTRICIONAL

Em se tratando de internet, pode-se encontrar muitas medidas para garantir a acessibilidade dos deficientes visuais. A obtenção da acessibilidade digital requer a eliminação de barreiras de modo a garantia do acesso físico com disponibilidade da comunicação; torna necessário o *software* e o *hardware* que estejam integrados aos equipamentos e programas adequados de uma forma que não impeçam o acesso dos usuários ao conteúdo e viabilizar a apresentação da informação para que haja acessibilidade. A audiodescrição por exemplo, é um recurso que traduz imagens em palavras, permitindo que pessoas cegas ou com baixa visão consigam compreender conteúdos audiovisuais ou imagens (19).

Algumas empresas no setor alimentício já começaram a disponibilizar em suas embalagens informações em braile, e a Sadia foi a primeira e hoje alguns produtos trazem especificações em braile, tais como marca, telefone do serviço de atendimento ao consumidor, tipo de produto e peso (20). A Melitta também incluiu algumas informações nas embalagens de filtro de café (21). A Kellogg's com uma parceria com o Real Instituto Nacional de Cegos (RNIB) está com uma proposta inovadora de leitura em voz alta da lista de alergênicos e de ingredientes, através tecnologia *NaviLens*, que permite os *smartphones* detectem o código QR da caixa de cereal até três metros de distância, além disso, há instruções em Braille sobre como fazer o escaneamento do celular (20).

A preocupação de pesquisadores e de empresas contemporâneas com as necessidades de acesso a produtos tecnológicos e sua usabilidade na transposição de barreiras cotidianas tem levado a criar/produzir cada dia mais dispositivos dentro da perspectiva do desenho universal e recursos de tecnologia assistiva (22, 23). Computadores, smartphones, tablets e notebooks vêm, geralmente, munidos de recursos de acessibilidade que buscam solucionar os problemas de acesso de pessoas com deficiência. Em virtude dessa preocupação, esses recursos se apresentam com potencial de melhoria à vida cotidiana de pessoas com deficiência (24). Os dispositivos eletrônicos móveis, no caso de pessoas com baixa visão, têm assumido e/ou complementado o lugar de recursos de Tecnologias Assistidas (TA) convencionais na resolução dos problemas funcionais, o que, pontualmente, vem sendo descrito pela literatura (24, 25, 26, 27). Além

disso, a Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e as legislações que instituem seus preceitos estabelecem o direito das pessoas com deficiência à participação e à inclusão social, as quais podem ser auxiliadas pela TA (28).

Borges e Mendes (30) identificaram aplicativos para dispositivos móveis que identificam cores e objetos e que podem funcionar por meio de chamadas de vídeo (Be My Eyes) a voluntários que dão auxílio visual, ou por meio de um banco de dados de produtos e objetos previamente catalogados no aplicativo (Tap TapSee) (31). Por meio da câmera, esse aplicativo tenta reconhecer o objeto por similaridade ou, ainda, pelo reconhecimento de códigos QR e código de barras, que emitem as informações cadastradas por meio de áudio. Geralmente, esses aplicativos são usados no reconhecimento de embalagens de produtos alimentícios, acessando informações dos rótulos, como: nome do produto, valor nutricional, data de validade, modo de usar, entre outras.

Segundo Coughlan & Manduchi (32), o acesso às informações baseado em câmeras realiza implicitamente algum tipo de substituição sensorial. Os dados visuais são "processados" pelo algoritmo da visão computacional, e o produto desse processamento é comunicado ao usuário por meio de seus sentidos remanescentes. Os autores apontam que o posicionamento adequado da câmera, para que a imagem seja capturada com clareza e nitidez, é um desafio no uso desses aplicativos por pessoas com deficiência visual.

CONCLUSÕES

Esta revisão de literatura evidenciou as barreiras de acesso às pessoas com deficiência visual às informações nutricionais, prejudicando sua autonomia além de comprometer sua saúde e bem-estar. Ao promover a independência e a dignidade dos indivíduos a estas informações, a indústria alimentícia estará reforçando os pilares do Direito Humano à Alimentação Adequada e apoiando para a diminuição das desigualdades. Assim, cabe aos setores público, privado e à sociedade civil unir esforços para transformar essa inclusão em realidade, fazendo com que tecnologias assistidas sejam uma ferramenta de inclusão, afinal, o acesso a uma alimentação adequada e segura não é apenas um direito básico, mas também um elemento importante para o pleno exercício da cidadania e para a construção de uma sociedade verdadeiramente justa.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) pelo apoio financeiro no desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

1. Amaral EA, Bernardi DV, Gradiski EAF. Deficiência Visual.2° Congresso Internacional de Educação. 2019. [acesso em 19 Nov 2024]. Disponível em: https://www.fag.edu.br/novo/pg/congressoeducacao/arquivos/2019/DEFICIENCIA-VISUAL-1.pdf.

2. Cunha JP, et al. Acessibilidade na câmara, guia legal - portador de deficiência

visual. 2024. [acesso em 15 Nov 2024]. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/a-camara/estruturaadm/gestao-na-camara-dos-deputados/responsabilidade-social-e-ambiental/acessibilidade/pdfs#:~:text=%C3%89%20considerada%20portadora%20de%20defici%C3%AAncia,4%C2%BA%2C%20III).

3. World Health Organization (WHO). Consumption of ultra-processed food and drink products in Latin America: trends, impact on obesity, and policy implications. WHO Technical Report Series. Washington: 2015 [acesso em 8 Nov 2024]. Disponível em: https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2014/ultra-processed-foods-paho-e-obesitylatin-america-2014.pdf.

4. Ministério da Saúde (BR). Plano de ações estratégicas para o enfrentamento das doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) no Brasil 2011-2022. Brasília: 2011.

5. Ministério da Saúde (BR). Vigitel Brasil 2014: Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico - estimativas sobre frequência e distribuição sociodemográfica de fatores de risco e proteção para doenças crônicas nas capitais dos 26 estados brasileiros e no Distrito Federal em 2014. Brasília: 2014 [acesso em 18 Nov 2024]. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigitel_brasil_2014.pdf.

6. Governo do Estado do Paraná. Secretaria do Desenvolvimento Social e Família. Deficiência Visual. [Internet]. 2024. [acesso em 24 Nov 2024]. Disponível em: https://desenvolvimentosocial.pr.gov.br/Pagina/Deficiencia-Visual

7. Ministério da Saúde (Brasil). Resolução da Diretoria Colegiada - RDC Nº 429, de 8 de Outubro de 2020 que dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados. Diário Oficial da União, nº 195, de 9 de outubro de 2020 [acesso em 18 Nov 2024]. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3882585/RDC_429_2020_COMP.pdf/2ed 9794e-374c-4381-b804-02b1f15d84d2.

8. Ministério da Saúde (Brasil). Resolução da Diretoria Colegiada - RDC Nº 359, de 23 de dezembro de 2003, aprova o Regulamento Técnico de Porções de Alimentos Embalados para Fins de Rotulagem Nutricional. Diário Oficial da União, nº 251, de 26 de dezembro de 2003 [acesso em 18 Nov 2024]. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_359_2003_COMP.pdf/1e8 60ef6-10e6-404b-81e2-87aae8cfd53a.

9. Ministério da Saúde (Brasil). Resolução da Diretoria Colegiada - RDC Nº 360, de 23 de dezembro de 2003, aprova o Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. Diário Oficial da União, nº 251, de 26 de dezembro de 2003 [acesso em 18 Nov 2024]. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_360_2003_COMP.pdf/caa b87a1-e912-459f-8bc0-831a48b95da9.

10. Ministério da Saúde (Brasil). Resolução da Diretoria Colegiada - RDC Nº 163, de

17 de agosto de 2006, aprova o documento sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados (Complementação das Resoluções-RDC nº 359 e RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003). Diário Oficial da União, nº 160, de 21 de agosto de 2006 [acesso em 18 Nov 2024]. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-ebebidas/resolucao-rdc-no-163-de-17-de-agosto-de-2006.pdf/view.

11. Ministério da Saúde (Brasil). Resolução da Diretoria Colegiada - RDC Nº 48 de 5 de novembro de 2010, dispõe sobre o fator de conversão para o cálculo do valor energético do eritritol. Diário Oficial da União, nº 213, de 8 de novembro de 2010 [acesso em 18 Nov 2024]. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_48_2010_.pdf/158d45d9- 2463-4c1a-b00c-7eb2122deaf9.

12. Ministério da Saúde (Brasil). Resolução da Diretoria Colegiada - RDC Nº 54, de 12 de novembro de 2012, dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Diário Oficial da União, novembro de 2012 [acesso em 18 Nov 2024]. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-ebebidas/resolucao-rdc-no-54-de-12-de-novembro-de-2012.pdf/view.

13. Ministério da Saúde (Brasil). Instrução Normativa IN N° 75, de 8 de Outubro de 2020 que estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. Diário Oficial da União, nº 195, de 9 de outubro de 2020 [acesso em 18 Nov 2024]. Disponível em: http://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3882585/IN_75_2020_COMP.pdf/e89784 b5-ed18-4bdd-a4d4-139724a56d4d.

14. Fundação Dorina Nowill Para Cegos. Estatísticas sobre pessoas cegas e com baixa visão. [Internet]. 2021 [acesso em 2024 nov 15]. Disponível em: Disponível em: http://fundacaodorina.org.br/a-fundacao/pessoas-cegas-e-com-baixa-visao/estatisticas-da-deficiencia-visual/.

15. Muurinen SM, Soini HH, Suominen MH, Saarela RKT, Savikko NM, Pitkala KH. Vision impairment and nutritional status among older assisted living residents. Arch Gerontology and Geri. 2014; 58, 384–387.

16. Stevens R, Bartlett H, Cooke R. Dietary analysis and nutritional behaviour in people with and without age-related Macular disease. Clin Nutr. 2015; 10, e112–e117.

17. Acil, D, Ayaz S. Screening of visually impaired children for health problems. Asian Nursing Research. 2015; 9, 285–290.

18. Jones N, Bartlett HE, Cooke R. An analysis of the impact of visual impairment on activities of daily living and vision-related quality of life in a visually impaired adult population. Brit J Vis Imp. 2019; 37(1), 50–63.

19. Fábio. Estatísticas sobre deficiência visual no Brasil e no Mundo. [Internet]. 2021 [acesso em 15 Nov 2024]. Disponível em: https://louisbraille.org.br/portal/2020/04/13/estatisticas-sobre-deficiencia-visual-no-brasil-19-e-no-mundo/.
20. Sales, AC. Acessibilidade para os deficientes visuais nas embalagens de alimentos: relato pessoal de vivência de uma cidadã de Nossa Senhora da Glória/SE. [Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelo em Agroindústria)]. Nossa Senhora da Glória: Universidade Federal de Sergipe. 2022.
21. Belmonte, A. A importância da Comunicação e da Acessibilidade nas Embalagens. [acesso em 15 Nov 2024]. Disponível em: https://www.eali.com.br/post/a-import%C3%A2ncia-da-comunica%C3%A7%C3%A3o-e-da-acessibilidade-nas-embalagens.
22. RG Nutri. Embalagens em Braille: Uma forma de expandir a acessibilidade na alimentação. [acesso em 15 Nov 2024]. Disponível em: https://www.rgnutri.com.br/2019/06/24/embalagens-em-braille/.
23. Pache MCB, Costa AB, Souza SR & Negri LH. SpeakCode: uma ferramenta de acessibilidade para pessoas com deficiência visual. Rev Bras Educação Profi Tecnológica. 2020; 1(18), e7934.
24. Sausen F & Frozza R. Aplicativo para auxiliar pessoas com deficiência visual no reconhecimento de cédulas de dinheiro em Real com a técnica de Redes Neurais Artificiais. Rev Bras Comp Apl. 2022; 14(3), 1-16.
25. Manduchi R & Kurniawan S. Assistive technology for blindness and low vision. London: CRC Press, 2017.
26. Cook AB, Polgar JM. Assistive technologies: principles and practices. St. Louis: ElsevirMosby, 2015.
27. Fok D, Polgar JM, Shaw LE, Jutai J. Low vision assistive technology device usage and importance in daily occupations. Work. 2011; 1(39), 37-48.
28. Thomas R, Barker L, Rubin G, Dahlmann-Noor A. Assistive technology for children and young people with low vision. The Cochrane Libr. 2015; (6), 1-28.
29. World Health Organization – WHO. ICD-11 for mortality and morbidity statistics. Version: 2019. Recuperado em 23 de janeiro de 2024, de https://icd.who.int/browse11/l-m/en
30. Borges WF, Mendes EG. Tecnologia assistida e baixa visão: apps e recursos de acessibilidade em dispositivos móveis. Cad Bras Terapia Ocup. 2024; 32, e-3746.
31. Sonza AP, Salton BP, Carniel E. Tecnologia assistiva como agenda de inclusão de pessoas com deficiência visual. Benjamin Constant. 2016; 22, 21-39.
32. Coughlan J, Manduchi R. Camera-based access to visual information. In R.

Manduchi & S. Kurniawan (Eds.), Assistive technology for blindness and low vision (1st ed., pp. 219-243). London: CRC Press. 2017.

Capítulo 26

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-26

PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DE EXTRATO ENZIMÁTICO DE ALFA AMILASE, AMILOGLUCOSIDASE E CELULASE NA FORMULAÇÃO DE PÃES SEM GLÚTEN

Raquel Troncoso Chaves Moreno [1*]; Geisa Juliana Gomes Marques Fortunato [2] Gabryel da Silva Alves [3]; Vitor Hugo Pacheco Jardim [4]; Kamila Silva Mendes [5]; Samara Tayná Pimenta Silva [6]; Diva Mendonça Garcia [7]; Márcio Caliari [8]; Manoel Soares Soares Junior [9]

*[1]*Autor correspondente (Corresponding author) – Email: raquel.troncoso@hotmail.com. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. UFG. Goiânia-Goiás*
[2]Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. UFG. Goiânia-Goiás
[3]Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. UFG. Goiânia-Goiás
[4]Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. UFG. Goiânia-Goiás
[5]Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. UFG. Goiânia-Goiás
[6]Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. UFG. Goiânia-Goiás
[7]Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. UFG. Goiânia-Goiás
[8]Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. UFG. Goiânia-Goiás
[9]Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. UFG. Goiânia-Goiás

Resumo: A aplicação de enzimas em produtos de panificação sem glúten vem sendo estudada como uma alternativa para a substituição de aditivos químicos, como melhoradores de farinha e emulsificantes, já que apresentam efeitos na otimização da fermentação, melhora da textura da massa e maciez do miolo e aumento de volume dos pães. Assim, este trabalho teve como objetivo produzir extratos enzimáticos de alfa amilase, amiloglucosidase e celulase, além de aplicá-los na elaboração de pães sem glúten formulados com farinhas de arroz e de grão-de-bico e com féculas de mandioca e de batata. Para caracterização dos extratos enzimáticos foram feitas a dosagem de atividade enzimática, eletroforese em gel de poliacrilamida (SDS-page) e zimograma. Os pães foram elaborados aplicando-se diferentes concentrações dos extratos enzimáticos, e avaliados quanto ao volume específico, parâmetros instrumentais de cor, parâmetros texturais, atividade de água e umidade. As análises de composição química foram realizadas na melhor formulação com a aplicação dos extratos enzimáticos e na formulação controle. Através do zimograma foi possível observar a atividade das enzimas amilolíticas e de celulase. A utilização de 2 mL do extrato de alfa amilase e amiloglucosidase garantiu o aumento significativo do volume do pão em relação às demais formulações, além de melhorar significativamente os parâmetros de dureza e mastigabilidade e aumento significativo da umidade em relação à formulação controle. Assim, a utilização de extrato enzimático de alfa amilase e amiloglucosidase pode ser uma alternativa viável para melhorar as características de textura e volume específico de pães sem glúten.

Palavras–chave: alimento sem glúten; amido; enzimas; farinha de arroz; farinha de grão-de-bico.

INTRODUÇÃO

A relação nutrição e saúde tem influenciado o consumo de produtos alimentícios, dentre esses os pães e produtos de panificação com compostos que tem efeitos significativos na saúde e mais naturais. Nesse contexto, pesquisas têm sido desenvolvidas para enriquecimento nutricional e funcional em termos de fibra alimentar, antioxidantes, bactérias probióticas, vitaminas e minerais (1).

De acordo com Kreutz et al. (2), ao visar substituições nutritivas e com características tecnológicas semelhantes ao glúten, as farinhas de grãos sem glúten ricos em proteínas, fibras, vitaminas, minerais e ácidos graxos poli-insaturados, inclui os pseudocereais, tais como o amaranto, a chia, a quinoa dentre outros, que representam uma fonte segura para a elaboração de produtos isentos de glúten, como também podem melhorar as suas propriedades nutricionais e sensoriais.

O uso de conservantes químicos é muito comum em produtos panificados, com isso, tem-se intensificado pesquisas por substitutos naturais dos conservantes de ácidos orgânicos (3). As enzimas podem ser utilizadas como uma alternativa para a substituição de aditivos químicos, como melhoradores de farinha e emulsificantes, já que apresentam efeitos na otimização da fermentação, melhora da textura da massa e maciez do miolo e aumento de volume dos pães. A utilização de enzimas também vem sendo indicada como uma alternativa importante para melhorar as propriedades tecnológicas e sensoriais de produtos de panificação sem glúten, que são normalmente caracterizados por apresentar vários defeitos pós-cozimento, como textura endurecida do miolo, volume reduzido, cor mais clara do miolo e da casca, vida útil e valor nutricional reduzidos (4; 5). As enzimas são proteínas que, além de melhorar a qualidade do produto final, também auxiliam positivamente na vida útil do produto, tendo ação, antienvelhecimento (*anti-staling*), aumentando também a competitividade do produto no mercado (6).

As amilases e glucoamilases (amiloglucosidase) são enzimas normalmente utilizadas para aplicação em produtos alimentícios, sendo definidas como glicoproteínas extracelulares sintetizadas por diferentes espécies de micro-organismos, entre eles *Apergillus*, *Bacillus* e *Streptomyces*, apresentando ampla aplicação em diversas áreas como a indústria de alimentos e bebidas, têxtil, farmacêutica, de papel e detergentes (7; 8) Especialmente nas indústrias alimentícias, a alfa amilase e amiloglucosidase são normalmente empregadas de forma concomitante nos processos de hidrólise do amido, que ocorre basicamente em duas etapas, onde a alfa amilase é responsável pela hidrólise das ligações glicosídicas α (1-4) e a amiloglucosidase pela hidrólise das ligações α (1-6) das extremidades não redutoras (9).

A partir da degradação do amido são gerados polissacarídeos de baixo peso molecular e dextrinas, o que leva ao aumento da presença de açúcares fermentáveis, otimizando a ação fermentativa da levedura e o aumento da liberação de gás na massa, provocando efeitos desejáveis no aumento de volume dos pães e melhora da textura do miolo. Além disso, a maior presença de açúcares redutores leva á formação de produtos resultantes da reação de Maillard, intensificando o sabor dos pães e escurecimento da casca (4; 10).

Outra enzima normalmente utilizada em diversas áreas da indústria é a celulase, uma enzima capaz de degradar a celulose, o principal polissacarídeo que compõe a parede celular dos vegetais, gerando como produtos primários a glicose, celobiose e celo-oligossacarídeos, o que garante às celulases importantes aplicações industriais na área de alimentos, detergentes, têxtil e ração animal (11; 12). Os oligossacarídeos gerados a partir da degradação da celulose são carboidratos parcialmente fermentáveis pelas bactérias que compõe a flora intestinal, podendo ser-lhes atribuída função prebiótica. Assim, as

celulases podem ter influência na melhora do valor nutricional dos produtos alimentícios (13).

O desenvolvimento de produtos sem glúten muitas vezes traz desafios aos pesquisadores de alimentos e a indústria, uma vez que devem produzir produtos de alta qualidade e com características equivalentes aos que contém glúten para melhor atender aos requisitos dos consumidores (14). Assim, o objetivo do estudo foi produzir e aplicar extratos enzimáticos de alfa amilase, amiloglucosidase e celulase oriundos de subprodutos da industrialização de arroz na formulação de pães sem glúten elaborados com farinhas de arroz e de grão-de-bico e féculas de mandioca e de batata, visando a melhoria das propriedades físicas e sensoriais do produto, assim como fornecer uma nova opção de formulação para portadores de restrição ao consumo do glúten.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ingredientes para a formulação dos pães foram obtidos por doação ou adquiridos localmente: os grãos quebrados de arroz e a fécula de mandioca foram doados pelas empresas Cristal Alimentos e FEBELA Agroindustrial Ltda., respectivamente, ambas localizadas no estado de Goiás, enquanto o grão-de-bico, a fécula de batata e outros ingredientes foram comprados no comércio local em Goiânia. As enzimas foram produzidas no Laboratório de Bioquímica da Universidade Federal de Goiás e foram obtidas a partir de resíduos da industrialização de arroz, utilizando farelo e casca de arroz como substratos para a produção dos extratos de celulase, alfa-amilase e amiloglucosidase.

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS EXTRATOS ENZIMÁTICOS

Fermentação semi-sólida

A produção e caracterização dos extratos enzimáticos foi realizada por fermentação semi-sólida segundo a metodologia adaptada de Bakri, Jacques e Thonart (15). *Streptomyces thermocerredoensis* I3 em placa contendo meio *Pridham* (extrato de levedura 4,0 g L^{-1}; extrato de malte 10gL^{-1}; $C_6H_{12}O_6$; ágar 20 g L^{-1}; água destilada) foi cultivado em placas com meio *Pridham* sólido a 37°C por três dias. Posteriormente, 100 mL de meio *Pridham* líquido (extrato de levedura 4,0 g L^{-1}; extrato de malte 10 g L^{-1}; $C_6H_{12}O_6$; água destilada) e 5 g de substrato foram autoclavados em erlenmeyers, onde 2 mL de suspensão de esporos, previamente coletados de placas cultivadas, foram inoculados. As culturas foram incubadas sob agitação a 37 °C por quatro dias, após os quais o sobrenadante foi coletado por centrifugação e armazenado congelado até posterior análises.

Determinação da atividade enzimática para celulase

A dosagem da atividade enzimática foi realizada por microensaio, seguindo metodologia adaptada de Ramada *et al.* (16). Em placas de microensaio, 50 µL de CMC diluído em tampão citrato de sódio (pH 4,8) foram misturados com 50 µL do extrato enzimático e incubados por 1 hora a 50 °C em termociclador. Para o controle, apenas CMC foi utilizado. Após a incubação, 100 µL de ADNS foram adicionados, e a mistura foi aquecida a 100 °C por 5 minutos. A absorbância foi medida a 540 nm em espectrofotômetro, e a atividade enzimática foi determinada com base em uma curva padrão.

Determinação da atividade enzimática para alfa amilase e amiloglucosidase

A atividade enzimática de amiloglucosidase e alfa-amilase foi determinada com base na metodologia de Almeida *et al.* (17). Para amiloglucosidase, 60 µL do extrato enzimático, 40 µL de tampão citrato de sódio e 100 µL de solução de amido (0,5%) foram incubados a 37 °C por 30 minutos, com o branco contendo o extrato enzimático fervido. Após a reação, 500 µL de ADNS e 300 µL de tampão foram adicionados, seguidos por aquecimento a 100 °C por 5 minutos, com leitura da absorbância a 550 nm. Para alfa-amilase, o mesmo volume de extrato, tampão e substrato foi incubado a 42 °C por 30 minutos, com o branco utilizando o extrato fervido. Em seguida, 200 µL de ácido acético, 200 µL de solução de iodo Fuwa e 9,4 mL de água destilada foram adicionados, e a leitura foi feita a 660 nm. A atividade enzimática foi calculada com base em curvas padrão.

Eletroforese em gel de poliacrilamidado sulfato dodecil de sódio (SDS-*Page*)

A elaboração do gel de poliacrilamida seguiu a metodologia de Laemmli (18), utilizando um gel de concentração (2%) e um gel de separação (12%). As amostras foram incubadas com TCA (20%) por 1 hora, lavadas com acetona refrigerada e preparadas com tampão contendo Tris-HCl, SDS (4%), azul de bromofenol (0,2%), glicerol (20%) e mercaptoetanol (10%). Após aplicação no gel, realizou-se a corrida eletroforética, seguida por coloração com solução de Coomassie blue (0,1%) em metanol (40%) e ácido acético (10%) por 1 hora. O gel foi descorado até que as bandas ficassem visíveis e as massas moleculares foram analisadas com base no marcador BLUeye Prestained Protein Ladder (10-245 kDa).

Zimograma

A determinação da atividade de enzimas amilolíticas e celulásicas foi realizada por zimograma, seguindo metodologias adaptadas de Wanderley *et al.* (19) e Blum *et al.* (20). Para enzimas amilolíticas, após a eletroforese, o gel foi incubado em tampão acetato de sódio (50 mM, pH 5,5) por 1 hora e, posteriormente, em solução de tampão com amido solúvel (0,5%) por 12 horas a 4 °C, seguido de 2 horas a 37 °C. A detecção dos halos foi feita com solução de iodo. Para celulases, o gel de poliacrilamida continha CMC (0,2%), e após a eletroforese foi incubado em solução Triton X-100 (1%) por 1 hora e em tampão citrato de sódio (50 mM, pH 4,8) por 12 horas a 50 °C. O gel foi corado com vermelho congo (0,1%) por 20 minutos e lavado com NaCl (1 M) para visualização dos halos enzimáticos.

FORMULAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS PÃES

Os pães foram elaborados nos laboratórios da Escola Senai Vila Canaã, em Goiânia, Goiás, utilizando uma formulação ajustada a partir de testes preliminares, com base em 100 g da mistura de farinhas e féculas. Os demais ingredientes incluíram ovo, óleo vegetal, açúcar, goma xantana, fermento biológico seco, sal e água mineral. A preparação seguiu etapas específicas: os ingredientes líquidos e o açúcar foram inicialmente homogeneizados por 1 minuto e 30 segundos em batedeira planetária, seguidos pela adição das farinhas, água, extrato enzimático e fermento, com nova homogeneização por 1 minuto. O sal e a goma xantana foram então adicionados e misturados por mais 1 minuto. Após modelagem, a massa fermentou a 35 °C e 85% de umidade por 40 minutos em câmara de fermentação, sendo em seguida assada a 180 °C por 20 minutos.

A aplicação das enzimas nas formulações de pães sem glúten foi realizada a partir de delineamento inteiramente casualizado (DIC). Foram utilizados dois extratos enzimáticos em concentrações diferentes (Tabela 1), elaboradas 3 repetições para cada formulação.

Tabela 1 – Planejamento experimental utilizado nas formulações de pães sem glúten com aplicação dos extratos enzimáticos

Formulação	Extrato enzimático – Celulase (mL)	Extrato enzimático – α amilase e amiloglucosidase (mL)
CONTROLE	-	-
F1	1,0	-
F2	2,0	-
F3	-	1,0
F4	-	2,0
F5	0,5	0,5
F6	1,0	1,0

Caracterização física

A análise de volume específico dos pães foi realizada após resfriamento a 25 °C ± 2 °C, com a pesagem em balança analítica e determinação do volume pelo deslocamento de sementes de painço (21). O volume específico foi calculado pela razão entre volume e massa.

A textura foi avaliada em texturômetro Stable Micro Sistem (TA HD Plus) (22), analisando dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade, utilizando probe cilíndrico (20 mm) e fatias de 20 mm de espessura, com 10 repetições por replicata. A cor foi mensurada por colorímetro no sistema CIE L*a*b*, registrando luminosidade (L*), tons de vermelho/verde (a*) e azul/amarelo (b*), além do cálculo do croma e ângulo Hue (23), com 10 repetições por replicata.

Caracterização química

A composição centesimal foi determinada para a formulação controle (pão sem glúten sem extrato enzimático) e para a formulação com extrato enzimático com melhor desempenho físico (24). O teor de proteínas foi avaliado pelo método de Micro-Kjeldahl (AACC 46-13), com digestão, destilação e titulação, usando 6,25 como fator de conversão. O teor de lipídios foi obtido pelo método Soxhlet com éter de petróleo (AOAC 920.39 C), a umidade por dessecação em estufa a 105°C até peso constante (AOAC 920.39), as cinzas por incineração em mufla a 550°C (AOAC 900.02), e as fibras alimentares pelo método enzimogravimétrico. Os carboidratos totais foram calculados por diferença, subtraindo-se de 100 os valores de umidade, cinzas, proteínas e lipídios, e o valor energético total foi estimado pelo método de Atwater, considerando 4 kcal/g para carboidratos e proteínas e 9 kcal/g para lipídios. A atividade de água foi mensurada em higrômetro de ponto de orvalho Acqua Lab a 24 ± 1 °C.

Análise estatística

A análise estatística dos resultados foi realizada utilizando o software STATISTICA 7.0. A análise de variância (ANOVA) foi aplicada com nível de significância de 5% ($p<0,05$). Para os dados de volume específico, parâmetros de textura, cor, umidade e atividade de água, as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey. Já para a avaliação da composição físico-química, pH e acidez total titulável, as médias da melhor formulação e da formulação controle foram comparadas pelo Teste t para verificar diferenças significativas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 representa o gel de poliacrilamida e os zimogramas obtidos para o extrato enzimático de alfa amilase e amiloglucosidase e para o extrato enzimático de celulase.

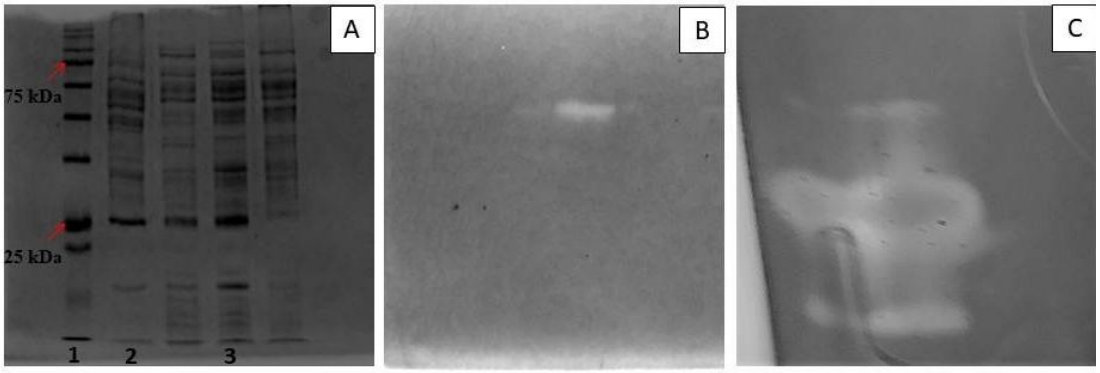


Figura 1 – A: Gel de poliacrilamida (1: marcador; 2: extrato enzimático de alfa amilase e amiloglucosidase; 3; extrato enzimático de celulase); B: Zimograma para o extrato enzimático de alfa amilase e amiloglucosidase; C: zimograma para o extrato enzimático de celulase.

As manchas esbranquiçadas no zimograma confirmam a atividade enzimática de alfa amilase e amiloglucosidase (Figura 1B) e de celulase (Figura 1C) nos extratos analisados. Para alfa amilase e amiloglucosidase foram determinadas as atividades enzimáticas, respectivamente, de 2,68 U/mg e 4,53 U/mL, e para celulase foi determinada a atividade enzimática de 0,89 U/mL.

Frantz et al. (25) produziram extratos enzimáticos a partir do macromiceto *Coprinus comatus* utilizando subprodutos do trigo, e encontraram valores de atividade enzimática para alfa amilase que variaram de 3,69 U mL^{-1}a 6,07 U mL^{-1}, sendo maiores que os encontrados nesse estudo, e valores de atividade enzimática para amiloglucosidase que variaram de 0,26 U mL^{-1}a 0,64 U mL^{-1}, sendo menores do que os encontrados nessa pesquisa.

Rodrigues et al. (26) utilizaram cepas do fungo *Aspergillus niger* em seus experimentos, reportando uma atividade enzimática de 4,24 U/mL no ponto central das condições analisadas. Esse valor demonstrou-se superior ao obtido na presente pesquisa, indicando maior eficiência nas condições experimentais empregadas pelos autores. Além disso, eles destacaram que a utilização de enzimas derivadas do reaproveitamento de subprodutos agroindustriais representa uma estratégia sustentável, capaz de agregar valor à cadeia produtiva. Essa abordagem não apenas oferece vantagens econômicas, como a redução de custos e a geração de produtos de maior valor agregado, mas também promove benefícios ambientais, ao minimizar o desperdício e reduzir o impacto ambiental causado pelos resíduos.

A partir do gel de poliacrilamida (Figura 1A), foi possível observar a presença de uma grande quantidade de bandas em ambos os extratos enzimáticos analisados, indicando que a atividade metabólica do micro-organismo liberou vários resíduos no meio, o que pode reduzir a atividade enzimática das enzimas analisadas nessa pesquisa. A Tabela 2 representa os valores obtidos a partir a partir das análises físicas dos pães formulados com diferentes concentrações dos extratos enzimáticos de alfa amilase e amiloglucosidase e de celulase.

A formulação F4 apresentou volume específico significativamente maior em relação às demais formulações, inclusive para a formulação controle. Foi possível perceber que a adição dos extratos enzimáticos reduziu de forma significativamente a dureza dos pães sem glúten em relação à formulação controle, sendo que a formulação

F4 foi similar às formulações F1, F5 e F6. Em relação à mastigabilidade, a formulação controle também apresentou diferença significativamente maior em relação às demais formulações e a formulação F4 mostrou-se similar às formulações F1, F2 e F5. As formulações não apresentaram diferenças significativas entre o controle e as demais formulações quanto aos parâmetros de elasticidade, coesividade e atividade de água.

Tabela 2 – Resultados das análises de volume específico, parâmetros de textura, teor de umidade e atividade de água dos pães com adição de diferentes volumes dos extratos enzimáticos

	Formulações						
Fator	**F1**	**F2**	**F3**	**F4**	**F5**	**F6**	**CONTROLE**
Volume específico (cm^3g^{-1})	$3,0^{b}$±0,02	$2,9^{b}$±0,03	$3,0^{b}$±0,03	$3,7^{a}$±0,06	$3,1^{b}$±0,04	$3,0^{b}$ ±0,08	$3,0^{b}$±0,07
Dureza (N)	$5,3^{bc}$±0,19	$5,8^{b}$±0,27	$5,9^{b}$±0,03	$4,7^{c}$±0,60	$5,1^{bc}$±0,14	$5,1^{bc}$±0,26	$7,2^{a}$±0,15
Elasticidade	$0,9^{a}$±0,01	$0,9^{a}$±0,27	$0,9^{a}$±0,002	$0,9^{a}$±0,00	$0,9^{a}$±0,00	$0,9^{a}$±0,01	$0,9^{a}$±0,01
Coesividade	$0,7^{a}$±0,01	$0,7^{a}$±0,02	$0,7^{a}$±0,01	$0,7^{a}$±0,01	$0,7^{a}$±0,02	$0,7^{a}$±0,01	$0,7^{a}$±0,01
Mastigabilidade	$3,7^{bcd}$±0,04	$4,0^{bcd}$±0,05	$4,1^{bc}$±0,47	$3,3^{d}$±0,38	$3,5^{cd}$±0,04	$4,2^{b}$±0,17	$5,0^{a}$±0,10
Umidade	$39,8^{ab}$±0,86	$40,0^{ab}$±0,98	$39,9^{ab}$±0,14	$40,7^{a}$±0,32	$41,8^{a}$±0,18	$41,2^{a}$±0,84	$38,1^{b}$±1,4
Atividade de água	$0,9^{a}$±0,00	$0,9^{a}$±0,01	$0,9^{a}$±0,00	$0,9^{a}$±0,00	$0,9^{a}$±0,00	$0,9^{a}$±0,00	$0,9^{a}$±0,01

Os valores foram expressos em média e desvio padrão. As letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística entre os valores, considerando índice de significância $p \leq 0,05$.

A formulação F4 apresentou volume específico significativamente maior em relação às demais formulações, inclusive para a formulação controle. Foi possível perceber que a adição dos extratos enzimáticos reduziu de forma significativamente a dureza dos pães sem glúten em relação à formulação controle, sendo que a formulação F4 foi similar às formulações F1, F5 e F6. Em relação à mastigabilidade, a formulação controle também apresentou diferença significativamente maior em relação às demais formulações e a formulação F4 mostrou-se similar às formulações F1, F2 e F5. As formulações não apresentaram diferenças significativas entre o controle e as demais formulações quanto aos parâmetros de elasticidade, coesividade e atividade de água.

Azizi S. (27) formulou pães sem glúten com farinha de arroz e de amaranto, observando que enzimas lipase e protease reduziram a dureza, porosidade e volume específico com 15% de farinha de amaranto, enquanto aumentaram essas propriedades com 25%. Assim, o uso de enzimas foi benéfico com 25%, melhorando textura, porosidade e volume. Haghighat-Kharazi et al. (28) analisaram pães sem glúten elaborados com farinha de arroz e farinha de grão-de-bico e com a adição de amilase, verificando que a enzima não provocou alterações no volume específico dos pães, mas teve influência no aumento da umidade e na redução do valor de dureza. Sciarini et al. (29) também analisaram pães sem glúten com adição de diferentes concentrações de alfa amilase, e observaram que a utilização da enzima influenciou no aumento do volume específico e na redução dos valores de dureza dos pães, assim como os resultados encontrados nesse estudo.

Liu et al. (30) e Sciarini et al. (29) avaliaram o comportamento reológico da massa de pães, respectivamente, de farinha de trigo e sem glúten, após a adição de alfa amilase e observaram que a enzima foi capaz de reduzir a resistência à extensão da massa, o que permite maior expansão e redução da dureza dos pães, mas também pode afetar a estabilidade da massa durante o processo de cocção. Segundo os autores, as enzimas amilolíticas atuam na hidrólise das moléculas de amido, liberando dextrinas de baixo peso molecular, o que fornece maior quantidade de açúcar fermentescível e favorece a fermentação, mas também é capaz de interferir na textura da pasta. Nesse estudo também

se observou a interferência da adição e da concentração de extrato de enzimas no aumento de expansão e diminuição da dureza de formulações de pães elaborados com farinha de grão-de-bico, farinha de arroz, fécula de mandioca e fécula de batata.

A farinha de grão-de-bico apresenta bom teor de fibras e proteínas, podendo auxiliar na emulsificação e na manutenção da estabilidade da massa, garantindo melhor estrutura para a expansão e retenção de gás proporcionada pela ação das enzimas amilolíticas durante o processo de fermentação e cocção dos pães (31, 32). A influência do teor de fibras na estabilidade de massas adicionadas de amilase também foi observada por Liu et al. (30), que avaliou pães formulados com farinha de trigo e com a adição de farelo de trigo, constatando que a adição de α-amilase na massa regular reduziu tanto a resistência à extensão quanto a estabilidade da massa, porém a adição de alfa amilase nos pães com farelo de trigo reduziu a resistência á extensão, mas também foi capaz de manter a estabilidade da massa, o que é importante para a retenção de ar e o crescimento uniforme dos pães durante a cocção.

A adição do extrato enzimático de celulase reduziu a dureza dos pães em relação à formulação controle, mas não teve efeito no aumento do volume específico, o que pode estar relacionado à digestão enzimática da celulose que transforma parte da fibra insolúvel presente na massa em fibra solúvel (33). Efeito semelhante foi encontrado por Liu et al. (30), que avaliaram os efeitos da adição de celulase em pães com farelo de trigo, observando a enzima foi capaz de reduzir a dureza e a resistência à extensão, mas também reduziu a estabilidade da pasta, o que pode, segundo o autor, prejudicar a expansão e a retenção de ar na massa. Nesse estudo, foi possível verificar que a concentração do extrato enzimático pode ter influência positiva ou negativa nas características dos pães produzidos.

Pães sem glúten geralmente utilizam nas suas massas amidos refinados, com pouca fibra alimentar. Com isso, durante o processo de gelatinização e fermentação demandam grandes quantidades de água (34). A incorporação de fibras no processo produtivo de pães sem glúten é um fator positivo, uma vez que as fibras tem alta capacidade de retenção de água (35). As fibras solúveis são capazes de melhorar os parâmetros de textura de pães sem glúten devido à sua capacidade de emulsificação, mas, quando em excesso, podem competir com o amido para a absorção de água e prejudicar o processo de gelatinização dos grânulos. Por outro lado, as fibras insolúveis permanecem praticamente inalteradas durante a fermentação e cocção dos pães, auxiliando na manutenção da estabilidade e estrutura da massa durante o processo de expansão (36).

A formulação controle apresentou um valor de umidade significativamente menor em comparação com as formulações F4, F5 e F6. Haghighat-Kharazi et al. (28) também observaram que a adição de alfa-amilase aumenta a umidade de pães sem glúten, resultado atribuído à maior absorção de água pelas moléculas geradas pela digestão enzimática do amido. Segundo os autores, esse efeito é essencial para evitar a textura esfarelenta do miolo e reduzir a dureza dos pães.

Os valores obtidos a partir da análise dos parâmetros instrumentais de cor dos pães formulados estão representados na Tabela 3. As formulações não apresentaram diferenças significativas para os parâmetros de L* e Hue do miolo, e b*, C* e Hue da casca. Para os parâmetros de L* e a* da casca não foi possível identificar uma tendência de aumento ou redução dos valores de acordo com o extrato enzimático ou sua respectiva quantidade adicionada.

Foi observado que as formulações F3, F4, F5 e F6, que foram elaboradas com a adição de extrato enzimático de alfa amilase e amiloglucosidase, apresentaram maiores valore de a* do miolo em relação à formulação controle, que não possui adição de extrato enzimático, e em relação às formulações F1 e F2, que foram elaboradas apenas com o extrato enzimático de celulase. Para o parâmetro C* do miolo, as formulações F3, F4, F5

e F6 não apresentaram diferenças significativas entre si. Alterações nos parâmetros de cor de pães sem glúten a partir da adição de amilase à formulação também foram relatadas por Haghighat-Kharazi et al. (28), que identificaram aumento no valor da coordenada de cromaticidade b* da casca, o que pode estar relacionado à maior concentração de açúcares livres na massa gerados a partir da digestão enzimática do amido, o que propicia maior interação com os aminoácidos e as reações de Maillard e de caramelização. Porém, tal alteração não foi observada na casca das formulações desse experimento.

Tabela 3 – Análise de parâmetros de cor dos pães com adição de diferentes volumes dos extratos enzimáticos

	Formulação						
Fator	**F1**	**F2**	**F3**	**F4**	**F5**	**F6**	**CONTROLE**
L* miolo	67,24^{a}±1,23	68,4^{a}±0,67	67,22^{a}±0,78	68,55^{a}±0,09	68,19^{a}±0,09	67,03^{a}±0,55	69,74^{a}±1,54
a* miolo	0,40^{b}±0,05	0,45^{ab}±0,02	0,52^{ab}±0,05	0,54^{ab}±0,05	0,56^{a}±0,10	0,50^{ab}±0,03	0,40^{b}±0,03
b* miolo	22,5^{b}±1,35	24,8^{a}±0,63	24,62^{ab}±0,20	24,33^{ab}±0,88	24,33^{ab}±0,49	24,19^{ab}±0,31	23,18^{ab}±0,93
C* miolo	22,5^{b}±1,35	24,8^{a}±0,62	24,63^{ab}±0,20	24,34^{ab}±0,88	24,34^{ab}±0,49	24,20^{ab}±0,31	23,18^{ab}±0,93
Hue miolo	88,98^{a}±0,11	88,95^{a}±0,03	88,78^{a}±0,11	88,72^{a}±0,14	88,67^{a}±0,25	88,79^{a}±0,07	89,01^{a}±0,08
L* casca	42,63^{ab}±0,71	43,34^{a}±0,53	42,20^{ab}±0,98	42,04^{ab}±0,70	41,58^{ab}±1,23	41,07^{b}±0,39	42,26^{ab}±0,29
a* casca	22,25^{ab}±0,24	21,67^{ab}±0,60	20,90^{b}±0,13	22,91^{a}±0,10	21,88^{ab}±0,80	21,51^{b}±0,76	21,83^{ab}±0,26
b* casca	31,86^{a}±1,04	32,11^{a}±0,74	31,65^{a}±0,79	32,51^{a}±1,25	32,39^{a}±0,33	31,83^{a}±0,42	31,86^{a}±0,94
C* casca	38,89^{a}±0,74	38,75^{a}±0,89	37,95^{a}±0,63	39,81^{a}±0,95	38,43^{a}±0,43	39,14^{a}±0,27	38,63^{a}±0,91
Hue casca	55,05^{a}±1,19	55,97^{a}±0,45	56,55^{a}±0,74	54,73^{a}±1,17	55,90^{a}±1,10	55,92^{a}±1,18	55,55^{a}±0,45

Os valores foram expressos em média e desvio padrão. As letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística entre os valores, considerando índice de significância $p \leq 0,05$.

Como não foram observadas variações relevantes nos parâmetros instrumentais de cor entre as diferentes formulações e o controle, optou-se por selecionar como formulação ideal a que apresentou menor valor de dureza, mastigabilidade significativamente menor em relação à formulação controle e volume específico significativamente maior em relação às demais formulações. Assim, a formulação F4, que teve a adição de 2 mL do extrato enzimático de alfa amilase e amiloglucosidase, foi selecionada como sendo a ideal e, portanto, utilizada para realizar as análises físico-químicas em comparação com o controle.

A Figura 2 representa os pães elaborados com as diferentes concentrações dos extratos enzimáticos de alfa amilase e amiloglucosidase e de celulase. A partir das imagens, foi possível perceber que os pães F3 e F4, formulados apenas com extrato enzimático de alfa amilase e amiloglucosidase, apresentaram aparentemente a casca mais arredondada e, portanto, maior crescimento e estrutura mais uniformes da massa. As demais formulações, que receberam adição do extrato enzimático de celulase, mesmo que em diferentes proporções, apresentaram a casca mais plana, podendo estar relacionada à maior dificuldade de expansão da massa devido á digestão da estrutura das fibras insolúveis pela enzima.

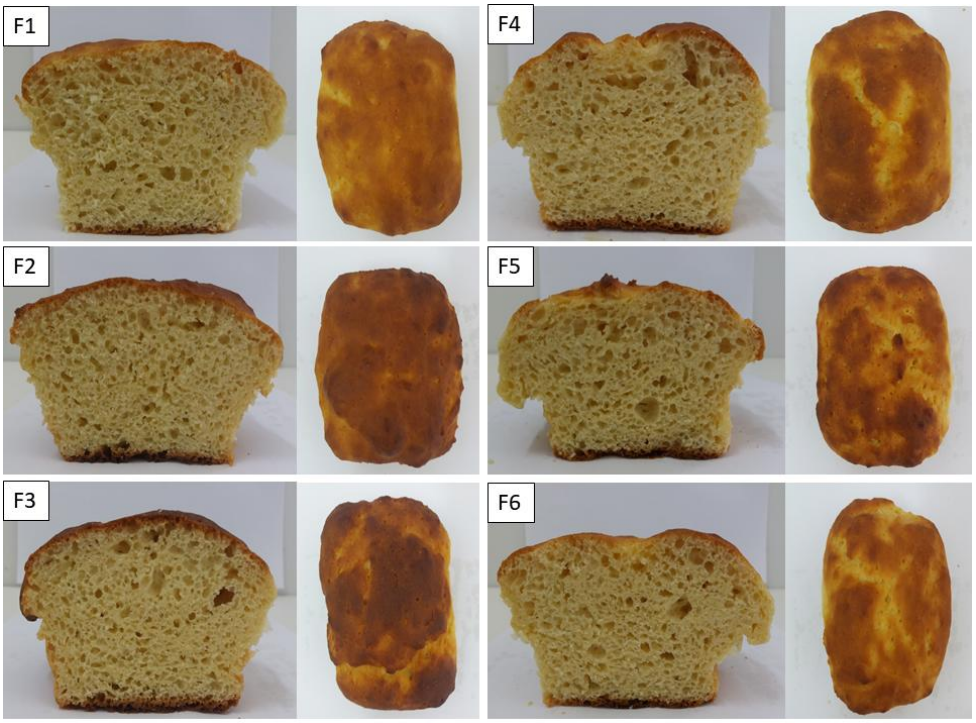


Figura 2 – Pães elaborados com a adição de diferentes volumes de extrato enzimático de α amilase, amiloglucosidase e celulase

A Tabela 4 representa os valores obtidos a partir da análise físico-química, de pH e acidez total titulável da formulação F4 e da formulação controle. A adição de enzimas amilolíticas nas formulações não teve influência no valor de cinzas, cinzas, pH e acidez total titulável dos pães sem glúten, mas reduziu de forma significativa os valores de carboidratos disponíveis e carboidratos totais e aumentou os valores de proteínas e lipídios. A redução nos valores de carboidratos já era esperada, já que, as enzimas amilolíticas, como a α-amilase, são capazes de hidrolisar as moléculas de amido em moléculas menores, proporcionando uma maior liberação de açúcares fermentescíveis,

que por sua vez, serão consumidos por micro-organismos durante o processo de fermentação (37).

Tabela 4 – Análise físico-química, pH e acidez da formulação F4 e da formulação controle

	Formulação	
Fator	**F4**	**Controle**
Cinzas[1]	3,780[a]±0,003	3,718[a]±0,034
Lipídios[1]	12,586[a]±0,254	10,755[b]±0,0207
Proteína[1]	9,249[a]±0,220	8,036[b]±0,041
Fibras alimentares[1]	5,611[a]±0,172	5,738[a]±0,048
Fibra insolúvel[1]	4,332[a]±0,296	4,480[a]±0,019
Fibra solúvel[1]	1,184[a]±0,068	1,165[a]±0,070
Carboidratos disponíveis[1]	28,106[b]±0,225	33,627[a]±1,305
pH	6,135[a]±0,010	6,245[a]±0,063
Acidez total titulável[3]	0,156[b]±0,004	0,175[a]±0,006
Valor energético total[2]	273,925[a]±0,726	274,957[a]±4,648

Os valores foram expressos em média e desvio padrão. As letras diferentes na mesma linha indicam diferença estatística entre os valores, considerando índice de significância $p \leq 0,05$. [1]expresso em g 100 g-¹; por [2]kcal 100 g-¹; [3]g de NaOH 100 g-1

Quanto ao aumento de proteínas, além das enzimas extracelulares, o *Streptomyces* pode secretar diversos peptídeos como metabólitos secundários (38), o que pode explicar o aumento do teor de proteínas dos pães formulados com adição do extrato enzimático em relação à formulação controle. A secreção dos metabólitos secundários também pode ser observada a partir da quantidade de bandas obtidas no gel de poliacrilamida (Figura 1A). Frantz et al. (25) identificaram que o pH ótimo para a atividade enzimática da α-amilase e amiloglucosidase no extrato bruto foi de, respectivamente, 6,0 e 6,5. Os pães formulados com adição de extrato enzimático apresentaram pH de 6,13, considerado então apropriado para a adequada atividade das enzimas utilizadas.

CONCLUSÕES

A produção de enzimas a partir de resíduos da indústria do arroz, como casca e farelo, mostrou-se viável, embora sejam necessários estudos para otimizar sua atividade. A aplicação de 2 mL de extrato enzimático contendo alfa-amilase e amiloglucosidase melhorou a textura dos pães sem glúten, reduzindo a dureza, aumentando o volume específico e a umidade, além de diminuir os carboidratos disponíveis sem alterar o teor de fibras. Essas enzimas representam uma alternativa sustentável para o desenvolvimento de pães sem glúten com qualidade aprimorada, ampliando as opções para consumidores com restrição ao glúten.

REFERÊNCIAS

1. Çiçek S, Işık S. Development of functional bread and other bakery products. In: Ozogul F, Rocha JM, Bartkiene E, editors. Handbook of Sourdough Microbiota and Fermentation. Academic Press; 2025. p. 279-95. ISBN: 9780443186226. doi: 10.1016/B978-0-443-18622-6.00016-5.
2. Kreutz JM, Adriaanse MPM, Ploeg EMCVD, Vreugdenhil ACE. Narrative review: Nutrient deficiencies in adults and children with treated and untreated celiac. Nutrients. 2020;12(2):1-23. doi: 10.3390/nu12020500.
3. Nionelli L, Wang Y, Pontonio E, Immonen M, Rizzello CG, Maina HN, et al. Efeito antifúngico do excedente de pão bioprocessado como ingrediente para

panificação: Identificação de compostos ativos e impacto na vida útil. Controle de alimentos. 2020;118:107437. doi: 10.1016/j.foodcont.2020.107437.
4. Tebben L, Shen Y, Li Y. Improvers and functional ingredients in whole wheat bread: A review of their effects on dough properties and bread quality. Trends Food Sci Technol. 2018;81:10-24.
5. Conte P, Caroa AD, Balestra F, Piga A, Fadda C. Bee pollen as a functional ingredient in gluten-free bread: A physicalchemical, technological and sensory approach. LWT Food Sci Technol. 2018;90:1-7.
6. ITAL. Indústria de alimentos 2030. Plataforma de Inovação Tecnológica. 2020;1.
7. Dojnov B, Vujcic Z. Fast and reliable method for simultaneous zymographic detection of glucoamylase and a-amylase in fungal fermentation. Anal Biochem. 2012;421(2):802-4.
8. Xie F, Quan S, Liu D, Ma H, Li F, Zhou F, et al. Purification and characterization of a novel α-amylase from a newly isolated Bacillus methylotrophicus strain P11-2. Process Biochem. 2014;49(1):47-53.
9. Salgaonkar M, Nadar SS, Rathod VK. Combi-metal organic framework (Combi-MOF) of α-amylase and glucoamylase for one pot starch hydrolysis. Int J Biol Macromol. 2018;113:464-75.
10. Matsushita K, Santiago DM, Noda T, Tsuboi K, Kawakami S, Yamauchi H. The Bread Making Qualities of Bread Dough Supplemented with Whole Wheat Flour and Treated with Enzymes. Food Sci Technol Res. 2017;23(3):403-10.
11. Budihal SR, Agsar D, Patil S. Enhanced production and application of acidothermophilic Streptomyces celulase. Bioresour Technol. 2016;200:706-12.
12. Juturu V, Wu JC. Microbial cellulases: Engineering, production and applications. Renew Sustain Energy Rev. 2014;33:188-203.
13. Giese EC, Hiroshi T, Silva MLC, Silva R, Barbosa AM. Production, properties and applications of oligosaccharides. Semina: Ciênc Agrár. 2011;32(2):683-700.
14. Capriles VD, Aguiar EV, Santos FG, Fernández MEA, Melo BG, Tagliapietra BL, et al. Current status and future prospects of sensory and consumer research approaches to gluten-free bakery and pasta products. Food Res Int. 2023;173(2):113389. doi: 10.1016/j.foodres.2023.113389.
15. Bakri Y, Jacques P, Thonart P. Xylanase production by Penicillium canescens 10–10c in solid-state fermentation. Appl Biochem Biotechnol. 2003;108(1):737-48.
16. Ramada MHS, Lopes FAC, Ulhoa CJ, Silva RN. Optimized microplate β-1, 3-glucanase assay system for Trichoderma spp. Screening. J Microbiol Methods. 2010;81(1):6-10.
17. Almeida MCO, Cruz ML, Cardoso JL, Lima WJN. Análise da produção de amiloglucosidase e alfa-amilase por Aspergillus awamori através de fermentação batelada em frascos agitados. In: VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica; 2009.
18. Laemmli UK. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. Nature. 1970;227:680-5.
19. Wanderley KJ, Torres FAG, Moraes LMP, Ulhoa CJ. Biochemical characterization of K-amylase from the yeast Cryptococcus Lavus. FEMS Microbiol Lett. 2004;231:165-9.
20. Blum DL, Li XL, Chen H, Ljungdhl LG. Characterization of an acetyl xylan esterase from the anaerobic fungus Orpinomyces sp. strain PC-2. Appl Environ Microbiol. 1999;65:3990-5.
21. Mohammadi M, Azizi MH, Neyestani TR, Hosseini H, Mortazavian AM. Development of gluten-free bread using guar gum and Transglutaminase. J Ind Eng Chem. 2015;21:1398-402.

22. Esteller MS, Lannes SCS. Complementary parameters of requirements to fixing identity and quality of bakery products. Ciênc Tecnol Aliment. 2005;25(4):802-6.
23. Harder MNC, Canniatti-Brazaca SG, Arthur V. Quantitative evaluation by a digital colorimeter of the color of the egg of laying hens fed with annatto (Bixa orellana). Rev Port Ciênc Vet. 2007;102(563):339-42.
24. AOAC - Association of official analytical chemists. Official methods of analysis of the AOAC International. 19th ed. Washington: AOAC; 2012.
25. Frantz SC, Paludo LC, Stutz H, Spier MR. Production of amylases from Coprinus comatus under submerged culture using wheat-milling by-products: Optimization, kinetic parameters, partial purification and characterization. Biocatal Agric Biotechnol. 2019;17:82-92.
26. Rodrigues EMG, D'Amico CC, Gerage KRG. Produção de bioenergia a partir de resíduos agroindustriais: uma revisão. Bioenergia Rev Diálogos. 2023;13(2). Disponível em: http://www.fatecpiracicaba.edu.br/revista/index.php/bioenergiaemrevista/article/view/489. Acesso em: 19 nov. 2024.
27. Azizi S, Azizi MH. Evaluation of producing gluten-free bread by utilizing amaranth and lipase and protease enzymes. J Food Sci Technol. 2023;60(8):2213-22. doi: 10.1007/s13197-023-05748-6.
28. Haghighat-Kharazia S, Milani JM, Kasaai MR, Khajeh K. Use of encapsulated maltogenic amylase in malotodextrins with different formulations in making gluten-free breads. LWT Food Sci Technol. 2019;110:182-9.
29. Sciarini LS, Ribotta PD, León AE, Pérez GT. Incorporation of several additives into gluten free breads: Effect on dough properties and bread quality. J Food Eng. 2012;111(4):590-7.
30. Liu W, Brennan MA, Serventi L, Brennan CS. Effect of cellulase, xylanase and a-amylase combinations on the rheological properties of Chinese steamed bread dough enriched in wheat bran. Food Chem. 2017;234:93-102.
31. Gobbetti M, Pontonio E, Filannino P, Rizzello CG, Angelis M, Cagno R. How to improve the gluten-free diet: The state of the art from a food Science perspective. Food Res Int. 2018;110:22-32.
32. Ayala-Soto FE, Serna-Saldívar SO, Welti-Chanes J. Effect of arabinoxylans and laccase on batter rheology and quality of yeast-leavened gluten-free breads. J Cereal Sci. 2017;73:10-7.
33. Palabiyik I, Yildiz O, Toker OS, Cavus M, Ceylan MM, Yurt B. Investigating the addition of enzymes in gluten-free flours and the effect on pasting and textural properties. LWT Food Sci Technol. 2016;69:633-41.
34. Bender D, Schönlechner R. Abordagens inovadoras para melhorar as propriedades do pão sem glúten. J Cereal Sci. 2020;91:102904. doi: 10.1016/j.jcs.2019.102904.
35. Biernacka B, Dziki D, Rózyło R, Gawlik-Dziki U, Nowak R, Pietrzak W. Massa de trigo comum enriquecida com casca de aveia moída ultrafina: propriedades físico-químicas e sensoriais. Moléculas. 2023;28(7197).
36. Martínez MM, Díaz Á, Gómez M. Effect of different microstructural features of soluble and insoluble fibres on gluten-free dough rheology and bread-making. J Food Eng. 2014;142:49-56.
37. Kim HJ, Yoo SH. Effects of combined α-amylase and endo-xylanase treatments on the properties of fresh and frozen doughs and final breads. Polymers. 2020;12(6):1349.

38. Kashiwagi N, Ogino C, Kondo A. Production of chemicals and proteins using biomass-derived substrates from a Streptomyces host. Bioresour Technol. 2017;245:1655-63.

Capítulo 27

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-27

BACTÉRIAS PATOGÊNICAS DE IMPORTÂNCIA EM ALIMENTOS

Monique Suela Silva[1*], Bruna Resende Bauduino[2], Michelle Carlota Gonçalves[2], Anderson Henrique Venâncio[2], Mônica Aparecida Silva[2], Jéssica Raquel Sales Carvalho de Souza[2], Roberta Hilsdorf Piccoli[2]
[1] Departamento de Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares - UFLA
[2] Departamento de Ciência dos Alimentos - UFLA

**Autor correspondente (corresponding author): monique.silva3@ufla.br*

Resumo
Bactérias patogênicas em alimentos são uma das principais causas de doenças transmitidas por alimentos, representando risco significativo à saúde humana. Essas bactérias podem se proliferar devido às práticas inadequadas de manipulação, armazenamento ou higiene. Dessa forma, identificar e controlar a incidência desses microrganismos é essencial para garantir a segurança de alimentos. Objetivou-se nesse estudo relatar possíveis riscos à saúde pública associados ao consumo de alimentos contendo seis principais patógenos alimentares, bem como traçar práticas de prevenção. Para isso, realizou-se levantamento bibliográfico na base de dados *Scopus*, tendo como palavras-chaves o nome científico de cada bactéria. Os seis principais patógenos bacterianos veiculados por alimentos abordados nesta revisão foram ***Salmonella***, ***Listeria monocytogenes***, ***Escherichia coli***, ***Bacillus cereus***, ***Staphylococcus aureus*** e *Clostridium botulinum*. Aspectos da biologia, patogenicidade e impacto na saúde pública são detalhados, assim como fatores de virulência e fontes comuns de contaminação alimentar. Nesse contexto, fatores como biofilmes, resistência antimicrobiana e toxinas são críticos para a persistência e disseminação dessas bactérias. Logo, destaca-se a necessidade de boas práticas de higiene, controle rigoroso no processamento de alimentos e avanços no diagnóstico molecular para mitigação de surtos, bem como o papel da conscientização e fiscalização na proteção da saúde pública.

Palavras-chave: Contaminação; doenças transmitidas por alimentos; patógeno alimentar; segurança de alimentos; surto

INTRODUÇÃO

Doenças transmitidas por alimentos (DTAs) representam um grave problema de saúde pública em todo o mundo, causando milhões de casos de doenças e milhares de mortes a cada ano, gerando um significativo impacto socioeconômico. As DTAs surgem da ingestão de alimentos contaminados por agentes patogênicos como bactérias, vírus, parasitas ou toxinas, sendo as bactérias os agentes mais comuns. A contaminação pode ocorrer em qualquer etapa da cadeia alimentar, desde a produção até o consumo (1).

Dessa forma é fundamental a adoção de práticas de higiene e segurança de alimentos em toda a cadeia produtiva, englobando um conjunto de práticas e procedimentos que visem minimizar ou eliminar os riscos de contaminação dos alimentos, desde a produção até o consumo. A adoção de hábitos de higiene adequados, tanto dos colaboradores, quanto sanitização de utensílios e superfícies, até o controle da

temperatura dos alimentos e o armazenamento adequado, a escolha de fornecedores confiáveis e o preparo correto dos alimentos são medidas essenciais para garantir a qualidade e a segurança de alimentos (2).

Dentre as bactérias patogênicas veiculadas por alimentos, destacam-se *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* sp., *Clostrium botulinum*, *Listeria monocytogens* e *Bacillus cereus*, comumente associadas à contaminação alimentar e, devido a sua agressividade e patogenicidade, serão abordadas.

Escherichia coli, uma bactéria habitante do trato gastrointestinal de humanos e animais de sangue quente, apresenta cepas produtoras de toxinas podendo causar diarreia, cólicas abdominais, vômitos e, em casos mais graves, insuficiência renal e até a morte. A contaminação ocorre, geralmente, por consumo de carne bovina mal cozida, leite não pasteurizado e verduras mal lavadas (3). Algumas cepas podem apresentar fatores de virulência como adesinas, sistemas de secreção de proteínas e cápsulas (1) ou carregar plasmídeos contendo genes de virulência (4).

Staphylococcus aureus é uma bactéria comum na pele e nas mucosas de indivíduos saudáveis, quando presente nos alimentos pode produzir toxinas que induzem ao vômito e diarreia. Geralmente, está associada a alimentos mantidos em temperatura ambiente por tempo prolongado. São bactérias halotolerantes, capazes de crescer em baixa atividade de água e além da produção de toxinas, também possui outros fatores de patogenicidade como capacidade de coagular o fibrinogênio (5).

Salmonella pode contaminar uma variedade de alimentos, como aves, ovos, leite e produtos derivados, frutas e verduras. Além do mais é encontrada no trato gastrointestinal de humanos e animais de sangue quente (6). Apresenta vários mecanismos de patogenicidade como produção de toxinas, formação de biofilmes, liberação de antígenos capsulares, além da capacidade de se multiplicar na presença de sais de cura (7). Esses fatores tornam a *Salmonella* de suma importância para a indústria de alimentos.

Clostridium botulinum produz uma toxina potente que causa o botulismo, uma doença grave que pode levar à paralisia muscular e à morte, sendo sua contaminação, geralmente associada ao consumo de alimentos enlatados ou conservados de forma inadequada. Sua agressividade se dá pela síntese de toxinas e formação de endósporos altamente resistentes ao calor (8).

Quanto a *Listeria monocytogenes*, essa bactéria também pode contaminar uma variedade de alimentos, incluindo carnes processadas, queijos, leite não pasteurizado e vegetais prontos para o consumo. Causa infecções graves em indivíduos imunocomprometidos, recém-nascidos, idosos e aborto em gestantes. Coloniza diversas superfícies em instalações de processamento, tolera uma ampla faixa de pH e temperatura, além de apresentar habilidade de sobreviver e se multiplicar dentro das células hospedeiras, fundamental para sua patogenicidade (1,6). Dessa forma, compreender os aspectos fisiológicos e epidemiológicos desse microrganismo é essencial para seu controle (9).

O *Bacillus cereus* é outro patógeno de importância na indústria alimentícia, especialmente em alimentos ricos em amido, como arroz cozido. A ingestão de alimento contendo essa bactéria pode causar intoxicação alimentar devido à produção de toxinas que induzem vômito ou diarreia. Assim como clostrídio, a formação de esporos altamente resistentes ao calor e a diversos agentes químicos dificulta sua eliminação durante o processamento de alimentos (10).

Dessa forma, a detecção precoce da presença dessas bactérias patogênicas em alimentos é fundamental para evitar a ocorrência de surtos. Existem diversos métodos de detecção de bactérias em alimentos, como métodos culturais, bioquímicos, imunológicos e moleculares. Sendo que a legislação e as normas de segurança de alimentos de cada

região estabelecem os padrões de qualidade e os limites máximos permitidos de contaminantes para cada alimento, garantindo assim a proteção da saúde dos consumidores. A prevenção das DTAs requer adoção de hábitos simples de higiene como lavar bem as mãos com água e sabão antes de preparar os alimentos; higienizar alimentos, especialmente frutas e verduras; cozinhar bem alimentos como carnes e ovos; respeitar a temperatura recomendada de armazenamento de cada alimento; evitar a contaminação cruzada entre alimentos crus e cozidos, entre outros (11). Ao longo dos anos, diversos surtos de DTAs foram registrados no Brasil e no mundo, causando grande impacto na saúde pública. A análise desses casos permite identificar as principais causas dos surtos e desenvolver estratégias para prevenir a ocorrência de novos eventos (12). Portanto, objetivou-se apresentar uma visão geral sobre seis patógenos bacterianos veiculados por alimentos, relatar possíveis riscos à saúde pública associados ao consumo de alimentos contendo tais bactérias, bem como traçar estratégias de prevenção e salientar a importância de assumir boas práticas de fabricação para segurança de alimentos e controle das DTAs.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizado um levantamento bibliográfico na base de dados *Scopus*, tendo como palavras-chaves o nome científico dos seis principais patógenos bacterianos veiculados por alimentos abordados nesta revisão: *Salmonella* sp., *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* e *Clostridium botulinum*.

PRINCIPAIS BACTÉRIAS VEICULADAS POR ALIMENTOS

Salmonella sp.

Salmonella é uma bactéria patogênica da família Enterobacteriaceae, aeróbica facultativa, encontrada no trato gastrointestinal de humanos e animais de sangue quente. É um bastonete Gram-negativo, não esporogênico, com flagelos, realiza anaerobiose facultativa, é catalase positiva e oxidase negativa. Multiplica-se entre 7 °C e 49,5 °C, com pH ideal entre 4 e 9. Sais de cura, como nitrito e nitrato de sódio, presentes em embutidos cárneos, podem favorecer sua multiplicação (1,6).

Dessa forma, dentro do gênero estão incluídas espécies capazes de causar infecções em humanos. A *Salmonella* é a responsável pela salmonelose, uma zoonose que, geralmente, ocorre devido à contaminação dos alimentos (1). Estima-se que 66% das doenças não tifóides por *Salmonella* (SNT) adquiridas internamente são atribuídas à transmissão alimentar (13).

A *Salmonella enterica* é frequentemente associada a infecções em seres humanos, apresenta seis subespécies, sorotipos. Sabe-se que a *Salmonella* é responsável por 95,5 milhões de casos de doenças transmitidas por alimentos, resultando em 257.000 óbitos. Até o momento, foram catalogados mais de 2600 sorotipos diferentes, dentre esses, mais da metade pertence à *Salmonella enterica* subsp. *enterica*, sendo este subtipo responsável pela maioria das infecções por *Salmonella* em seres humanos (14). Dentre os sorotipos de *Salmonella*, destacam-se a *Salmonella enterica* sorovar Typhi, cuja transmissão ocorre por alimentos ou água contaminados; a *Salmonella enterica* sorovar Enteritidis, relacionada ao consumo de ovos e derivados pasteurizados ou não; e a *Salmonella enterica* sorovar Typhimurium, transmitida por água contaminada ou contato com fezes de animais como galinhas, suínos, cães, gatos e outros que servem de reservatórios (1,6).

A *Salmonella enterica* sorovar Typhi (*S*. Typhi) possui a capacidade de se fixar e formar biofilmes, esse aspecto desempenha um papel fundamental em sua

patogenicidade, contribuindo para a persistência da bactéria no corpo humano e a resistência à antibióticos. Os biofilmes são compostos por bactérias aderidas a uma matriz de polissacarídeos extracelulares, com notável resistência às condições inóspitas (7). Ressalta-se que fímbrias e *pili*, desempenham um papel fundamental na formação desses biofilmes (15). Uma vez estabelecido, o biofilme proporciona uma camada protetora, tornando as células mais resistentes a agressões ambientais e dificultando sua eliminação, inclusive em face de fatores estressores como sanitizantes, antibióticos, ácido láctico, sais de cura e óleos essenciais (7,16).

A *Salmonella bongori* representa outra espécie dentro desse gênero bacteriano, embora seja menos frequente em infecções humanas, essa variante pode desencadear gastroenterite (17). No geral, a *Salmonella* é responsável por diversas enfermidades, incluindo gastroenterites causadas por *S.* Enteritidis e *S.* Typhimurium, febre tifoide originada pela *S.* Typhi e febres entéricas provenientes de *S.* Paratyphi, além de causar doença sistêmica invasiva como *S.* Cholerasuis (1,7). Alimentos como leite e seus derivados, ovos e derivados, tanto pasteurizados quanto não pasteurizados, sobremesas, molhos de saladas, condimentos, misturas utilizadas em panificação (massas de bolos), mariscos e produtos cárneos processados ou maturados provenientes de peixes, suínos, bovinos, aves e outras espécies de animais, representam notáveis veículos de transmissão quando estão contaminados com *Salmonella* (6,18).

A *Salmonella* apresenta diversos antígenos desempenhando papéis essenciais na resposta imunológica. Destacam-se os antígenos somáticos (O), localizados na parede celular externa e componentes do lipopolissacarídeo (LPS), essenciais para a classificação sorológica das cepas bacterianas (5). A variação nos antígenos O é empregada na distinção entre os diferentes sorotipos de *Salmonella*. Já os antígenos flagelares (H), associados aos flagelos que conferem mobilidade à bactéria, são utilizados na diferenciação de cepas dentro de um mesmo sorotipo, sendo a mobilidade um fator de virulência importante, associado a processos como a invasão de células hospedeiras (1,6,18).

Determinadas cepas de *Salmonella* apresentam uma cápsula polissacarídica que lhes conferem resistência à fagocitose. Os antígenos capsulares, conhecidos como antígenos K, desempenham um papel essencial na patogenicidade da bactéria, pois a presença da cápsula auxilia a *Salmonella* a evitar o sistema imunológico do hospedeiro. Adicionalmente, certas cepas de *S. enterica*, como a *S.* Typhi possui um antígeno de parede celular chamado antígeno Vi. Esse antígeno, associado à cápsula bacteriana, é específico da *S.* Typhi e serve como um dos marcadores distintivos que diferenciam essa cepa de outras. A combinação única desses antígenos determina a sorologia específica de cada cepa de *Salmonella*, permitindo a classificação precisa e a identificação de diferentes sorotipos (6).

O entendimento dos antígenos da *Salmonella* é essencial para o desenvolvimento de técnicas diagnósticas, vacinas e controle de infecções (19). Embora a maioria dos casos de salmonelose seja autolimitada e resolva-se espontaneamente, em alguns casos, a infecção pode se tornar grave, especialmente em pessoas com sistema imunológico comprometido, menores de cinco anos (letal), pessoas com comorbidades como diabetes e pressão alta, gestantes e idosos (1).

A prevenção da salmonelose envolve práticas adequadas de higiene durante o manuseio de alimentos. Dessa forma, o manipulador ou colaborador deve lavar as mãos regularmente, usar máscaras e toucas nas cozinhas e plantas de processamento, cozinhar completamente os alimentos, evitar o consumo de ovos crus ou mal cozidos, e garantir que os utensílios de cozinha e superfícies estejam perfeitamente limpos e sanificados. Os surtos de salmonela são monitorados de perto por autoridades de saúde pública, e medidas são tomadas para investigar a fonte da contaminação (19).

A *Salmonella* emprega um elaborado mecanismo de patogenicidade para desencadear infecções no organismo hospedeiro. O processo se inicia quando a bactéria é ingerida por meio de alimentos ou água contaminados, conseguindo resistir às enzimas digestivas e condições ácidas estomacais (ácido clorídrico). Ao alcançar o intestino delgado, a *Salmonella* utiliza seus flagelos e *pili* para aderir às células epiteliais intestinais, posteriormente invadindo-as (20).

Dentro das células hospedeiras, a *Salmonella* desenvolve uma habilidade singular intracelular, evitando as defesas do sistema imunológico e multiplicando-se. Ao mesmo tempo, induz um processo inflamatório no trato gastrointestinal, mediado por toxinas e outros fatores de virulência (6). Essa inflamação contribui para os sintomas característicos da infecção, como febre, calafrios, perda de apetite, dor abdominal e diarreia. Em casos mais graves, a *Salmonella* pode escapar do intestino e disseminar-se pelo corpo (causando septicemia), podendo atingir órgãos distantes como fígado, baço e rins através da corrente sanguínea. Além disso, a bactéria possui a capacidade de colonizar o trato gastrointestinal por períodos prolongados, às vezes resultando em infecções crônicas (20).

A virulência da *Salmonella* é atribuída à expressão de uma variedade de genes associados a fatores de aderência, invasão, resistência às condições adversas e evasão do sistema imunológico (20,15). Nesse sistema genético complexo, a presença de nutrientes ou a interação com células hospedeiras podem modular a ativação ou desativação de genes. A bactéria utiliza fatores de aderência, como fímbrias e proteínas adesivas para se ligar às células epiteliais intestinais (21,22). O pequeno RNA PinT, presente em *S.* Typhimurium, desempenha um papel significativo na regulação do sistema de secreção tipo III da ilha de patogenicidade 1 (SPI1) dessa bactéria (23). Essa regulação é essencial para a transição da *Salmonella* da fase de invasão para a multiplicação intracelular, destacando o intricado controle genético de sua patogenicidade (24).

A presença de *Salmonella* em alimentos representa uma séria ameaça à saúde pública, resultando em milhões de casos de doenças transmitidas por alimentos (DTAs) e milhares de óbitos a cada ano. É importante enfatizar que a adoção de práticas de higiene e saúde pelos manipuladores durante a produção de alimentos, contribui para a redução do risco de *Salmonella* em seres humanos (14).

Listeria monocytogenes

Listeria monocytogenes é uma bactéria Gram-positiva não esporulada, causadora de toxinfecção alimentar, móvel, anaeróbica facultativa, psicrotrófica, catalase-positiva e oxidase-negativa. Sua presença é ubíqua na natureza, sendo encontrada na água, no solo, em silagem, alimentos de rápido consumo (lácteos e cárneos embalados e fatiados), fezes de humanos e animais, além de equipamentos e utensílios como facas e outros objetos utilizados na indústria (1,6).

Algumas espécies de *Listeria* incluem: *L. monocytogenes, L. innocua, L. seeligeri, L. welshimeri, L. ivanovii, L. grayi, L. rocourtiae, L. marthii, L. denitrificans, L. murrayi, 12 L. fleischmannii* e *L. weihenstephanensis.* Sendo *L. monocytogenes* a espécie mais patogênica em seres humanos e animais (6). Coloniza diversas superfícies em instalações de processamento, incluindo placas de polietileno, polipropileno, piso, aço inox, borracha, madeira, silicone, alumínio, entre outras, o que evidencia sua capacidade de se adaptar às condições inóspitas, como variações de pH (acidez) e presença de conservantes. É classificada como psicrotrófica, pois é capaz de se multiplicar em temperaturas entre 2 °C e 45 °C. Além da ampla faixa de temperatura, também demonstra capacidade de se multiplicar em intervalo de pH que varia de 4,3 a 9,6 (1,6).

Alimentos, especialmente, leite cru ou pasteurizado, produtos lácteos como queijos de baixa e alta umidade, defumados e congelados, patês, frutas, carnes e vegetais

crus, podem atuar como veículos de transmissão da infecção de *L. monocytogenes.* A principal via de contaminação é a ingestão de alimentos contaminados. Ressalta-se que indivíduos imunocomprometidos, gestantes, indivíduos com comorbidades e idosos são mais suscetíveis aos efeitos da bactéria. Em mulheres gestantes, a bactéria pode ser especialmente preocupante, pois ela passa pela placenta, produz infecções neonatais graves e pode resultar na morte do feto (25).

A listeriose causada pela *L. monocytogenes* pode manifestar-se em duas principais formas: invasiva e não invasiva (26). A listeriose invasiva é caracterizada pela habilidade da bactéria em penetrar as células do sistema hospedeiro, resultando em uma infecção sistêmica. Os sintomas podem variar, desde febre, mialgia e náuseas até formas mais severas, como septicemia e meningite (9). A gravidade da listeriose invasiva pode ser letal, especialmente em grupos de risco, demandando atenção médica e hospitalar imediata. Complicações incluem a disseminação da infecção para órgãos internos (fígado, baço e rins) e para o sistema nervoso central (26). Enquanto a listeriose não invasiva, é caracterizada pela não invasão do sistema circulatório, causando gastroenterite aguda, diarreia, dores musculares, cólicas abdominais e febre moderada. Normalmente tem uma duração limitada, com a maioria dos pacientes se recuperando sem complicações (26,27).

A patogenicidade de *L. monocytogenes* envolve uma série de mecanismos genéticos e fisiológicos, sendo a habilidade de sobreviver e se multiplicar dentro das células hospedeiras, fundamental para sua patogenicidade. Tal capacidade se deve à presença de sistemas de aderência e invasão que permitem sua entrada nas células do hospedeiro, geralmente, células epiteliais e fagocíticas, como macrófagos e neutrófilos (1). Além disso, produz várias toxinas, incluindo a listeriolisina O, que promove a lise das células hospedeiras e permite a disseminação para outras células. *L. monocytogenes* possui genes específicos de virulência, como os agrupados no operon de patogenicidade LIPI-1, que codifica proteínas essenciais para a invasão e escape intracelular. A expressão dos genes de virulência é regulada em resposta às condições ambientais, como temperatura e pH (28).

A vigilância ativa de casos de listeriose humana deve ser realizada para detectar padrões que possam indicar a ocorrência de surtos por *L. monocytogenes*. Em resposta, algumas ações incluem a retirada de lotes de alimentos contaminados, a implementação de métodos higiênicos e medidas ambientais. Portanto, a compreensão abrangente dos aspectos fisiológicos e epidemiológicos é essencial para seu controle (9).

Escherichia coli

A *Escherichia coli* pertence à família Enterobacteriaceae, é comumente encontrada no intestino de humanos e animais de sangue quente participando do processo digestivo (1,6). Dessa forma, é capaz de sintetizar a vitamina K (lipossolúvel), importante para a coagulação sanguínea nos seres humanos. Contudo, muitas cepas de *E. coli* têm potencial patogênico, podendo ocasionar doenças, especialmente quando há a ingestão de alimentos ou água contaminados (1).

A *E. coli* é uma bactéria em forma de bastonete, Gram-negativa, anaeróbia facultativa, móvel, com flagelos peritríquios, fermenta glicose produzindo ácido e gás. Tolera pH de 4,4 a 9,0, com temperatura ótima de crescimento a 37 °C, o que contribui para sua multiplicação no trato gastrointestinal. Desenvolve-se em ambientes com atividade de água (Aw) acima de 0,95 e temperaturas entre 7 e 48 °C, sendo classificada como mesofílica. Destaca-se sua capacidade de se adaptar ao pH, conservantes em embutidos e outras condições inóspitas (1,5,6).

Seis patotipos de *E. coli* merecem destaque, incluindo *E. coli* enterotoxigênica (ETEC), responsável pela indução de diarreia, *E. coli* enteropatogênica (EPEC),

associada à diarreia em berçários, mas que não produz toxinas, *E. coli* enterohemorrágica (STEC produtora de toxina Shiga), relacionada à colite hemorrágica e à síndrome hemolítica-urêmica, *E. coli* enteroinvasiva (EIEC), que provoca uma doença semelhante à disenteria, *E. coli* difusamente aderente (DAEC) e *E. coli* enteroagregativa (EAEC), associada a surtos de diarreia. (29). ETEC é responsável por cerca de 200 milhões de casos de diarreia e 380 mil mortes anuais, causando sintomas como diarreia aquosa, vômitos, dores abdominais, náuseas e febre leve. ETEC utiliza proteínas fibrilares ou fimbriais para colonizar a mucosa do intestino delgado, onde produz duas enterotoxinas: a termolábil (LT) e a termoestável (ST) (30).

Algumas cepas de *E. coli*, como as STEC, causam graves sintomas, uma vez que as toxinas danificam as células intestinais, levando a diarreia severa e síndrome hemolítico-urêmica (SHU). Além da produção de toxinas, cepas patogênicas possuem outros fatores de virulência como adesinas, sistemas de secreção de proteínas e cápsulas (1). Além disso, o genoma da *E. coli* é adaptável, o que permite sua rápida resposta á mudanças ambientais. Cepas patogênicas carregam plasmídeos, elementos genéticos extracromossômicos que contêm genes de virulência regulados por fatores como nutrientes e interação com o hospedeiro (4,30).

A contaminação com *E. coli* ocorre por meio de alimentos contaminados, e em menor escala pela água e por contato direto entre pessoas. Alimentos como carne moída crua, vegetais não lavados e produtos lácteos não pasteurizados são frequentemente relacionados a surtos alimentares (31). Assim como ressaltado para os demais patógenos, métodos moleculares são empregados para comparar as cepas de *E. coli* e rastrear a fonte do surto (32).

A prevenção de infecções por *E. coli* abrange procedimentos como o cozimento adequado dos alimentos, higienização das mãos e antebraços dos colaboradores, a lavagem cuidadosa de vegetais, legumes e frutas antes do consumo, e evitar o consumo de produtos lácteos não pasteurizados. Além disso, a imposição de regulamentações na produção de alimentos e a adoção de boas práticas agrícolas e de fabricação são medidas fundamentais para assegurar a ausência de *E. coli* (2).

Bacillus cereus

O *Bacillus cereus* é uma das inúmeras espécies pertencentes ao gênero *Bacillus* com uma relação filogenética bem próxima. As espécies mais estudadas são *B. anthracis*, *B. cereus* e *B. thuringiensis* (entomopatogênico), conhecidas pelo seu potencial patogênico. Enquanto algumas cepas de *B. cereus* estão frequentemente ligadas a casos de intoxicação alimentar, também podem causar infecções em feridas, problemas oculares e até doenças sistêmicas (33). Com exceção de *B. cereus*, a maioria dos demais membros do gênero *Bacillus* não causam doença no ser humano (34).

B. cereus pertence à família Bacillaceae, são bastonetes Gram-positivo, aeróbio facultativo, e produtores de esporos. A contaminação de alimentos por essa bactéria ocorre frequentemente durante o processamento ou armazenamento inadequado, especialmente em temperaturas que favorecem sua multiplicação (1).

A produção de toxinas está ligada à presença de plasmídeos, os quais são regulados em resposta às condições ambientais e do hospedeiro. Entre os fatores de virulência, destacam-se enzimas e proteínas que facilitam a colonização e a formação de esporos resistentes, permitindo sua sobrevivência e persistência em ambientes alimentares (10). A bactéria pode gerar dois tipos principais de toxinas: a toxina emética e as toxinas diarreicas. A toxina emética desencadeia vômitos, é termoestável e associada ao consumo de arroz ou outros alimentos reaquecidos. Por outro lado, as toxinas diarreicas são termolábeis e provocam um quadro de diarreia aquosa. Acredita-se que a

produção de toxinas está intrinsecamente relacionada à sua genética, sendo os genes responsáveis pela síntese de toxinas regulada por fatores ambientais, como temperatura e disponibilidade de nutrientes. Além das toxinas, o *B. cereus* apresenta outros fatores de virulência, incluindo enzimas degradativas e componentes da parede celular, que contribuem para sua capacidade patogênica. Diversas linhagens são capazes de sintetizar uma ampla variedade de metabólitos extracelulares, incluindo enzimas (proteases, lipases e lecitinases) que podem acelerar a deterioração de alimentos. Cepas distintas desses microrganismos são responsáveis por numerosos surtos associados a diversos produtos, como arroz, leite e derivados, cereais, macarrão, carne e vegetais (35).

A prevalência de *B. cereus* pode ser subestimada devido à leveza dos sintomas associados à toxinfecção, muitas vezes não reportados. Apesar disso, há registros de casos graves, como septicemia e infecções neuroinvasivas em imunocomprometidos (10). A gravidade da doença varia desde sintomas leves, como febre e cefaleia, a quadros mais sérios, dependendo da quantidade de toxina ingerida e da condição de saúde do indivíduo, sendo mais vulneráveis aqueles com comorbidades, crianças, idosos e gestantes (1).

A síndrome diarreica, é desencadeada por um grupo distinto de toxinas: a enterotoxina hemolítica (HBL), a enterotoxina não-hemolítica (NHE) e a citotoxina K (CytK). Essas toxinas apresentam elevada sensibilidade ao pH baixo e às proteases digestivas, o que impede o desenvolvimento de sintomas diarreicos quando sua produção ocorre no alimento. Consequentemente, a toxinfecção ocorre devido à produção de enterotoxinas no intestino delgado pelas células vegetativas de *B. cereus* ou pelos endósporos ingeridos. Os endósporos são resistentes a altas temperaturas, falta de água, procedimentos de higienização e podem formar biofilmes (37). Estudos realizados com a espécie *B. subtilis* revelaram que os biofilmes atuam como reservatórios naturais de endósporos, tornando desafiadora a sua erradicação. Embora a formação de biofilmes tenha sido investigada em *B. subtilis*, uma espécie intimamente relacionada ao *B. cereus*, há ainda lacunas no conhecimento sobre este último. No entanto, a relevância da motilidade e dos endósporos na aderência a superfícies não biológicas é reconhecida (35,36).

A investigação de surtos alimentares por *B. cereus* envolve a identificação rápida da fonte de contaminação. Métodos laboratoriais moleculares na análise microbiológica de amostras alimentares e clínicas são essenciais. A colaboração entre autoridades de saúde pública, laboratórios e instituições de pesquisa é fundamental para uma resposta eficaz. A prevenção de infecções por *B. cereus* envolve o armazenamento adequado, a refrigeração rápida, o cozimento completo dos alimentos e a higiene durante a manipulação (36,37).

Os estudos sobre *B. cereus* em alimentos destacam a capacidade desse microrganismo de resistir e se multiplicar durante o processo de cocção, especialmente em relação a diferentes temperaturas pós-cozimento. Além disso, a presença de atividade proteolítica em todas as cepas evidencia a potencial capacidade desse microrganismo de afetar a segurança dos alimentos (1,6).

Staphylococcus aureus

O *Staphylococcus aureus* é frequentemente associado à intoxicação alimentar, mas, na realidade, é mais apropriado referir-se a seus efeitos como toxinose alimentar. No cenário brasileiro, é essencial ressaltar que o termo “intoxicação” é preferencialmente reservado para situações envolvendo agentes químicos, excluindo os relacionados a agentes biológicos. Essa distinção é essencial para prevenir equívocos, especialmente ao lidar com as toxinas produzidas por *S. aureus* e também *Clostridium botulinum*. Ressalta-se que em alguns livros e artigos podemos encontrar o termo intoxicação (1).

Trata-se de uma bactéria Gram-positiva, aeróbia facultativa, apresentando-se na forma de cocos agrupados em configuração semelhante a cachos de uva, o que justifica seu nome "staphylo" (1,5). Até o ano de 2009, pertencia à família Micrococcaceae, e a partir de 2009, foi reclassificado como pertencente à família Staphylococcaceae. O gênero *Staphylococcus* abrange aproximadamente 53 espécies, sendo *S. aureus* a mais frequentemente associada às doenças estafilocócicas, quer sejam de origem alimentar ou não (5,38). Essa bactéria possui a capacidade de fermentar vários açúcares, incluindo o manitol, o qual é frequentemente utilizado como substrato para quantifica-la em laboratório (1).

O meio mais amplamente utilizado para o cultivo de *S. aureus* é o Baird-Parker, conhecido por sua halotolerância, este meio permite o crescimento da bactéria em atividade de água de 0,88, com variações entre 0,83 (correspondente a 15% de sal) e 0,89 (1,5). Embora sejam tolerantes a concentrações de 10% a 20% de sal e a nitratos (38).

São 17 toxinas identificadas e rotuladas de "a" a "q", sendo a mais prevalente, a toxina "a" predominante em muitos surtos (1,5). *S. aureus* desencadeia diversos tipos de intoxicações, produzindo aproximadamente 20 fatores de virulência, entre os quais se destaca a coagulase, embora essa ennzima não seja exclusiva da família. A coagulase, quando produzida durante uma infecção em humanos ou animais, tem a capacidade de coagular o fibrinogênio resultando na formação de uma nuvem de fibrina no plasma sanguíneo. Esse mecanismo é estratégico para evitar o reconhecimento pela resposta imunológica e a subsequente eliminação. Dentre as espécies produtoras de coagulase estão o *S. aureus, S. epidermidis; S. hyicus, S. intermedius* e o *S. schleiferi* subsp. *coagulans* (5).

S. aureus está presente no corpo humano e de animais, incluindo regiões como nariz, garganta, pelos e pele. Esse microrganismo é caracterizado como comensal, pois se alimenta das secreções oleosas produzidas na pele causando diversos quadros de infecções em humanos e animais (40). É importante notar que nem todos os isolados de *S. aureus* produzem enterotoxinas, mas quando se trata de contaminação alimentar, todos esses isolados são capazes de produzir toxinas. A presença da coagulase positiva é um critério distintivo, considerando todos os organismos assim identificados como a espécie "*aureus*" e produtores potenciais de enterotoxinas (5,40).

O alimento cozido ou processado permite a multiplicação da bactéria que, por sua vez, possuem genes que produz a enterotoxina. Com uma quantidade entre 10^5 e 10^8 de população, há toxinas suficientes para desencadear um quadro de toxinose a saúde dos seres humanos (5,6). No estômago, a toxina estimula o nervo vago, sensibiliza o cérebro desencadeando o vômito. O início do processo de vômito pode ocorrer em questão de minutos ou horas após a ingestão do alimento contaminado. Além disso, a toxina que não é absorvida a nível de estômago causa danos as microvilosidades podendo ocasionar a diarreia. Dependendo da toxina, podem estar presentes dores abdominais e dor de cabeça (6,39).

A enterotoxina "a" demonstra notável resistência ao calor, sendo capaz de permanecer ativa, por exemplo, mesmo após um alimento ser fervido por 30 minutos. É preocupante que, em muitas situações, embora o tratamento térmico possa eliminar a presença da bactéria, a toxina ainda persiste no alimento. Vários estudos indicam que, mesmo submetidas a tratamentos térmicos intensos que causam desnaturação, essas toxinas, por serem proteínas, possuem a capacidade de se reconfigurar ao longo do tempo, recuperando sua atividade (40). Aliado a isso, resistência das toxinas às enzimas estomacais é notável, visto que, por ser uma proteína, a enzima gástrica não degrada efetivamente a toxina "a", mantendo a viável. A melhor abordagem para evitar a presença da bactéria e, consequentemente, da toxina no alimento é adotar medidas preventivas adequadas (41). Dentre as síndromes causadas pelo *S. aureus*, destaca-se a Síndrome do

choque tóxico (toxina 1). Esta toxina causa febre, hipertensão, congestão de vários órgãos e choque letal (1,6).

S. aureus é conhecido por sua habilidade de formar biofilmes. Esses biofilmes proporcionam uma plataforma de sobrevivência robusta para *S. aureus*, conferindo-lhe resistência a condições adversas, incluindo desinfetantes e antimicrobianos. A capacidade de *S. aureus* formar biofilmes está diretamente associada à sua multiplicação em ambientes diversos, como superfícies e dispositivos implantáveis. A compreensão aprofundada dos mecanismos de formação e regulação de biofilmes por *S. aureus* é essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de prevenção e controle dessas infecções persistentes (42).

A presença de *S. aureus* em alimentos é um sério risco para a saúde humana devido à produção de toxinas. Dessa forma, deve se ter práticas rigorosas de higiene durante a produção e manipulação de alimentos, bem como a implementação de medidas de armazenamento adequadas. A conscientização sobre os perigos associados ao *S. aureus* e a adoção de boas práticas sanitárias são fundamentais para assegurar a integridade dos alimentos e a saúde dos consumidores (2,6).

Clostridium botulinum

O gênero *Clostridium* é pertencente à família Clostridiaceae, um grupo notável dentre os 11 gêneros bacterianos dessa família, com 300 espécies. Essas bactérias Gram-positivas são anaeróbias estritas, bastonetes e formadoras de endósporos. Diversas espécies desse gênero foram recentemente realocadas em novos gêneros, enquanto o *Clostridium estrito sensu*, ou grupo I, é definido por relações genéticas mais estreitas (1,43). As cepas patogênicas de clostrídios que exercem significativo impacto na saúde humana e animal incluem *C. perfringens, C. tetani, C. botulinum* e outras espécies que produzem toxinas (43).

C. botulinum é uma bactéria Gram-positiva anaeróbica, móvel (por meio de flagelos peritríqueos) e apresenta forma de bastonete. Essa bactéria se multiplica em alimentos com pH superior a 4-6, formando esporos terminais na ponta do bastonete, que abrigam genes responsáveis pela produção das potentes toxinas botulínicas (1,5,6).

O endósporo bacteriano é uma célula especial, onde o citoplasma entra em completo estado de dormência. Sua viabilidade a longo prazo, depende da proteção fornecida por duas paredes distintas: o córtex, uma parede especializada e interna de peptidoglicano e a parede de proteína externa dos esporos. O núcleo do esporo permanece em estado relativamente desidratado, sendo fundamental para a resistência (8,44).

C. botulinum se destaca pela formação de endósporos altamente resistentes ao calor. Essa espécie é patogênica e está associada à condição conhecida como botulismo. As diferentes cepas de *C. botulinum* (A-G) têm a capacidade de produzir sete neurotoxinas sorologicamente distintas e extremamente potentes. Estas toxinas botulínicas interferem na liberação de acetilcolina em junções neuromusculares, gânglios autonômicos e terminações nervosas parassimpáticas, resultando em uma paralisia descendente e disfunção do sistema nervoso autônomo (8,9). Embora o *C. botulinum* não esteja frequentemente associado a um grande número de surtos ou casos, ele produz uma toxina que pode levar à morte, com uma taxa de letalidade que chega a 60%. O número de contaminações relacionadas à produção de toxinas nos alimentos é consideravelmente menor. No entanto, esses casos individuais são de particular importância, uma vez que envolvem a produção de toxinas resistentes, que, embora não estejam necessariamente ligadas a surtos generalizados, podem resultar em taxas significativas de mortalidade (45).

A epidemiologia da toxinose varia entre os diferentes tipos de toxinas, sendo que os tipos A, B e E causam a maioria dos casos de botulismo em humanos. O botulismo manifesta-se em diversas formas, incluindo o botulismo alimentar (onde a toxina pré-formada no alimento é ingerida), o botulismo infantil (onde a toxina é produzida no intestino da criança) e o botulismo por ferida (45).

As estirpes de *C. botulinum* são classificadas nos grupos I, II, III e IV, cada um apresentando características específicas. As cepas dos grupos I e II apresentam riscos distintos no processamento de alimentos. No grupo I, observam-se esporos altamente resistentes ao calor, frequentemente associados a práticas térmicas inadequadas em produtos como conservas de legumes e carnes curadas. Já as cepas do grupo II, devido à sua capacidade de crescimento em temperaturas de refrigeração, representam um risco em alimentos industrialmente processados. Estes alimentos, submetidos a tratamentos térmicos suaves, podem permitir a sobrevivência dos esporos do grupo II. Embora a vedação hermética prolongue a vida útil dos alimentos, cria condições anaeróbias propícias para a germinação dos endósporos e o crescimento de células vegetativas de *C. botulinum* (5,46).

O *Clostridium* é um microrganismo termofílico que permanece latente por anos sem apresentar manifestações, demonstrando notável resistência a tratamentos térmicos, como o processo de estufagem em latas. Ao se multiplicar, tem a capacidade de gerar gás e produzir a perigosa toxina botulínica, conhecida por seu uso em procedimentos estéticos como o botox, onde é empregada para induzir a paralisia muscular temporária (46,47).

A multiplicação da bactéria ocorre em condições anaeróbicas, favorecidas por ambientes intestinais e locais com baixa acidez. A liberação da toxina botulínica ocorre durante a fase estacionária de crescimento, quando a população bacteriana atinge seu ponto máximo (45).

A identificação precoce em alimentos suspeitos é essencial. Dessa forma, técnicas moleculares podem ser empregadas para detecção rápida para eliminar o surto. Compreender os mecanismos de patogenicidade, a genética envolvida na produção de toxinas e outros fatores de virulência são essenciais para o desenvolvimento de estratégias preventivas e de intervenção em surtos alimentares causados por *C. botulinum* (46).

CONCLUSÕES

Esse estudo abordou a relevância das bactérias patogênicas nos alimentos como uma das principais causas de doenças transmitidas por alimentos, destacando os riscos à saúde pública e a necessidade de controle rigoroso. Foram abordadas as principais bactérias patogênicas veiculadas por alimentos, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* e *Clostridium botulinum*. Esses patógenos apresentam alta capacidade de causar doenças, especialmente quando falhas na manipulação, armazenamento ou processamento de alimentos permitem sua disseminação. Cada uma dessas bactérias tem características biológicas específicas que aumentam seu potencial patogênico, incluindo a formação de biofilmes, resistência a condições ambientais adversas e produção de toxinas. Condições inadequadas de temperatura, falta de higienização de utensílios e superfícies, e consumo de alimentos crus ou malcozidos, ampliam o risco de contaminação. Portanto, a adoção de boas práticas de higiene e fabricação é fundamental, isso inclui desde a limpeza rigorosa de superfícies e utensílios até o controle efetivo de temperatura e condições de armazenamento. Além disso, a conscientização dos colaboradores quanto à importância do uso de equipamentos de proteção individual, como luvas, máscaras e toucas, aliado ao monitoramento constante pelas autoridades com metodologias de rápido e fácil diagnóstico, são medidas cruciais para mitigar riscos à saúde pública. O cumprimento rigoroso dessas práticas

reduz significativamente a incidência de surtos e protege a integridade dos alimentos e consumidores.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Universidade Federal de Lavras, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas-Gerais (FAPEMIG).

REFERÊNCIAS

1. Jay JM. Microbiologia de alimentos. 6. ed. Porto Alegre: Artmed; 2005.
2. Do Nascimento MSG, Costa MFB, Moraes VS, da Silva ECC, Pinto ABS da S, Ramos GL de PA. A importância do controle microbiológico de alimentos. Open Science Research XI. Editora Científica Digital; 2023.
3. Jang1 J, Hur H-G, Sadowsky1 MJ, Byappanahalli MN, Yan T, Ishii S. Environmental Escherichia coli: ecology and public health implications—a review. *J. Appl. Microbiol*. 2017; 123:570—581.
4. Oberhardt MA, Palsson BØ, Papin JA. Applications of genome-scale metabolic reconstructions. *Mol. Syst. Biol.* 2009; 5:320.
5. Da Silva N, Junqueira VCA, Silveira NF de A, Taniwaki MH, Gomes RAR, Okazaki MM. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água. 5. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2017.
6. Germano PML, Germano MIS. Higiene e vigilância sanitária de alimentos: qualidade das matérias-primas, doenças transmitidas por alimentos, treinamento de recursos humanos. Barueri: Manole, 2015.
7. Jahan F, Chinni SV, Samuggam S, Reddy LV, Solayappan M, Yin LS. The complex mechanism of the Salmonella typhi biofilm formation that facilitates pathogenicity: a review. *Int. J. Mol. Sci.* 2022; 23:6462.
8. Portinha IM, Douillard FP, Korkeala H, Lindström M. Sporulation strategies and potential role of the exosporium in survival and persistence of *Clostridium botulinum*. *Int. J. Mol. Sci*. 2022; 23:754.
9. Gazali A, Jilo K, Begna F. Listeriosis and Its Public Health Importance: A Review. *Glob. Vet.* 2016; 17:52-62.
10. Gharib AA, El-Hamid MA, El-Aziz NKA, Yonan EY. *Bacillus cereus*: Pathogenicity, Viability and Adaptation. *Adv. Anim. Vet. Sci.* 2020; 8:34-40.
11. Fung F, Wang H-S, Menon S. Food safety in the 21st century. *Biomed. J*. 2018; 4 1:8 8-9 5.
12. Bintsis T. Foodborn pathogens. *Microbiol*. 2017; 3:529–563.
13. Beshearse E, Bruce BB, Nane GF, Cooke RM, Aspinall W, Hald T et al. Attribution of illnesses transmitted by food and water to comprehensive transmission pathways using structured expert judgment, United States. *Emerg. Infect. Dis.* 2021; 27:182-195.
14. Katz TS, Harhay DM, Schmidt JW, Wheeler TL. Identifying a list of *Salmonella* serotypes of concern to target for reducing risk of salmonellosis. *Front. Microbiol.2024; 1-10.*
15. Aleksandrowicz A, Carolak E, Dutkiewicz A, Błachut A, Waszczuk W, Grzymajlo K. Better together - Salmonella biofilm-associated antibiotic resistance. *Gut Microbes*. 2023; 15:2229937.

16. Trampari E, Holden ER, Wickham GJ, Ravi A, Martins LO, Savva GM et al. Exposure of *Salmonella* biofilms to antibiotic concentrations rapidly selects resistance with collateral tradeoffs. *NPJ Biofilms and Microbiomes*. 2021; 7:3.
17. Dougnon TV, Legba B, Deuguenon E, Hounmanou G, Agbankpe J, Amadou A et al. Pathogenicity, epidemiology and virulence factors of *Salmonella* species: A review. *Not. Sci. Biol*. 2017; 9:460-466.
18. Wessels K, RIP D, GOUWS P. *Salmonella* in chicken meat: Consumption, outbreaks, characteristics, current control methods and the potential of bacteriophage use. *Foods*. 2021; 10:1742.
19. Anwar A, Ayaz N, Ahmad S, Hafsa, Naz F, Nadir K. Antimicrobial Resistance In *Salmonella* Enterica Serovar Typhi: Understanding The Mechanisms And Pathogenicity Of Infection" A Comprehensive Review. *Biol. Clin. Sci. Res*. 2024; 2024:666.
20. Mcghie EJ, Brawn LC, Hume PJ, Humphreys D, Koronakis V. *Salmonella* takes control: effector-driven manipulation of the host. *Comicr*. 2009; 12:117-124.
21. Dos Santos AMP, Ferrari RG, Conte-Junior CA. Type three secretion system in *Salmonella* Typhimurium: The key to infection. *Genes & Genomics.* 2020; 42:495-506.
22. Hussain S, Ouyang P, Zhu Y, Khalique AHC, Liang X et al. Type 3 secretion system 1 of *Salmonella* Typhimurium and its inhibitors: a novel strategy to combat salmonellosis. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2021; 28:34154-34166.
23. Cakar F, Golubeva YA, Vanderpool CK, Slauch JM. The Small RNA MicC downregulates hilD translation to control the *Salmonella* pathogenicity island 1 type III secretion system in *Salmonella enterica* serovar Typhimurium. *J. Bacteriol. Res.* 2022; 204:37821.
24. Kim K, Palmer AD, Vanderpool CK, Slauch JM. The small RNA PinT contributes to PhoP-mediated regulation of the *Salmonella* pathogenicity island 1 type III secretion system in *Salmonella enterica* serovar Typhimurium. *J. Bacteriol. Res.* 2019; 201:1110-1128.
25. Valenti M, Ranganathan NLS, Hughes S. *Listeria monocytogenes* infections: presentation, diagnosis and treatment. *Br. J. Hosp. Med.* 2021; 82:1-6.
26. Koopmans MM, Brouwer MC, Vázquez-Boland JA, Van de Beek D. Human listeriosis. *Clin. Microbiol. Ver*. 2023; 36:0-19.
27. Pal M, Shuramo MY, Shiferawu F, Parmar BC, Parmar BC. Listeriosis: an emerging foodborne disease of public health concern. *J. Adv. Microbiol.* 2022; 3:29-33.
28. Carvalho F, Sousa S, Cabanes D. How *Listeria monocytogenes* organizes its surface for virulence. Front. cell. infect. *Microbiol*. 2014; 4:48.
29. Turner SM, Scott-Tucker A, Cooper LM, Henderson IR. Weapons of mass destruction: virulence factors of the global killer enterotoxigenic *Escherichia coli*. *FEMS Microbiol. Lett.* 2006; 263:10-20.
30. Madhavan TPV, Sakellaris H. Colonization factors of enterotoxigenic *Escherichia coli*. *Adv. Appl. Microbiol*. 2015; 90:155-97.
31. Tadese ND, Gebremedhi EZ, Moges F, Borana BM, Marami LM, Sarba EJ et al. Occurrence and antibiogram of *Escherichia coli* O157: H7 in raw beef and hygienic practices in abattoir and retailer shops in Ambo Town, Ethiopia. *Vet. Med. Int.* 2021; 2021:8846592.
32. Kotłowski R, Grecka K, Kot B, Szweda P. New approaches for *Escherichia coli* genotyping. *Pathogens*. 2020; 9:73.
33. Ehling-Schulz M, Lereclus D, Koehler TM. The *Bacillus cereus* Group: *Bacillus* Species with Pathogenic Potential. *Microbiol Spectr*. 2019; 7:101-128.

34. Franco BDG de M, Landgraf M. Microrganismos patogênicos em alimentos. In: Microbiologia dos alimentos. Rio de Janeiro: Atheneu; 2023.
35. Tirloni E, Stella S, Celandroni F, Mazzantini D, Bernardi C, Ghelardi E. Role of *Bacillus* species in biofilm persistence and emerging antibiofilm strategies in the dairy industry. *J. Sci. Food Agric.* 2020; 100:2327-2336.
36. Shemesh M, Ostrov I. Role of *Bacillus* species in biofilm persistence and emerging antibiofilm strategies in the dairy industry. *J. Sci. Food Agric.* 2020; 100:2327-2336.
37. Meng J-N, Liu Y-J, Shen X, Wang J, Xu Z-K, Ding Y et al. Detection of emetic *Bacillus cereus* and the emetic toxin cereulide in food matrices: Progress and perspectives. *Trends. Food Sci.* 2022; 123:322-333.
38. Bang W, Hanson DJ, Drake MA. Effect of Salt and Sodium Nitrite on Growth and Enterotoxin Production of *Staphylococcus aureus* during the Production of Air-Dried Fresh Pork Sausage. *J. Food Prot*. 2008; 71:191-195.
39. Cheung GYC, Bae JS, Otto M. Pathogenicity and virulence of *Staphylococcus aureus*. *Virulence*. 2021; 12:547-569.
40. Cong Y, Yang S, Rao X. Vancomycin resistant *Staphylococcus aureus* infections: A review of case updating and clinical features. *J. Adv. Res.* 2019; 21:169-176.
41. Campos FM, da Silva FF, Teixeira NB, da Cunha MLRS, Oliveira TCRM. Presence of *Staphylococcus aureus* and staphylococcal enterotoxin A Production and Inactivation in Brazilian Cheese Bread. *J. Food/Feed Sci. and Technol.* 2022; 65:1-10.
42. Pérez-Boto D, D'Arrigo M, García-Lafuente A, Bravo D, Pérez-Baltar A, Gaya P et al. *Staphylococcus aureus* in the Processing Environment of Cured Meat Products. *Foods*. 2023; 12:2161.
43. Moore RJ, Lacey JA. Genomics of the pathogenic Clostridia. *Microbiol. Spectr*. 2019; 7:101-128.
44. Foster SJ, Johnstone K. Pulling the trigger: the mechanism of bacterial spore germination. *Mol. Microbiol*. 1990; 4:137-141.
45. Harris RA, Anniballi F, Austin JW. Adult intestinal toxemia botulism. *Toxins*. 2020; 12:81.
46. Filho S, Giordani F, Tonon E, Drigo I, Anselmo A, Fortunato A et al. Extensive genome exploration of *Clostridium botulinum* group III field strains. *Microorganisms*. 2021; 9:2347.
47. Lindström M, Myllykoski J, Sivelä S, Korkeala H. *Clostridium botulinum* in cattle and dairy products. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr*. 2010; 50:281-304.

Capítulo 28

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-28

DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS NO ROMÃ

Fellype Alves Rodrigues*; Ellen Godinho Pinto; Wiaslan Figueiredo Martins; Dayana Silva Batista Soares; Ana Paula Stort Fernandes

**Ellen Godinho Pinto (Corresponding author) – Email: ellen.godinho@ifgoiano.edu.br*

Resumo: A romã é conhecida por seus efeitos benéficos a saúde, principalmente por suas propriedades antioxidantes e é amplamente cultivada em diferentes regiões do mundo, o que reflete na grande diversidade de composição dos frutos. Este trabalho tem como objetivo determinar as análises físico-químicas e os teores de compostos fenólicos dos frutos da romã, oriundos do município de Morrinhos-GO. Após o despolpamento dos frutos, casca, polpa e semente foram realizadas as seguintes análises de pH, sólidos solúveis, umidade, vitamina C e compostos fenólicos totais. O conteúdo de vitamina C encontrado na casca foi de 63,32 mg/100 g, sendo maior que ao encontrado na polpa que foi de 40,31 mg/100 g. Já para os fenólicos totais, o extrato hidroalcoólico apresentou maior eficiência na casca 1,74 mgEAG/100 g, e o extrato aquoso apresentou maior eficiência na semente 1,55 mgEAG/100 g. O fruto da romã apresenta-se resultados expressivos para os compostos fenólicos.

Palavras–chave: extratos, *Punica granatum* L., vitamina C

INTRODUÇÃO

As plantas têm vindo a ser utilizadas desde tempos remotos, como fontes naturais de componentes ativos com propriedades benéficas para a saúde (1). A potencial utilização destes componentes como ingredientes de formulações alimentares adaptadas às exigências atuais dos consumidores é grandemente potenciada se as fontes naturais desses ingredientes forem matrizes naturais com grande disseminação, e em especial se puderem ser obtidas a baixo custo. Nesta perspetiva, a utilização dos produtos laterais que remanescem após o processamento industrial de produtos vegetais assume-se como uma abordagem com elevada probabilidade de sucesso, para além de auxiliar na resolução de problemas ambientais e ecológicos prementes (2).

Punica granatum L., uma espécie originária do oriente, distribuída em todo o mundo, conhecida popularmente no Brasil como romãzeira, onde adaptou-se bem às zonas áridas e semiáridas. É considerada como o membro predominante desta família, devido aos fatores históricos, étnicos medicinais e mitológicos associados a esta espécie. É citada em várias tradições como na mitologia grega, na arte egípcia, no antigo testamento e no Talmude da Babilônia (3).

Diversos usos medicinais têm sido atribuídos a esta espécie como hemostático, antibacteriano, antifúngico, antiviral, cicatrizante, no tratamento de bronquite, diarréia, problemas digestivos, impotência sexual e diabetes (4).

A casca de romã possui duas partes: a exterior apresenta um pericarpo rígido, e a interior constituída por um mesocarpo esponjoso esbranquiçado (albedo), que

compreende a parede interna do fruto, no qual se encontram os arilos. As membranas do mesocarpo (constituídas por uma série de células epidérmicas) são organizadas de forma assimétrica como “compartimentos”, funcionando como uma proteção dos arilos, sendo eles a parte edivel do fruto. A cor dos arilos pode variar desde quase transparente até vermelho escuro (1).

Os compostos fenólicos constituem um grupo de substâncias muito numeroso e globalmente distribuído pelas espécies vegetais, tendo já sido identificadas mais de 8000 estruturas. Os compostos sintetizados através das vias da pentose-fosfato, chiquimato ou fenilpropanoides, estão entre os grupos mais importantes de metabolitos secundários produzidos pelas plantas (5).

Os fitoquímicos mais abundantes na romã são os compostos fenólicos, em particular um tipo de taninos hidrolisáveis designados como elagitaninos, que são formados a partir da ligação de um ácido elágico e um ácido gálico a um hidrato de carbono (estes elagitaninos são também comumente designados como punicalaginas) (1). A coloração vermelha do sumo de romã resulta da presença de antocianinas como a delfinidina, cianidina e pelargonidina, todos presentes na sua forma glicosilada. No total, foram já identificados mais de 150 compostos fenólicos, incluindo, para além dos elagitaninos e das antocianinas, flavonóis (*e.g.*, quercetina), ácido fenólicos (*e.g.*, ácido caféico, ácido clorogénico, ácido gálico, ácido *o*- e *p*-cumárico, ácido quínico) e ácido elágico (6, 7).

Este trabalho teve como objetivo a determinação de compostos fenólicos totais em extratos aquosos, hidroalcoólicos e alcóolico na casca, polpa e semente do fruto de romã.

MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de romã *Punica granatum* L. foram adquiridos no município de Morrinhos-GO. Foram levados ao laboratório de Análise de Alimentos para a realização das análises posteriormente.

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Foram realizadas as seguintes análises físico-química na casca, polpa e semente de romã. Análise de pH em pHmetro devidamente calibrado; umidade em infravermelho, teor de sólidos soluveis totais em refratometro e vitamina C com iodato de potássio. Todas as análises foram realizadas em triplicata de acordo com a metodologia do Instituto Adolf Lutz (8).

OBTENÇÃO DOS EXTRATOS E COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS

Os extratos aquosos, hidroalcoólicos (70ºGL) e alcoólicos foram segundo a metodologia de Souza et al. (9), a partir da romã integralmente: casca, polpa e semente. Os extratos foram obtidos 1:8 (m/m) romã/extrato. A mistura foi homogeneizada utilizando-se de agitação constante durante 30 minutos, à temperatura ambiente. Em seguida, o material foi submetido à centrifugação a 3000 x g, durante 15 minutos (10).

Para a determinação do teor de compostos fenólicos totais, seguiu-se metodologia de Swain; Hills (11), sendo os resultados calculados pela curva de calibração com ácido gálico, nas concentrações variando de 1,0 a 100 mg. mL^{-1}, como demostrado na figura 1.

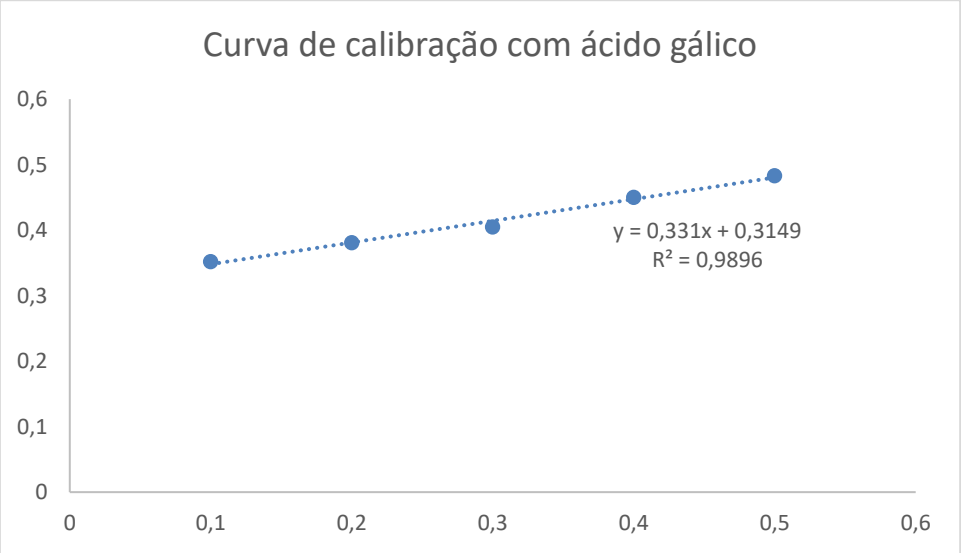


Figura 1. Curva de calibração com ácido gálico

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Tukey para comparação de médias, através do programa computacional Assistat versão 7.7.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1. pode-se observar de acordo com as análises físico-químicas realizadas no fruto de romã integral *in natura*.

Os valores de pH entre a casca e polpa da romã não tiveram diferença significativa, o valor encontrado por Santos et al. (12) foi inferior (2,93) ao encontrado neste trabalho, porém ficou próximo ao encontrado por Santos et al. (13) que encontraram valor de 3,54 na polpa da romã.

Tabela 1. Composição físico-química da casca, polpa e semente do fruto de romã (*Punica granatum* L.).

	casca	semente	polpa
pH	3,49 ± 0,05^{b}	4,08 ± 0,02^{a}	3,41 ± 0,02^{b}
Umidade (%)	29,06 ± 1,61^{c}	57,04 ± 1,77^{b}	68,00 ± 3,60^{a}
Sólidos Soluvéis Totais (° Brix)	30,66 ± 1,15^{a}	16,50 ± 0,71^{b}	15,00 ± 0,00^{b}
Vitamina C(mg/100g)	63,32 ±1,11^{a}	26,36 ± 0,02^{c}	40,31 ± 0,24^{b}

*Médias acompanhadas de letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si significativamente (p≤0,05) pelo teste de *Tukey*.

Os resultados para umidade da polpa, casca e semente apresentaram diferença significativa. Os resultados ficaram abaixo dos encontrados por (12) para a casca e polpa da romã, sendo que a polpa apresenta maior teor de umidade.

Os teores de sólidos soluvéis não apresentaram diferença entre a semente e a polpa, porém diferiu com a casca que apresentou maior teor de sólidos soluvéis totais. Santos et al. (13) encontraram valores de sólidos soluvéis próximos ao encontrado neste trabalho.

Os valores para vitamina C diferiram entre as amostras, sendo o maior valor encontrado na casca da romã (63,32 mg/100g). Valores inferiores foram encontrados na polpa do roma pelos autores (13), isso pode ter ocorrido devido a vitamina C ser facilmente degradada.

Do ponto de vista do conteúdo em compostos bioativos, a romã tem propensões em compostos fenólicos, já descritos como exercendo excelentes atividades fisiológicas (atividade antioxidante, antimicrobiana e anti-inflamatória), inclusivamente com ação preventiva de doenças (14).

Os teores de fenólicos totais da casca, polpa e semente da romã nos extratos aquoso, hidroalcoólico e alcoólico estão demonstrados na Tabela 2.

Nos extratos aquosos e hidroalcoólicos os teores de compostos fenólicos não diferiram entre a casca e a polpa da romã. Os valores encontrados dos compostos fenólicos para a polpa da romã por (15, 16) foram superiores ao encontrado neste estudo como pode-se observar, 788mg/100 g EAG e 89,12 mg/100 g EAG, respectivamente, isso pode ter ocorrido pelo método de preparação dos extratos aquosos.

Já nos extratos alcoólicos foi verificado a diferença significativa entre eles observando que o maior valor do composto fenólico encontrado foi na casca da romã, corroborrando com (1) que encontrou maior concentração de compostos fenólicos na casca (8,4 mg/100 gEAG) sendo quatro vezes maior que na polpa (2,1 mg/100 gEAG).

Tabela 2. Teores de fenólicos totais (expresso em equivalente de ácido gálico) presente no extrato aquoso, hidroalcoólico e alcoólico da polpa, da casca e da semente de romã (*Punica granatum* L.).

Extratos	Teores de fenólicos totais (mg/100 g de amostra)		
	casca	semente	polpa
Aquoso	1,29 ± 0,03 ^{cB}	1,55 ± 0,06 ^{aA}	1,25 ± 0,07 ^{bB}
Hidroalcóolico	1,74 ± 0,03 ^{aA}	0,63 ± 0,01 ^{bB}	1,41 ± 0,02 ^{aA}
Alcoólico	1,47 ± 0,09 ^{bA}	0,67 ± 0,03 ^{bC}	0,96 ± 0,04 ^{cB}

*Médias acompanhadas de letras maiúsculas iguais, na mesma linha, não diferem entre si significativamente ($p \leq 0,05$). **Médias acompanhadas de letras minúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem entre si significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Podemos observar que para a casca de romã os extratos apresentaram diferença significativa, porém o extrato que teve maior eficacia na extração dos compostos fenólicos foi o hidroalcoólico.

Para as sementes da romã os extratos hidroalcoólico e alcoólicos não apresentaram diferença significativa, entretanto, o extrato aquoso foi superior mais que o dobro na extração dos compostos fenólicos deste.

Para a polpa do fruto da romã todos os extratos se diferiram entre si, sendo que os resultados ficaram próximo ao encontrado para a casca de romã, maior eficacia no extrato hidroalcoólico.

Resultados próximos a estes para os compostos fenólicos em gariroba foram encontrados por (17), onde os maiores valores de fenólicos na casca e polpa foram nos extratos hidroalcoólicos e na polpa foi o extrato aquoso.

CONCLUSÕES

Com a composição do fruto, pode-se concluir que o fruto de romã apresenta quantidades significativas de umidade no fruto e vitamina C na casca. Na extração dos fenólicos totais, o extrato hidroalcoólico apresentou uma melhor eficiência na casca e polpa, e o extrato aquoso uma melhor eficiência na semente.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Goiano-Campus Morrinhos, por todo apoio durante a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Veloso FS. Biorresíduos de Punica granatum L. como potencial fonte de compostos fenólicos com aplicação alimentar, Mestre. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança e à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2021.

2. Gullón B, Garrote G, Alonso JL, Parajó JC. Production of L-lactic acid and oligomeric compounds from apple pomace by simultaneous saccharification and fermentation: A response surface methodology assessment. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007. *55*:5580–5587.

3. Neurath AR, Strick N, Li YY, Debnath AK. *Punica granatum* (pomegranate) juice provides an HIV-1 entry inhibitor and candidate topical microbicide. Ann NY Acad Sci. 2005; 1056:311-27.

4. Lansky EP, Newman RA. Punica granatum (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer. *J Ethnopharmacol* 2007; 109:177-206.

5. Barnes, J. Medicinal natural products. Focus on Alternative and Complementary Therapies, 2010. 3: 78–78.

6. Fischer UA, Carle R, Kammerer DR. Identification and quantification of phenolic compounds from pomegranate (*Punica granatum* L.) peel, mesocarp, aril and differently produced juices by HPLC-DAD-ESI/MS n. Food Chemistry, 2011. 127: 807–821.

7. Gómez-Caravaca AM, Verardo V, Toselli M, Segura-Carretero A, Fernández-Gutiérrez A, Caboni MF. Determination of the major phenolic compounds in pomegranate juices by HPLC-DAD-ESI-MS. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2013. 61: 5328–5337.

8. Instituto Adolfo Lutz. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. ed. 5 São Paulo: IMESP, 2008.

9. Souza MSB, Vieira LM, Lima A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de resíduos de polpas de frutas tropicais. Brazilian Journal Food Technology, 2011. 14: 202-210.

10. Fogaça DL, Pinto JunioR WR, Rego Junior NO, Nunes GS. Atividade antioxidante e teor de fenólicos de folhas da *Terminalia catappa* Linn em

diferentes estágios de maturação. Revista Ciência Farmacêuticas Básica e Aplicada, 2013. 34:257-261.

11. Swain T, Hills WE. The phenolic constituents of Punnusdomestica.Iquantitative analysis of phenolics constituents. Journal of the Science of Food and Agriculture, London. 1959, 19:63-68.
12. Santos JA, Acevedo AFG, Lacerda VR, Vietes RL. Caracterização físico-química, nutricional e compostos bioativos de romã. Research, Society and Development, 2022. 11:e18511222777.

13. Santos EHB, Batista FPR, Pereira LM, Campos LMA, Castro MS, Azevedo LC. COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS FRUTOS DA ROMÃ (Punica granatum L.). 2006. [Online] Uso de plantas medicinais como alternativa fitoterápica nas unidades de saúde pública de Santa Teresa e Marilândia, ES. Natureza on line p. 30–39. Homepage:www.naturezaonline.com.br/natureza/conteúdo/pdf/medicinais_Strer_Mari.pdf.

14. Subash, S., Essa, M. M., Al-Asmi, A., Al-Adawi, S., Vaishnav, R., Braidy, N., … Guillemin, G. J. (2014). Pomegranate from Oman Alleviates the Brain Oxidative Damage in Transgenic Mouse Model of Alzheimer's Disease. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, *4*(4), 232–238.

15. Betemps D, Affonso L, Manica-Berto R, Severo J, Fachinello JC, Silva JA. Compostos fenólicos totais em romã. XVII Congresso de Inciciação Científica, 2008.

16. Zago GR, Gottardo FM, Bilibio D, Freitas CP, Bertol CD, Dickel EL, Santos LR. Ciencia Rural, 2020. 50: e20190689.

17. Mendes RM, Pinto EG, Soares DSB. Determinação dos compostos bioativos da gabiroba. Revista Agrarian, 2018. 11:68-72.

Capítulo 29

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-29

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DAS CASTANHAS DO CERRADO

Fernanda Mussato De Santana Silva; Clara Silva Schaefer; Fellype Alves Rodrigues; Ellen Godinho Pinto; Dayana Silva Batista Soares; Ana Paula Stort Fernandes; Wiaslan Figueiredo Martins

**Ellen Godinho Pinto (Corresponding author) – Email: ellen.godinho@ifgoiano.edu.br*

Resumo: As castanhas de baru (*Dipteryx alata* Vog.), guariroba (*Syagrus oleracea)* e de pequi (C*aryocar brasiliensis*) são culturas do cerrado brasileiro, suas amêndoas consumidas principalmente in natura, as quais são ricas em minerais, vitaminas e nutrientes. Dessa forma, objetivou-se avaliar e comparar as características físico-químicas das castanhas do cerrado. Foram realizadas as seguintes análises: umidade, teor de cinzas, pH, acidez titulável, sólidos solúveis totais e vitamina C. Em relação à umidade, a castanha de guariroba apresentou o menor teor de umidade de 1,52%, enquanto o pequi apresentou o maior valor de umidade de 13,80%. Já em relação ao teor de cinzas, as castanhas de baru e pequi não se diferiram estatisticamente. A faixa de pH encontrada para as castanhas foi de 5,57 a 6,85, que caracteriza as castanhas como um alimento pouco ácido, o que pode propiciar maior atividade bacteriana caso não exista controle da umidade. Os valores de acidez não tiveram diferença significativa para guariroba e para o pequi. Os teores de sólidos solúveis totais das castanhas de baru e guariroba não se diferiram, porém a castanha do pequi ficou abaixo das demais, indo de acordo ao teor de umidade encontrado. A castanha que apresentou maior teor de vitamina C foi a de guariroba (31,01 mg/100g). Conclui-se que as castanhas do cerrado têm boas perspectivas para serem industrializadas e os dados obtidos auxiliarão a comunidade e promover o conhecimento, a industrialização e a comercialização destas castanhas.

Palavras–chave: castanha de baru; castanha de guariroba; castanha de pequi; frutos nativos; vitamina C

INTRODUÇÃO

O cerrado brasileiro constitui-se um dos biomas com maior diversidade do mundo e possui uma das mais ricas formações vegetais em diversidade de espécies frutíferas. É considerado o segundo maior bioma do Brasil, ocupando cerca de 23% do território nacional, abrangendo o sul do Mato Grosso, o norte do Piauí, o oeste da Bahia, o sul do Maranhão, os Estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rondônia e São Paulo, e o Distrito Federal. Os frutos nativos, em geral, possuem considerável potencial agrícola e tecnológico, oferecem um elevado valor nutricional, além de atrativos sensoriais, como cor, sabor e aroma peculiares e intensos (1).

"O cerrado é considerado a savana mais rica do mundo, com possibilidades econômicas interessantes como fornecedor de princípios ativos para a alimentação, cosméticos e medicamentos" (2). Existem regiões e frutos do cerrado brasileiro que possuem potencial para atividade extrativista e que acabam influenciando o surgimento

de uma categoria de trabalhadores que coletam os frutos nativos e favorece a comercialização dos mesmos (3).

Segundo Martins e Azevedo (3), houve nas últimas décadas a divulgação de frutos exóticos do cerrado, nas regiões locais e em outros estados brasileiros como, por exemplo, o pequi, e isso incentivou e aumentou a comercialização destes produtos. Essas atividades fomentam o aparecimento de cooperativas que beneficiam, embalam e comercializam esses frutos e seus derivados que antes eram utilizados apenas para consumo doméstico. Todo esse incentivo e melhoria da economia local deve ser realizada de forma a não destruir os recursos naturais, devendo haver uma interação harmoniosa entre essas atividades e a natureza.

As castanhas são frutas secas amplamente consumidas em todo o mundo e altamente valorizadas por seus atributos sensoriais, nutricionais e benefícios à saúde. As castanhas mais populares são amêndoa, castanha do Pará, castanha de caju, pistache, avelã, macadâmia e noz. Embora as sementes comestíveis não sejam castanhas no sentido botânico, elas apresentam características nutricionais semelhantes aos das castanhas. As sementes comestíveis são a amêndoa de baru, amêndoa de guariroba e a amêndoa de pequi, sementes dos frutos do baru (*Dipteryx alata* Vog.), fruto da guariroba (*Syagrus Oleracea)* e do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), espécies nativas do cerrado com grande potencial comercial e tecnológico (4).

A amêndoa do baru é classificada como uma semente comestível, oriunda do fruto da família das leguminosas e apresenta características semelhantes aos frutos secos. A amêndoa do baru apresenta comprimento de 1 a 2,6 cm, a largura de 0,9 a 1,3 cm, espessura de 0,7 a 1,0 cm e massa de 0,9 a 1,6 g. Os dados de literatura mostram um teor elevado de ácido fítico e taninos (1073,6 ± 114,9 e 472,2 ± 12,5 mg a cada 100 g, respectivamente). Outros estudos mostram um elevado teor de compostos fenólicos das amêndoas de baru e elevada atividade antioxidante (3).

A guarirobeira é uma palmeira, da espécie (*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc.), conhecida popularmente também como gueiroba, gariroba, guarirova, palmito-amargoso, catolé, coco-babão, paty-amargoso, coco-amargoso. A guariroba tem ocorrência principal em fisionomia de cerradão, matas de galeria e matas ciliares. Seus cocos têm forma de um ovo e medem entre quatro e sete centímetros de comprimento pesando entre 30 e 40 gramas em média. Quando maduros estes cocos começam a se desprender e a cair do cacho, apresentando cor verde, verde amarelado ou amarelo. Possui uma casca fina, polpa carnosa e um caroço duro com uma amêndoa interna de cor branca (4).

O pequi possui amêndoa comestível em seu interior, ainda pouco explorada (Figura 2). A polpa e a "amêndoa" nele encontradas são ricas em riboflavina, tiamina, provitamina A e óleos, que lhe conferem elevado valor nutritivo (5). A castanha do pequi é revestida por um tegumento fino e marrom, sendo, também, uma porção comestível. A castanha apesar de pouco explorada pode ser consumida in natura e, assim como a polpa, o óleo da castanha também pode ser explorado. E apresenta características sensoriais bem peculiares. A importância de caracterizar quimicamente a castanha do pequi é promover o conhecimento da riqueza do produto e incentivar a utilização e comercialização deste subproduto, evitando assim o desperdício (6). A utilização da amêndoa em produtos alimentícios ainda é baixa com relação à polpa, porém a mesma pode ser encontrada na produção de farofas salgadas, a qual necessita passar pelo processo de torra para ser utilizada, e também a amêndoa é utilizada na produção de óleo branco, já que esta possui em sua composição quantidades de óleo próprio para consumo (7).

(A) (B) (C)

Figura 1. Castanhas do cerrado. A: amêndoa de baru; B: amêndoa de guariroba; C: Amêndoa de pequi

Essa pesquisa teve como objetivo determinar as características físico-químicas das castanhas de baru, guariroba e pequi com intuito de gerar dados e divulgar para incentivar a exploração comercial, industrial e consumo das castanhas do cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

As castanhas do cerrado (baru, guariroba e pequi) são provenientes do município de Morrinhos, Estado de Goiás, Brasil. Em seguida, os frutos foram descascados e despolpados manualmente. Os tegumentos foram quebrados e as amêndoas retiradas.

As análises foram realizadas em triplicata no laboratório de Análises de Alimentos, do Instituto Federal Goiano- Campus Morrinhos, conforme a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (8). A umidade foi determinada pelo método gravimétrico, através de secagem em estufa a 105 ºC por 24 horas, a análise de cinzas foi realizada pelo método de incineração em mufla a 550 ºC; análise de determinação de acidez foi realizada através da titulação da amostra com solução de NaOH 0,1 M, utilizando fenolftaleína como indicador; análise de pH foi realizada em pHmetro devidamente calibrado; sólidos solúveis totais através do refrâtometro e vitamina C com iodato de potássio.

Os resultados foram expressos como média ± desvio padrão. Os dados foram analisados através de análise de variância (ANOVA), com comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises de caracterização físico-química das amêndoas de baru, guariroba e pequi in natura.

Tabela 1. Resultados (média± desvio padrão) das análises físico-químicas das castanhas de baru, guariroba e pequi.

Parâmetros	Castanha de Baru	Castanha de Guariroba	Castanha de Pequi
Umidade (%)	5,61 ±1,00^{b}	1,52 ±0,09^{c}	13,80 ±0,40^{a}
Cinzas (%)	4,55 ±0,37^{a}	2,83 ±0,62^{b}	5,50 ±0,27^{a}
Acidez titulável (%)	4,17 ±0,36^{a}	2,03 ±0,23^{b}	1,97 ±0,43^{b}
pH	6,85 ±0,08^{a}	5,57 ±0,03^{b}	6,13 ±0,01^{a}
Sólidos solúveis (ºBrix)	13,00 ±2,00^{a}	10,00 ±0,00^{a}	3,66 ±0,57^{b}

Vitamina C (mg/100g)	22,16 ±2,01[b]	31,01 ±2,39[a]	1,75 ±0,00[c]

*As médias seguidas da mesma letra na mesma linha não têm diferença significativa entre si pelo teste de TUKEY no nível de 5% de significância ($p < 0,05$).

Os teores de umidade das castanhas do cerrado apresentaram diferença significativa entre elas. O teor de umidade da castanha de baru e de pequi ficaram próximas às encontradas por (1), que foram de 7,59% e 10,32%, respectivamente. Sendo que o teor de umidade da castanha de guariroba foi inferior ao encontrado por (9), de 5,16%. Os teores de umidade altos encontrados para as castanhas de pequi podem ser pelo fato delas terem passado pelo processo de cocção para a realização da extração, segundo (5).

As castanhas de baru e de pequi não tiveram diferença significativa entre as amostras para o teor de cinzas, porém a castanha de guariroba apresentou diferença significativa, ficando abaixo das demais amostras. Ainda assim, ficou acima ao teor de minerais encontrado por (6) (1,49%). Os valores obtidos na análise de cinzas sinalizam a possibilidade das castanhas serem fontes de minerais; assim sugere-se estudos futuros para identificar os minerais presentes.

Os valores para acidez não portaram diferença significativa para as amostras de guariroba e pequi. Entretanto, pode-se observar que a castanha de baru teve valor acima das demais, valores inferiores para acidez da castanha de baru foram encontrados por (1).

Os valores de pH ficaram próximos aos encontrados por (1) para as castanhas de baru e pequi, mostrando que as castanhas são alimentos pouco ácidos. Segundo Silva et al. (9), o pH é um fator importante e fundamental na microbiologia dos alimentos, pois pode ser limitante para os diferentes tipos de desenvolvimento microbiano, diminuindo assim, o tempo de prateleira do produto. Com isso, notou-se que o pH das amostras de castanhas do cerrado variou de 5,57 a 6,85, o que as caracterizam como alimentos pouco ácidos. Assim, estas castanhas podem ser um meio favorável ao desenvolvimento de microrganismos, tanto bactérias patogênicas quanto contaminação por fungos (9).

Os teores de sólidos solúveis totais não apresentaram diferença significativa entre as amostras de castanha de baru e guariroba, podendo ser corroborrado pelos resultados dos teores de umidade e cinzas apresentados na Tabela 1. Este é um fator importante para a indústria por estar relacionado ao rendimento.

Há um consenso na literatura que o ácido ascórbico (vitamina C) está relacionado com vários benefícios para a saúde, tais como a produção de catecolaminas, serotonina, colágeno, hormônios esteroides e com a redução da inflamação devido ao estresse oxidativo. É muito sensível à luz e processos térmicos e, consequentemente, vulnerável à degradação durante as etapas de processamento de alimentos (10). O valor encontrado de vitamina C das amêndoas diferiram significativamente, sendo o maior valor encontrado na castanha de guariroba (31,01mg/100g), baru (22,16 mg/100g) e por último de pequi (1,75mg/100g). O teor da vitamina C encontrado na castanha de pequi pode ter sido mais baixa que as demais por esta ter passado pelo processo de cocção para retirada da castanha.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no presente trabalho, pode-se concluir que as castanhas do cerrado são pouco ácidas. A castanha de guariroba apresenta-se com alto teor de vitamina C, e as castanhas de baru e de pequi são possivelmente maiores fonte de minerais.

Nota-se que as castanhas têm elevado potencial tecnológico, tendo em vista a alta concentração de nutrientes desses alimentos, o que favorece o aproveitamento de subprodutos dessas castanhas.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Goiano-Campus Morrinhos, por todo apoio durante a realização da pesquisa.

E ao PIBIC-EM pela concessão das bolsas de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

1. Brito MA, Benedetti S. Determinação da composição centesimal e capacidade antioxidante de frutos do Cerrado. Braz J Food Res. 2020, 11:15-26.

2. Mascarenhas LMA. A tutela legal do bioma cerrado. Rev UFG. 2010; 9(12):19-25.

3. Martins HT, Azevedo AI. O cerrado como espaço de gestão coletiva**:** um caminho para a sustentabilidade ambiental e social. In: III Jornada Internacional de Políticas Públicas. Anais; 2007; São Luiz, Brasil. São Luiz: Jornada de Políticas Públicas; 2007. p.1

4. Alves RB, Couto Junior AF, Martins ES, Nardoto GB. Papel do carbono no solo no funcionamento da paisagem na bacia do Alto São Bartolomeu, na região do Cerrado, 2016. Pesq Agropec Bras. 51:1241-1251.

5. Medeiros G. Caracterização físico-química da castanha do pequi (*caryocar brasiliensis)*. Goiania: PUC Goiás, 2021.

6. Prado OFN. Aproveitamento do endocarpo de pequi para desenvolvimento tecnológico de paçoca doce**.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, Rio Verde - GO. 2019.

7. Rocha F, Caracterização química, física e termofísica da amêndoa do baru (*dipteryx alata* vog.). Campos Mourão: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.

8. Buzin EJWK, Venturoli F, Melo APC, Novais CS. Perfil de ácidos graxos de folhas e amêndoas orgânicas de Guariroba. Encic Biosfera. 2016, 13: 941-950.

9. Instituto Adolfo Lutz. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**.** Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 4. Ed. São Paulo-SP; 2008.

10. Nozaki VTN. Potencial nutricional da amêndoa e da polpa da guarirova, *Syagrus oleracea (*Mart.) Becc**.** Campo Grande; 2012. Tese – Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-oeste da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

11. Silva BPPC, Pinheiro VJF, Cardoso DFSR, Barbosa ICC, Santos LP, Rosa MSS. Avaliação das características físico-químicas da castanha do Brasil e da castanha portuguesa. Rev Bras Tecnol Agroindustr. 2021, 15: 3700-3723.

12. Moraes LL**.** Micronutrientes no exercício físico**:** uma revisão da literatura.2017. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação. Nutrição. Vitória de Santo Antão, Universidade Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão.

Capítulo 30

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-30

DESENVOLVIMENTO DE HAMBÚRGUER COM ADIÇÃO DE FARINHA DE AMORA

Clara Silva Schaefer*; Fernanda Mussato De Santana Silva; Ellen Godinho Pinto; Wiaslan Figueiredo Martins; Dayana Silva Batista Soares; Ana Paula Stort Fernandes

**Ellen Godinho Pinto (Corresponding author) – Email: ellen.godinho@ifgoiano.edu.br*

Resumo: O hambúrguer é um alimento apreciado por pessoas de diversas faixas etárias. Com a intençãao de melhorar a qualidade nutricional do hambúrguer bovino, adicionou-se farinha de amora. Objetivou-se o desenvolvimento de hambúrgueres adicionados de farinha de amoras e a caracterização física e química destes. Foram desenvolvidas quatro formulações: Controle, F1(5% de farinha de amora), F2 (10% de farinha de amora) e F3 (15% de farinha de amora) e foram feitas as análises de pH, cinzas, pH, compostos fenólicos totais, antocianinas e de desempenho no cozimento. Pode-se concluir que a adição da farinha de amora aumenta os teores de compostos fenólicos e antocianinas.

Palavras–chave: Antocianinas, fenólicos, Novos produtos, *Plant-based.*

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o mercado de alimentos processados mudou em relação ao perfil de comportamento dos consumidores devido à busca de opções alimentares mais saudáveis (1; 2; 3). Assim, está se tornando cada vez mais comum que pesquisadores e profissionais do ramo alimentício estudem e elaborem novos produtos processados possibilitando ao consumidor a oportunidade de adquirir alimentos que combinam praticidade com uma expectativa de vida mais saudável (1; 4).

O hambúrguer é um produto cárneo industrializado obtido de carne moída, adicionado ou não de tecido adiposo e ingredientes, considerado uma excelente fonte de proteínas, minerais e vitaminas do complexo B (5).

Por ser de preparo rápido e fácil, e ainda conter nutrientes que alimenta e sacia, o hambúrguer torna-se um alimento bastante consumido por todas as classes sociais e faixas etárias. No entanto, o consumo demasiado deste tipo de alimento pode ser prejudicial à saúde, causando obesidade e doenças decorrentes como hipertensão entre outras, principalmente, em decorrência do seu conteúdo de gorduras saturadas (6).

Embora a carne apresente elevado teor nutritivo, como proteína de alto valor biológico, aminoácidos essenciais, vitaminas e sais minerais, seu processamento pode alterar sua composição química e com isso reduzir o seu valor nutricional principalmente pelo acréscimo de ingredientes como a gordura, cloreto de sódio, nitrito e nitrato (6).

O consumo de carnes atua significativamente no desenvolvimento e no desempenho do organismo humano ao longo do tempo, essencialmente nas funções cerebrais, pois as carnes são as principais fontes de proteínas, zinco e ferro, importantes no desenvolvimento e qualidade de vida, principalmente de crianças e gestantes (7).

Vários ingredientes têm sido adicionados intencionalmente em derivados cárneos a fim de torná-los mais saudáveis, entre eles encontram-se a aveia, a quinoa e a linhaça,

que por possuírem fibras insolúveis e ácidos graxos insaturados, são considerados uma boa opção para redução de gorduras saturadas no produto final.

A farinha de amora apresenta alto valor nutritivo e alta concentração de compostos bioativos, principalmente fenólicos, com destaque para os pigmentos antociânicos. Os compostos fenólicos são responsáveis pela pigmentação do vermelho ao azul nas frutas e atuam na saúde humana, no combate de doenças neurodegenerativas, no apoptose de células cancerígenas, como anti-inflamatório e antiproliferativo, possuindo também função antioxidante (8).

O objetivo principal deste trabalho foi o desenvolvimento de hambúrguer bovino com adição de farinha de amora em diferentes concentrações e sua caracterização físico-química.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ingredientes utilizados foram adquiridos em comércio varejista do município de Morrinhos-GO: carne bovina magro patinho, condimentos e farinha de amora. Foram. A farinha de amoras-pretas foi obtida pelo processo de desidratação a 60ºC por aproximadamente 20 horas e posterior trituração.

Foram desenvolvidas quatro formulações para o preparo dos hambúrgueres de acordo com a Tabela 1 e Figura 1, sendo: uma das formulações com apenas carne bovina (F1), e as outras três formulações adicionadas de: 5% (F2), 10% (F3) e 15% (F4) de farinha de amora. Outros ingredientes, como sal, cebola, pimenta calabresa e alho, também foram utilizados na mesma proporção em todas as formulações.

Tabela 1. Formulações de hambúrguer enriquecidas com farinha de amora

	Controle	**F1**	**F2**	**F3**
Carne bovina (%)	96	91	86	81
Sal (%)	3	3	3	3
Alho (%)	0,5	0,5	0,5	0,5
Cebola (%)	0,5	0,5	0,5	0,5
Farinha de amora (%)	0	5	10	15

Fonte: Autores (2024)

Figura1. Imagem das formulações dos hambúrgueres com adição de farinha de amora
Fonte: Autores (2024).

Após a homogeneização dos ingredientes de cada formulação, os hambúrgueres foram prensados e moldados com diâmetro de aproximadamente 49 mm, e peso líquido de aproximadamente 25 gramas que, na sequência, foram embalados em filme plástico e armazenados a -18ºC.

Amostras de hambúrgueres, nas formas in natura e tratadas termicamente por meio de grelhamento, foram submetidas as análises dos parâmetros físicos e químicos.

MÉTODO DE COCÇÃO

O método de cocção utilizado foi baseado na metodologia de Borba et al. (9) com a utilização de uma frigideira antiaderente. As formulações de hambúrgueres foram colocadas na frigideira, frigindo por aproximadamente 4 a 5 minutos aproximadamente em ambos os lados. Entre as frituras de cada amostra de hambúrguer, a frigideira foi lavada com detergente neutro e água.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA

As formulações de hambúrguer foram sujeitas às análises físicas e químicas de: pH realizado em pHmetro devidamente calibrado, umidade a 105 ºC até peso constante, SST (sólidos solúveis totais) em refrâtometro, cinzas em mufla a 550 ºC, todas as análises seguindo a metodologia do Instituto Adolf Lutz (10).

A metodologia de determinação de antocianinas totais foi realizada de acordo com Malacrida; Motta (11). Foi efetuada a pesagem de 1 g da polpa do fruto de amora em recipiente de aço inox, e adicionados cerca de 30 mL de solução extratora de etanol 95% + HCl 1,5 N (85:15). A amostra foi triturada em homogeneizador de tecidos tipo "turrax", por dois minutos em velocidade "1", e transferida para balão volumétrico de 50 mL, envolto em folha de alumínio, sendo o volume completado com solução extratora. Para a extração, deixou-se o material por uma noite em refrigerador. Em seguida, filtrou-se para um Becker de 100 mL, também envolto em alumínio. Imediatamente, procedeu-se à leitura da absorbância, a 535 nm, com os resultados expressos em mg/100 g de polpa e calculados através da fórmula: fator de diluição x absorbância/98,2. A determinação dos fenólicos totais seguiu a metodologia descrita por Swain e Hills (12). Foi adicionado em um balão volumétrico de 10 mL, 0,5 mL de amostra, em triplicata, do extrato alcoólico, aquoso e/ou acetônico, 8 mL de água destilada e 0,5 mL do reagente de Follin Denis. Em seguida, a solução foi homogeneizada e deixou-se em repouso por 3 min. Decorrido esse tempo, acrescentou-se 1 mL de solução saturada de carbonato de sódio anidro. A solução ficou em repouso por 1 hora e logo após foram realizadas as leituras de absorbâncias em espectrofotômetro a 720 nm. A leitura do branco foi realizada contendo os mesmos reagentes, menos a amostra. Utilizou-se como padrão a solução de ácido gálico, em concentrações variando de 0 a 100 mg/mL. O cálculo do teor de fenólicos totais foi expresso em mg de ácido gálico/g de amostra (10).

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO NO COZIMENTO

Foram utilizadas para a análise de Perda de Peso por Cozimento (PPC) três hambúrgueres de cada formulação. As amostras foram pesadas em balanças semi analíticas e assadas em chapa pré-aquecida a uma temperatura de aproximadamente 150 ºC. As amostras foram viradas e mantidas até a temperatura interna atingir 72 ± 2ºC (a temperatura foi monitorada com auxílio de um termômetro infravermelho). As amostras foram resfriadas em temperatura ambiente e novamente pesadas. A diferença entre o peso inicial e peso final da amostra indica a PPC, dada em porcentagem (13).

O percentual de rendimento na cocção foi calculado pela divisão entre o peso da amostra cozida dividida pelo peso da amostra crua, multiplicada por 100 de acordo com Berry (14).

$$\% \text{ rendimento de cocção} = \frac{Peso\ da\ amostra\ cozida}{Peso\ da\ amostra\ crua} * 100$$

A porcentagem de encolhimento foi determinada segundo Berry (14) através da seguinte relação.

*% encolhimento=((dac-dacz)/dac)*100*

dac= diâmetro da amostra crua
dacz= diâmetro da amostra cozida

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA), seguida de teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade, através do software *Assistat 8.0.*

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da composição físico e química dos hambúrgueres adicionados com farinha de amora, crus e após a cocção, se encontram na Tabela 2. Os teores de umidade nos hambúrgueres cr não apresentaram diferença significativa entre as formulações F1 e F2, porém a formulação F3 com maior teor de farinha de amora (15%) teve menor teor de umidade. Isso se deve ao maior teor de farinha de amora adicionado, que aumenta o extrato seco da amostra. Resultado diferente foi observado após a cocção, onde apenas a amostra controle teve diferença significativa das demais que, por sua vez não apresentaram diferença significativa entre si; ou seja, os teores de farinha de amora não interferiram após a cocção no teor de umidade.

Nota-se que nas formulações de hambúrgueres crus adicionados de farinha de amora, as formulações F2 e F3 não tiveram diferença significativa nos teores de cinzas. Porém, após passarem por cocção, quando comparadas com as cruas, apresentaram maiores teores minerais. Logo, é visto que a farinha de amora interfere positivamente nesse parâmetro. Enfoca-se que a legislação brasileira não possui um parâmetro para cinzas quando se trata de hambúrgueres.

Tabela 2. Análises físicas e químicas das quatro formulações de hambúrguer adicionados com farinha de amora antes e após coção.

	Formulação	Umidade (%)	Cinzas	pH
Cru	**Controle**	$67,25 \pm 2,09^{a}$	$2,03 \pm 0,25^{c}$	$5,94 \pm 0,03^{a}$
	F1	$54,52 \pm 2,33^{b}$	$2,29 \pm 0,03^{b}$	$4,74 \pm 0,09^{c}$
	F2	$53,35 \pm 1,10^{b}$	$2,42 \pm 0,02^{a}$	$5,10 \pm 0,02^{b}$
	F3	$47,35 \pm 2,11^{c}$	$2,39 \pm 0,45^{a}$	$5,60 \pm 0,02^{a}$
Após cocção	**Controle**	$61,23 \pm 2,37^{a}$	$2,53 \pm 0,34^{a}$	$6,13 \pm 0,07^{a}$
	F1	$48,03 \pm 1,87^{b}$	$2,44 \pm 0,81^{b}$	$5,41 \pm 0,02^{b}$
	F2	$47,97 \pm 1,10^{b}$	$2,47 \pm 0,23^{b}$	$4,94 \pm 0,10^{c}$
	F3	$44,00 \pm 2,30^{b}$	$2,51 \pm 0,01^{a}$	$4,66 \pm 0,01^{c}$

*****Letras iguais nas colunas não apresentam diferença estatística, segundo o teste de Tukey. F1 = Formulação com adição de 5% de farinha de amora; F2 = Formulação com 10% de farinha de amora; F3 = Formulação com 15% de farinha de amora.

O pH em produtos cárneos é um fator importante para qualidade desses, pois pode influenciar a cor, a capacidade de retenção hídrica, entre outros fatores. Nos hambúrgueres crus, pode-se observar que as formulações controle e a F3 não tiveram diferença significativa, mas nota-se que com aumento dos teores de farinha de amora houve aumento do pH entre as formulações. Entretanto, nos hambúrgueres após a cocção

foi observado o efeito inverso: a redução do pH com o aumento dos teores da farinha de amora, mesmo efeito observado pelos autores (15) em hambúrgueres com adição de farinha de sorgo.

Na Tabela 3 observa-se que os teores de compostos fenólicos presentes nos hambúrgueres adicionados de farinha de amora aumentaram proporcionalmente ao aumento dos teores de farinha de amora adicionados, apresentando diferença significativa entre as formulações, com exceção da F1, onde a cocção não teve efeito no teor de fenólicos totais quando comparada ao hambúrguer cru. Porém, nas F2 e F3 observa-se uma redução dos teores após o processo de cocção. Já para os teores de antocianinas, os resultados foram inversos aos encontrados para os teores de fenólicos, pois o processo de cocção aumentou os teores de antocianinas.

Tabela 3. Compostos bioativos nos hambúrgueres com adição de farinha de amora.

	Formulação	Compostos fenólicos totais	Antocianinas Totais
Cru	**Controle**	-	$00,17 \pm 0,01^{d}$
	F1	$0,78 \pm 0,01^{c}$	$12,58 \pm 0,13^{c}$
	F2	$3,41 \pm 0,03^{b}$	$38,36 \pm 0,75^{b}$
	F3	$6,04 \pm 0,08^{a}$	$52,95 \pm 2,16^{a}$
Após cocção	**Controle**	-	$00,20 \pm 0,03^{c}$
	F1	$0,80 \pm 0,02^{c}$	$15,02 \pm 0,02^{b}$
	F2	$3,11 \pm 0,03^{b}$	$40,42 \pm 0,31^{a}$
	F3	$4,95 \pm 0,01^{a}$	$55,34 \pm 2,39^{a}$

Na Tabela 4 estão apresentadas as propriedades tecnológicas dos hambúrgueres enriquecidos com farinha de amora.

Tabela 4. Propriedades tecnológicas dos hambúrgueres bovinos adicionados de farinha de amora.

Parâmetros	Controle	F1	F2	F3
Rendimento (%)	$78,69^{b}$	$89,87^{a}$	$74,91^{c}$	$74,52^{c}$
Encolhimento (%)	$9,52^{b}$	$9,75^{b}$	$10,20^{a}$	$11,48^{a}$

O hambúrguer da formulação F1 apresentou maior rendimento, diferindo estatisticamente das outras formulações apresentadas, porém, o aumento dos teores da farinha de amora não foi proporcional ao rendimento. Resultados semelhantes foram encontrados pelos autores (16) em hambúrgueres de frango adicionados de extrato de orégano.

O parâmetro de encolhimento apresenta-se inversamente proporcional ao teor de farinha de amora adicionada em cada formulação. Isso se deve ao fato das formulações com farinha de amora conter teores reduzidos de proteínas (que tem sua umidade alta) e, desta forma, apresentam uma menor redução durante o preparo dos hambúrgueres.

CONCLUSÕES

Adição de farinha de amora em hambúrgueres bovinos promoveu aumento nos teores de compostos fenólicos e de antocianinas e, após a cocção, aumentou o teor de antocianinas.

Os hambúrgueres da formulação 1 (5% de farinha de amora) apresentaram maior rendimento em relação aos demais. Porém, com a adição da farinha de amora observou-se o encolhimento nos hambúrgueres, de acordo com a adição realizada.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Goiano-Campus Morrinhos, por todo apoio durante a realização da pesquisa.

E ao PIBIC-EM pela concessão das bolsas de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

1. Machado FC, Adami FS. Relação do consumo de alimentos *in natura*, processados e ultra processados com gênero, idade e dados antropométricos. Rev Bras Obesidade Nutr Emagrecimento. 2019; 13:407-416.

2. Hautrive TP, Piccolo J, Rodrigues AS, Campagnol PCB, Kubota EH. Effect of fat replacement by chitosan and golden flaxseed flour (wholemeal and defatted) on the quality of hamburgers. LWT - Food Sci Technol. 2019; 102: 403-410.

3. Santos KL et al. Elaboração e caracterização física de hambúrgueres de frango adicionados de diferentes farinhas. Congresso Internacional de Agroindustria. Recife-PE, 2021.

4. Silva F, Torres L, Silva L, Figueiredo R, Garruti D, Araújo T, Duarte A, Brito D, Ricardo N. Cashew gum and maltrodextrin particles for green tea (*Camellia sinensis var Assamica*) extract encapsulation. Food Chem. 2018; 261:169-175.

5. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa nº 62 de 26 de agosto de 2003. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. Diário Oficial da União, Brasília, DF; 18 set 2003.

5. Silva CE, De Carli CG, Melati J, Alfaro AT, Marchi JF, De Souza NE. Influência de diferentes métodos de cocção sobre os macro e micronutrientes de hambúrguer bovino com linhaça. Nutr. clin. diet. hosp. 2018; 38:111-119.

6. Matheus K, Santos MR, Cardoso GJ, Souza AT, Kessler JD. A Importância e Benefícios da Carne na Alimentação Humana. SB RURAL, ed. 195, ano 9, 2017.

7. Casarin F. Planejamento experimental do processo de secagem da amora-preta (Rubus sp.) para a produção de farinha enriquecida com compostos bioativos. Braz. J. Food Technol., 2016; 19:1-9.

8. Borba CM, Oliveira VR, Montenegro KR, Hertz PF, Venzke JG. Avaliação Físico-Química de Hambúrguer de Carne Bovina e de Frango Submetidos a Diferentes Processamentos Térmicos. Braz J Food Technol. 2013, 24:21-27.

9. Instituto Adolfo Lutz. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. ed. 5 São Paulo: IMESP, 2008.

10. Malacrida CR, Motta S. Antocianinas em suco de uva: composição e estabilidade. B.CEPPA. 2006, 24:59-82.

11. Swain T, Hills WE. The phenolic constituents of Punnusdomestica.Iquantitative analysis of phenolics constituents. J Sci Food Agric. London. 1959, 19:63-68.

12. Lima RF. et al. Hambúrguer caprino enriquecido com diferentes concentrações de albumina: Aspectos físicos e físico-químicos. Res Soc Dev.. 2021, 10: 1-14.

13. Berry BW. Low fat level effects on sensory. J Food Sci. 1992, *57*: 537-537.

14. Fernandes ABC, Pizato S. Elaboração de hambúrguer de carne bovina com adição de farinha de sorgo (Sorghum Vulgare). Rev PubSaude. 2019.

15. Araújo ACB, Savoldi DC, Mendonça FJ, Marchi DF, Soares AL. Elaboração e avaliação de hambúrguer de frango adicionado de extrato de orégano como antioxidante natural. Res Soc Dev. 2021, 10: 2205-2220.

Capítulo 31

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-31

ANÁLISE QUANTITATIVA DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM GRÃOS DE CAFÉ CRU E TORRA TRADICIONAL

Artur Braga Brasil*; Rodrigo Vieira da Silva;Ellen Godinho Pinto; Wiaslan Figueiredo Martins; Ana Paula Stort Fernandes; Dayana Silva Batista Soares

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: ellen.godinho@ifgoiano.edu.br*

Resumo: O café constitui-se numa das *commodities* mais importantes do mundo e possui grande importância na história do Brasil. Nas últimas décadas, o café vem obtendo ainda mais destaque em função da qualidade quanto a origem, forma de cultivo, tipo de torra, moagem e seus diferentes modos de preparo. Os compostos fenólicos presentes nos grãos de café influenciam na sua qualidade de bebida e muitos deles são benéficos a saúde humana, tornando interessante a presença da maior quantidade dos mesmos. Diante desse contexto, esse trabalho teve como objetivo avaliar os níveis de compostos fenólicos que ficaram retidos no café (*Coffea arabica*) quando foi utilizado grãos crus e torrados em diferentes extratos. De acordo com os resultados foi possível compreender que o café torrado apresentou maior teor dos compostos fenólicos e a solução cetônica destacou-se ao proporcionar uma extração maior que nas outras estudadas.

Palavras-chave: Cafeeiro; qualidade de bebida, fenóis; soluções extratoras.

INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca como o maior produtor e exportador mundial de café a quase dois séculos. A safra de 2023 foi de 45,34 milhões de sacas colhidas e um total de 36,3 milhões de sacas exportadas em 2023. Além disso, o Brasil é o segundo maior consumidor mundial de café, acima de 20 milhões de sacas, sendo 6,12 kg de café cru ou 4,89 kg de café torrado, por pessoa por ano (1). O cultivo de café arábica é recomendado para regiões com temperaturas médias anuais entre 18 e 22 °C, geralmente situadas em altitudes superiores a 500 m (2).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, por meio da Instrução Normativa nº 8, de 11 de junho de 2003, aprovou o Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Café Beneficiado Grão Cru. Nesse Regulamento objetiva-se definir as características de identidade e de qualidade para a classificação do Café Beneficiado Grão Cru. O Café Beneficiado Grão Cru é classificado em categoria, subcategoria, grupo, subgrupo, classe e tipo, segundo a espécie, formato do grão e a granulometria, o aroma e o sabor, a bebida, a cor e a qualidade, respectivamente (3).

O consumo de café ainda permanece como hábito entre a população com idade acima dos 30 anos. Os consumidores de café buscam satisfazer não só as necessidades fisiológicas, mas também as psicológicas como reconhecimento, autoestima e necessidade de relacionamento, por meio da compra e ato de fazer café (3).

O café é um alimento complexo, e sua composição química pode ser afetada por diversos fatores como, a genética do grão de café, condições de manejo pré e pós-colheita, torrefação, *blend* e preparo da bebida (4).

O consumo elevado de café desperta interesse em torno das propriedades químicas destes grãos; algumas das mais conhecidas são os polifenóis, cafeína, ácido clorogênico (ACG), lipídeos, minerais e carboidratos. Alguns estudos sugerem os fenólicos conferem ao café ação antimutagênica, antioxidante, antibiótica e protetiva contra doenças neurodegenerativas e cardiovasculares. Dentre os efeitos promovidos por essas substâncias, destacam a inibição da biossíntesse dos leucotrienos que atuam em processos inflamatórios, tropismo pela microflora intestinal, estimulação do sistema nervoso central (SNC) (5).

A prevenção da carcinogênese é destacada pela presença de antioxidantes como os ácidos clorogênicos e minerais que evitam a degradação e alteração das células, prevenindo o surgimento de mutações que resultem em tumores malignos. Eles atuam como reguladores da proliferação e apoptose de células cancerosas em interferir em passos importantes da síntese do DNA e na divisão celular (6).

Os compostos fenólicos, são bem conhecidos por suas características antioxidantes *in vitro*. Os ácidos clorogênicos constituem um dos principais grupos entre os fenólicos e têm apresentado várias outras características farmacológicas importantes em estudos *in vitro* e em animais. Embora os grãos verdes do café contenham os maiores teores de ACG encontrados na literatura, durante seu processamento esses compostos sofrem acentuada modificação (7).

Após o processo de torra do café a bebida pode passar a apresentar características sensoriais diferentes, na literatura já foi confirmado que apesar de alguns compostos fenólicos serem destruídos com a torra, participam da reação de *Maillard*, originando vários produtos. Esses produtos também podem apresentar propriedades antioxidantes, com mecanismos de ação que envolvem a quelação de metais, interrupção de reações em cadeia pela doação de um átomo de hidrogênio, reduzindo hidroperóxidos a produtos não radiculares e captura do radical hidroxil (5). Em contrapartida alguns materiais de estudo sugerem que a bebida com o grão cru não apresenta mudanças significativas em relação à quantidade de compostos fenólicos, apesar de possuir maiores quantidades.

Diante do exposto, este trabalho objetivou avaliar o teor de compostos fenólicos no café crú e torrado através de três diferentes soluções extratoras.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta de amostras (*Coffea arabica*).

Para a avaliação dos compostos fenólicos foi coletado amostras de café, colhida a campo no ponto de maturação da cereja, apresentando em toda proporção do fruto coloração avermelhada. Após a colheita os grãos coletados foram expostos sobre uma lona com o objetivo de desidratá-los até atingir coloração preta e aspecto de seco, em seguida serem levados ao laboratório.

Preparação da amostra

No laboratório de cafeicultura para a realização dos testes, em metade da amostra foram utilizados grãos crus (apenas desidratados naturalmente) e a outra metade dos grãos foram submetidos a torra tradicional (220-250 °C), já que devido à importância do setor cafeeiro em escala global, vale destacar que a qualidade do café torrado e moído é um fator decisivo para comercialização e está diretamente relacionada com sua composição físico-química (8). Na Figura 1 pode-se observar o café crú e o café após a torra.

Figura 1 – Café cru e café torra média.
Fonte: Autores (2022)

Análises físico-química

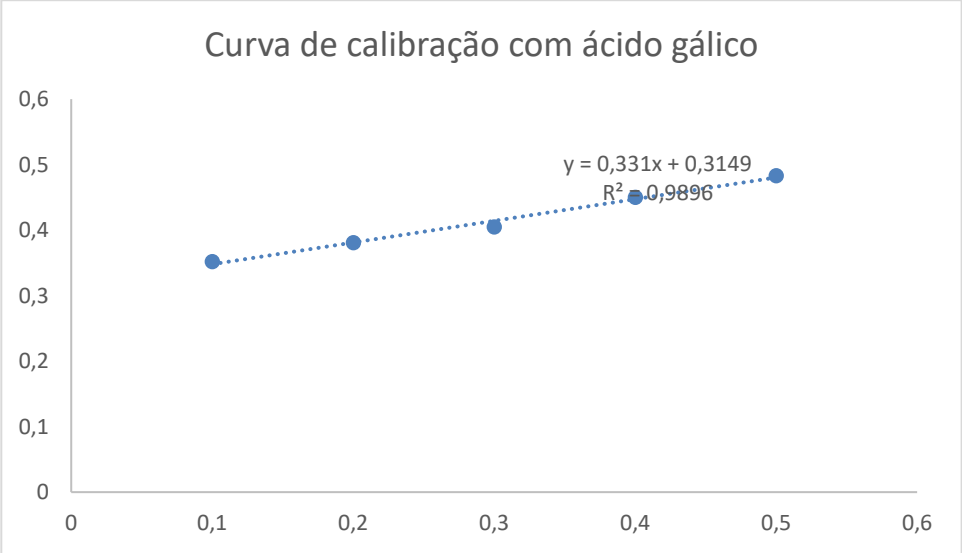
Foram realizadas as análises de pH, umidade, atividade de água (Aw) e sólidos solúveis totais, seguindo as diretrizes do Instituto Adolfo Lutz – IAL (9).

Obtenção dos extratos.

Os extratos aquosos, hidroalcoólicos e cetônicos foram obtidos em sequência a partir das amostras obtidas em laboratório, compostas por 20 g de cada amostra (grãos crus e grãos torrados) e 100 mL da solução extratora e submetidos à agitação por uma hora, para posterior filtração a vácuo (10).

Determinação dos compostos fenólicos.

A determinação dos fenólicos totais seguiu a metodologia descrita por Swain e Hills (10). Foi adicionado em um balão volumétrico de 10 mL, 0,5 mL de amostra, em triplicata, do extrato hidroalcoólico, aquoso e/ou acetônico, 8 mL de água destilada e 0,5 mL do reagente de Follin Denis. Em seguida, a solução foi homogeneizada e deixou-se em repouso por 3 min. Decorrido esse tempo, acrescentou-se 1 mL de solução saturada de carbonato de sódio anidro. A solução ficou em repouso por 1 hora e logo após foram realizadas as leituras de absorbâncias em espectrofotômetro (Coleman 33 D) a 720 nm. A leitura do branco foi realizada contendo os mesmos reagentes, menos a amostra. Utilizou-se como padrão a solução de ácido gálico, em concentrações variando de 0 a 100 mg/mL. O cálculo do teor de fenólicos totais foi expresso em mg de ácido gálico/g de amostra (10).



Análise estatística

Para as análises estatísticas, foi utilizado o programa Assistat 7.7 no qual os dados obtidos foram submetidos ao teste t para as análises estre diferentes tipos de café (crú e torrado) e teste de Tukey a 5% para as diferentes soluções extratoras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Análises Físico-Química do café cru e torrado

Ambas as amostras de café (cru e torrado) foram analisadas de acordo com suas características físico-químicas. Os resultados das análises foram discriminados na Tabela 1.

Tabela 1: Composição físico-química de café arábica cru e torrado

Parâmetros (%)	Café cru	Café torrado
pH	5,25 ±0,01a	4,95 ±0,02b
Umidade (%)	6,81 ±1,14a	3,44 ±0,08b
Aw	0,74 ± 0,04a	0,36 ± 0,007b
Sólidos solúveis totais (° Brix)	36 ± 2,22b	41,66 ± 1,33a

*Média de três repetições ± desvio padrão. Médias com letras minúsculas diferentes na linha diferem significativamente, em nível de 5%, pelo Teste *t.*

Os valores de pH na amostra de café cru ficaram por volta de 5,25 e do café torrado 4,95 estando na faixa de valores sugeridos (4,95 e 5,20) por (11). Segundo os autores este intervalo de pH do café torrado proporciona a produção de uma bebida com sabor palatável, sem excesso de acidez ou amargor (8).

Analisando os valores de umidade de ambas as amostras é possível notar que o café crú, como já esperado, apresentou valor acima do café torrado, devido ao processo de torra ter a evaporação da água livre presentes. Entretanto, ficando abaixo do recomendado (12), em que o máximo permitido é 12,5 %. Todavia, a mostra de café torrado ficou dentro dos padrões alcançando apenas 3,44%. Vale salientar que a umidade da semente do café apresenta influência direta na qualidade do produto (8).

Referente aos valores de Atividade de água apresentados no café cru e café torrado foram de 0,74 e 0,36 respectivamente, uma vez que valores superiores a 0,6 viabilizam o crescimento microbiano, a primeira amostra (café crú) se apresenta como de menor interesse por conta desse fator, pois com o armazenamento pode ocorrer contaminação devido ao teor de atividade de água, entretamto o café torrado teve Aw de 0,36 o que reduz a possibilidade de proliferação microbianae aumenta a vida útil do café (8).

Em relação aos sólidos solúveis totais, que da o teor de doçura da bebida, maior quantidade é desejada para assegurar o corpo da bebida e proporcionar maior rendimento (8). As duas amostras apresentaram boa porcentagem de sólidos solúveis (36 e 41,66 %), conforme preconizado por Brasil (2022), em que o valor mínimo de extrato aquoso deve ser de 20%, sendo que altos teores são desejáveis por atribuírem corpo à bebida de café (8).

2. Análises do Teor de Fenólicos no café cru e torrado

Na Tabela 2 encontra-se discriminado os valores do teor de compostos fenólicos em café crú e torrado, podendo observar o maior teor deste composto no café torrado, isso pode ter ocorrido devido ao processo de torra ocasionar a redução de água livre.

Tabela 2. Teor de compostos fenólicos (mg Eq AG/g) dos extratos aquosos, hidroalcoólico e cetônico em café cru e torrado.

Extratos	Café cru	Café torrado
Aquoso	68,07 ± 1,16 aB	80,66 ± 3,10 abA
Hidroalcoólico	42,20 ± 0,16 bB	72,51± 2,49 bA
Cetônico	16,99 ± 0,29 cB	87,55 ±0,63 aA

*Média de três repetições ± desvio padrão. Médias com letras maiúsculas diferentes na linha diferem significativamente, em nível de 5%, pelo Teste *t*. Médias com letras minúsculas diferentes na coluna diferem significativamente, em nível de 5%, pelo Teste de Tukey.

Nas soluções extratoras estudadas o teor de compostos fenólicos, na amostra de café crú a que se demonstrou mais eficiente foi o extrato aquoso, totalizando 68,07mg/100g de compostos fenólicos e o extrato cetônico para café crú teve a menor extração. Vale destacar que o extrato cetônico foi mais de 4 vezes superior no café torrado em relação ao café crú.

Em relação ao café torrado, a solução cetônica apresentou maior extração de fenólicos em valor absoluto, embora não tenha mostrado diferença estatisticamente significativa em comparação à solução aquosa, considerando um nível de significância de 5%.

CONCLUSÕES

O café torrado apresentou maior teor de compostos fenólicos em todos os extratos estudados, quando comparado ao café crú. Sendo que o café torrado no extrato cetônica teve maior teor de fenólicos, mas esta não se diferiu da solução aquosa estatisticamente a 5%.

Porém, nos extratos do café crú o teor de fenólicos foi superior no extrato aquoso, e no extrato cetônico foi o que teve menor extração de fenólicos.

REFERÊNCIAS

1. CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileiri-grãos- Safra 2022/2023. Brasília: Copanhia Nacional de Abastecimento 2023.

2. Agnoletti BZ, avaliação das propiedades físico-químicas de café arábica (coffea arabica) e conilon (coffea canephora) clasificados quanto à qualidade da bebida. Alegre-ES, Universidade Federal Do Espirito Santo Centro De Ciências Agrárias Programa De Pós-Graduação Em Ciência E Tecnologia De Alimentos; 2015.

3. Ferrão MAG; Souza EMR; Fonseca AFA; Ferrão RG; Santos WG; Spadeto J. Indicação de cultivares de café arábica para o estado do Espírito Santo e avaliação comparativa com o conilon em altitude elevada. Brasília, DF, EMBRAPA, 2021, 46.

4. Prado AS; Paiva EFF; Pereira RGFA; Sette RS; Silva JR; Paiva LC; Barbosa CA. Hábitos de consumo e preferência pelo tipo de bebida do café (*coffea arabica* l.) entre jovens de Machado/MG. Coffee Science, 2011, 6: 184-192.

5. Angelim CC; Brito PKS; Oliveira CSB; Marques PB. Análise comparativa de parâmetros físico-químicos e de compostos bioativos em cafés cafeinados e descafeinados. Research, Society and Development, 2021, 10: 1-10.

6. Bruzadelli RFD; Silva GG; Ribeiro IS. Avaliação de diferentes marcas e lotes de café quanto a atividade antioxidante e composição fenólica. Josif 2022, 14° jornada científica e tecnológica 11° simpósio de pós-graduação ISSN 2319-0124; 2022.

7. Farah A; Neves DF; Trugo LC; Rosenthal AB; Della modesta RCB. COMPOSTOS FENÓLICOS EM CAFÉ TORRADO. II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

8. Abrahão AS; Pereira RGFA; Duarte SMS; Lima AR; Alvarenga DJ; Ferreira EB. COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO CAFÉ (Coffea arabicaL.). Ciênc. agrotec., 2010, 34:414-420,

9. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**.** Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 4. Ed. São Paulo-SP; 2005.

10. Swain T; HILLS, W. E. The phenolic constituents of Punnus domestica.Iquantitative analysis of phenolics constituents. Journal of the Science of Food and Agriculture, London, 1959, 19:63-68.

11. Ferreira BN; Bettani SR; Silva PPM; Baracat MNS; Silva JHN; Bernardi MRV. Análise físico-química e sensorial do café torrado e moído tradicional e extraforte. R. bras. Tecnol. Agroindustr.,2023, 17: 4080-4099.

12. Anunciação AD, Silva Junior LS. Análise da qualidade do café obtido por torrefação a vácuo. Revista CSBEA, 2016, 2: 1-7.

Capítulo 32

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-32

DESENVOLVIMENTO DE HAMBÚRGUER COM CASCA DE BANANA, GRÃO DE BICO, ENRIQUECIDO COM CHIA

Iorranna Karolina Siqueira*; Rodryel Alexandre Cardoso; Ellen Godinho Pinto; Dayana Silva Batista Soares; Ana Paula Stort Fernandes; Wiaslan Figueiredo Martins

**Ellen Godinho Pinto (Corresponding author) – Email: ellen.godinho@ifgoiano.edu.br*

Resumo: O aproveitamento de alimentos oferece às pessoas a opção de reaproveitar alimentos que vão para o lixo, e muitas vezes desperdiçados, como cascas, folhas e talos. Os resíduos agroindustriais de frutas são ainda pouco explorados e podem ser reaproveitados como ingrediente funcional de outros alimentos por possuírem boa parte das propriedades da fruta. Um exemplo disso é a casca de banana que contêm valores nutricionais mais ricos do que a própria polpa. Outro alimento vegetal bastante nutritivo e muito utilizado como fonte proteica é o grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), rico em cálcio, magnésio, potássio, proteínas e carboidratos. A chia (*Salvia hispânica* L.) e uma semente rica em ômega 3, fibras e minerais, como cálcio, fósforo, magnésio e ferro. Teve-se como objetivo desenvolver três formulações de um produto tipo hambúrguer a base de casca de banana, grão de bico e chia. Foram realizadas as análises de composição nutricional: umidade, proteínas, fibras, lipídeos, vitamina C, compostos fenólicos, cinzas e carboidratos, acidez total titulável e pH dos hambúrgueres, assim como seu rendimento e encolhimento. Quanto à composição centesimal, pode-se afirmar que os hambúrgueres possuem propriedades nutricionais aceitáveis, o maior teor de vitamina C foi encontrado na F1 e maior teor de proteína foi encontrado nas formulações F2 e F3. Conclui-se que esta pesquisa demonstra a importância de estudos que viabilizem o aproveitamento integral do alimento, evitando o desperdício e possibilitando a criação de novos produtos.

Palavras–chave: composição nutricional; novo produto; teor de vitamina C; Teor de proteína; *plant-based*.

INTRODUÇÃO

O processo industrial é a principal causa de geração de subprodutos, destacando a indústria alimentícia que emprega toneladas de frutas e vegetais na produção de sucos, ração, alimentos congelados. Os subprodutos alimentares possuem potencial de reciclagem por apresentarem na sua composição substâncias de interesse como glicose, frutose, pectinas mucilagens e gomas, consideradas fibras alimentares, além de ácidos fenólicos, carotenóides, vitaminas, dentre outros compostos importantes. Esses componentes podem apresentar além do interesse nutricional, a aplicação em outras áreas como na produção de medicamentos e cosméticos, por poderem apresentar diversas atividades biológicas (1).

A insegurança alimentar e nutricional aumentou exponencialmente diante da pandemia da COVID-19, por ter ocasionado uma modificação na cadeia de abastecimento de alimento mundialmente, tornando esse cenário, ainda mais complicado, representando assim um desafio global no incentivo às pesquisas sobre as perdas e desperdícios de

alimentos, que representam não só uma questão social, mas também um problema ambiental (1).

As indústrias processadoras de matéria-prima agroindustrial geram grande quantidade de resíduos, provenientes do beneficiamento de diversas culturas. Os resíduos agroindustriais, em sua maioria, possuem alto valor nutritivo (fontes de proteínas, carboidratos, fibras e compostos bioativos) podendo ser reaproveitados pela indústria farmacêutica, alimentícia e química (2)

Diante do exposto, pesquisas voltadas para o aproveitamento de resíduos gerados no processamento da banana, em especial as cascas, são fundamentais tanto do ponto de vista ambiental quanto para a geração e agregação de valor destas, transformando-as em produtos alimentícios seguros (3)

Os cultivares de bananas mais importantes produzidos em solos brasileiros são: cavendish (grupo que inclui nanica, nanicão e grande naine), prata, maçã e ouro. Outras variedades também encontradas com certa frequência são: prata-anã, pacovan, branca e da terra (2).

A casca de banana representa cerca de 30 % da massa total da fruta madura, consistindo de porção comestível não convencional da fruta que geralmente é descartada. Ao se comparar o teor de nutrientes da casca da banana com sua polpa, observa-se que a casca apresenta teor de minerais como cálcio, cobre, ferro, zinco e magnésio mais elevados com relação ao fruto. Destaca-se, ainda, o potássio, por apresentar teor muito próximo na polpa e na casca. A casca

de banana também apresenta um valor calórico bastante inferior ao da polpa, além de possuir teor mais elevado de lipídios e fibras. As fibras da casca de banana apresentam em sua composição, principalmente, polissacarídeos pécticos e hemiceluloses, consistindo em uma rica fonte de fibra dietética de baixo custo de forma que sua incorporação aos alimentos in natura ou na forma de farinha pode incrementar o teor de fibra dos mesmos (4).

O grão-de bico (*Cicer arietinum L.*), é uma excelente opção para uma alimentação equilibrada, tanto como ração como para alimentação humana (5). É uma leguminosa rica em fibras, proteínas, minerais e vitaminas, e que apresenta melhor digestibilidade comparado a outras leguminosas. Comparada a outras matrizes vegetais, o grão de bico apresenta 21,2% de proteína e 12,4% de fibras em 100g. Além disso, possui alta disponibilidade de ferro, sendo apontado como um alimento de valor nutricional elevado (6).

A chia (*Salvia hispanica* L.) pertencente à família Lamiaceae, tem despertado grande interesse para a utilização de suas sementes em dietas devido à composição proteica e elementos antioxidantes. É fonte natural de ácidos graxos ômega-3, fibras e proteínas, além de outros componentes nutricionais importantes, como os antioxidantes (7).

A composição química da chia está associada a efeitos benéficos para a saúde como melhoria do perfil lipídico do sangue, efeito hipotensivo, efeito hipoglicêmico, efeito antimicrobiano e ação como imunoestimulante (8).

Tanto as propriedades nutricionais quanto as tecnológicas fazem crescer o interesse pela utilização da chia em alimentos. Por exemplo, nos produtos de panificação, as pesquisas em relação a sementes mais do que triplicaram nos últimos anos e ainda aumentarão significativamente no futuro (8).

As principais motivações dos consumidores para aumentar a alimentação baseada em vegetais incluem saúde, sustentabilidade/preocupações ambientais e em menor grau, questões relacionadas ao bem-estar animal. Esses produtos à base de proteínas vegetais são considerados uma boa fonte de proteínas saudáveis, e seu processo de produção pode gerar menos impacto ambiental (9).

O hambúrguer vegetal, que é passível de ser consumido individualmente ou complementar aos sanduíches. Sua composição pode ser obtida de grãos como feijão, lentilha e soja, os quais apresentam características sensoriais fibrosas, auxiliando para a textura (9)

O análogo vegetal do hambúrguer é considerado um alimento *plant-based* (APB), classificação de alimentos que atendem um grupo de consumidores com redução ou nenhum consumo de produtos de origem animal. Cerca de 25% da população brasileira é adepta a redução de consumo de carne e pertence a esse movimento (9).

Pretende-se com o presente estudo oferecer uma alternativa proteica de qualidade. Além dos vegetarianos e veganos, relacionar em caráter exploratório a busca de estudos que relacionassem os subprodutos advindos da indústria de alimentos com o impacto ambiental causado, bem como a identificação de estratégias para combater o desperdício. Assim sendo, o objetivo desse trabalho foi desenvolver formulações de um novo produto tipo hambúrguer a base de casca de banana nanica, grão de bico acrescido de chia em diferentes concentrações.

MATERIAL E MÉTODOS

MATÉRIA-PRIMA

Foram utilizadas cascas de banana da variedade Cavendish, provenientes de frutas selecionadas pelo aspecto visuais: coloração amarela e sem pontos pretos, adquiridas no município de Morrinhos-Goiás, sendo transportadas para o laboratório de Análise de Alimentos, no Instituto Federal Goiano-Campus Morrinhos.

As cascas de bananas foram lavadas em água corrente, e sanitizadas em solução sanitizante de hipoclorito de sódio a 150 ppm por 15 minutos.

ELABORAÇÃO DOS HAMBÚRGUERES DE CASCA DE BANANA

Foram realizadas três formulações de hambúrguer de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Formulações de "Hambúrguer" de casca de banana nanica, grão de bico e chia em diferentes concentrações.

	F1		**F2**		**F3**	
	Porcentagem (%)	**Gramas (g)**	**Porcentagem (%)**	**Gramas (g)**	**Porcentagem (%)**	**Gramas (g)**
Casca de banana	60,53	125g	62,42	125g	63,41	125g
Grão de bico	31,47	65g	32,45	65g	32,97	65g
Chia	6,05	12,5g	3,12	6,25g	1,58%	3,13g
Sal	1,21	2,5g	1,24	2,5g	1,26 %	2,5g
Alho	0,72	1,5g	0,75	1,5g	0,76%	1,5g
	100%	**206,50g**	**100%**	**200,25g**	**100%**	**197,13**

Fonte: Autores.

As cascas de bananas após higienizadas foram cortadas em pequenos pedaços, trituradas juntamente com o grão de bico cozido, chia in natura, sal e alho. Feita a homogeneização, realizou-se a moldagem padronizada de cada hambúrguer através da

balança digital analítica com o peso de 25g para cada hambúrguer, sendo cada formulação em triplicada.

Os hambúrgueres foram armazenados em temperatura de congelamento (-18°C) durante 24h.

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS REALIZADAS NA CASCA DE BANANA E NO HAMBÚRGUER DE CASCA DE BANANA

As análises da casca da banana nanica in natura foram realizadas de acordo a metodologia do Instituto Adolf Lutz (10). Umidade determinada por Infravermelho, sólidos solúveis totais (°Brix) determinados por refratômetro portátil, pH utilizando-se de um pHmetro potenciômetro devidamente calibrado com solução padrão 4 e 7, acidez total titulável (ATT) foi realizada por titulação com solução de NaOH a 0,1M, vitamina C com iodato de potássio e teor de cinzas em mufla 550 °C. A determinação de gordura pelo método de Bligh-Dyer (11) e a determinação de carboidrato pelo método Fenol-Sulfúrico de acordo com a metodologia de Dubois et al. (12) A determinação da proteína foi realizada pela diferença entre a umidade, cinzas, carboidratos e lipídeos.

A determinação do teor de fenólicos totais, foi realizada segundo a metodologia de Rocha et al. (13), com as modificações de Vieira et al. (14), sendo os resultados calculados pela curva de calibração com ácido gálico, nas concentrações variando de 1,0 a 100 $mg.mL^{-1}$.

PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS

O encolhimento e o rendimento dos hambúrgueres de casca de banana foram determinados de acordo com os métodos estabelecidos por Polizer et al. (15). O encolhimento foi calculado de acordo com a Equação 1 e o rendimento na cocção, de acordo com a Equação 2.

$$Encolhimento = \frac{(Diâmetro\ da\ amostra\ crua - diâmetro\ da\ amostra\ após\ a\ cocção)}{diâmetro\ da\ amostra\ crua} \times 100 \quad \text{Eq. (1)}$$

$$Rendimento\ na\ cocção = \frac{(peso\ inicial - peso\ final)}{peso\ inicial} \times 100 \quad \text{Eq. (2)}$$

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Tukey para comparação de médias, através do programa computacional Assistat versão 7.7.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados das análises físico-químicas da casca da banana nanica in natura.

Tabela 2. Caracterização físico-química da casca da banana nanica in natura

Análises	**Média e Desvio Padrão**
pH	6,87 ± 0,01
Umidade (%)	84,89 ± 3,04

Sólidos Solúveis (ºBrix)	8,33 ± 0,57
Acidez Total Titulável (% ácido málico**)**	0,18 ± 0,02
Cinzas	2,21 ± 0,62
Proteína	11,15 ± 1,70
Carboidrato	1,60 ± 0,07
Lipídeos	0,13 ± 0,04
Compostos Fenólicos Totais (mg de ácido gálico/100g)	15,16 ± 2,93
Vitamina C (mg/100g)	27,88 ± 7,09

Fonte: Autores (2024)

O pH teve um valor de 6,87, apresentando pH próximo a neutralidade, próximo ao encontrado por Nerís et al. (16), sendo 6,77. Segundo Nerís et al. (16), o pH em contrapartida, pode continuar reduzindo com o amadurecimento, incluindo na senescência, devido da acidificação da casca pela presença dos micro-organismos e dos compostos excretados no meio.

O teor de umidade obtido foi de 84,89% estando próximo aos valores encontrados de Nerís et al. (16), que apresentaram teor de umidade de 83,61%, e de Kotovicz et al. (17), que encontraram 89,33% para casca de banana nanica. Esses resultados elevados de água presente na amostra demonstram que a matéria-prima é um produto susceptível a deterioração.

Os sólidos solúveis totais encontrados neste trabalho foi de 8,33 °Brix, apresentando um teor superior ao valor encontrado por Junior et al. (3), de 5,75 °Brix, em casca de banana prata, sendo interessante para a indústria pois aumenta o rendimento, devido à variedade da banana.

A acidez obtida foi de 0,178%, próxima a encontrada por Junior et al. (3), em casca de banana nanica 0,168 de ácido málico, entretanto acima do teor encontrado por Nerís et al. (16), que foi de 0,07. De acordo com Nerís et al. (16), a acidez das frutas tende a diminuir conforme seu estádio de maturação.

O teor de cinzas encontrado na casca de banana in natura foi 2,21%, superior aos encontrados por Neris et al. (16) de 1,44%; por Júnior et al. (3) de 1,71%, e por Oliveira et al. (18), foi de 1,007%. A determinação do teor de cinzas, é o processo utilizado na identificação de conteúdo total de minerais presentes, e que se torna relevante para quantificar os alimentos ricos em minerais, o que consequentemente implica no seu valor nutricional.

O teor de proteína da casca de banana nanica de Kotovicz et al. (17) foi de 7,30%, quanto ao teor de proteínas da banana (*Musa* sp.) de Gondim et al. (19) relataram o valor de 16,05%, relatado por Kotovicz et al. (17), bem próximo ao valor obtido neste trabalho sendo 11,15%. De acordo com os valores estabelecidos pela BRASIL (20), produtos com quantidade de proteína superior a 6,0 g.100 g-1 são consideradas fontes de proteínas. Assim, a casca da banana utilizada nesse estudo pode ser considerada uma fonte de proteína.

O teor de carboidratos totais da casca da banana (*Musa* sp.) de Storck et al. (20), foi de 2,92%, já o teor de carboidrato da casca da banana tipo nanica do trabalho de Villa Vélez (21), foi de 4,40%, todos correspondente a aproximadamente o dobro do teor observado neste trabalho sendo 1,60%. No entanto Kotovicz et al. (17), retrataram que

pequenas diferenças podem ser devidas a espécie e cultivar de bananas utilizadas, bem como diferenças de clima e de solo onde as frutas foram cultivadas. Além desses, a composição química de frutas pode variar de acordo com fatores edafoclimáticos, tratos culturais, grau de maturação e época da colheita.

O valor de lipídeos de banana tipo nanica encontrado no trabalho de Villa Vélez (21), em casca de banana seca (*Cavendish)*, pelo método de Soxhlet foi de 0,92%, no trabalho de Alcantara et al. (22), casca de banana in natura (*Musa sp.*) foi de 0,76%, valor obtido nesse trabalho sendo 0,13%, os resultados se diferem pelas diferenças de metodologias utilizadas.

As concentrações de ácido ascórbico (mg.100g-1), segundo Junior et al. (3), varia de acordo com o genótipo estudado. De acordo com a TACO (23), o teor de vitamina C da polpa de banana nanica é aproximadamente 5,9 mg.100g-1, enquanto o valor encontrado neste trabalho na casca de banana nanica foi de 27,8 mg.100g-1, demostrando com a casca da banana é superior em ácido ascórbico, podendo ser mais de 4 vezes superior o valor da casca quando comparado a polpa.

O teor de fenólicos totais da casca de banana nanica foi de 15,16 mg EAG/100g inferior ao encontrado por Oliveira et al. (18), encontraram 69,44 mg EAG/100g de casca de banana prata, está diferença no teor de fenólicos pode ter ocorrido devido a variedades estudadas.

A tabela 3 apresenta os dados das análises das formulações dos hambúrgueres de casca de banana, grão de bico e chia em diferentes concentrações.

Tabela 3. Caracterização físico-química do "hambúrguer" de casca de banana nanica, grão de bico e chia em diferentes concentrações.

	Parâmetros Físico-químicos							
Formulações	Umidade (%)	Acidez titulável (%)	pH	Cinzas (%)	Vitamina C (mg/100)	Proteína (%)	Lipídeos (%)	Carboidratos (%)
F1	44,11 ±1,88 a	7,61 ±1,23 a	6,28 ±0,16 a	4,68 ±0,61 a	35,2 ±2,34 a	47,50 ±2,09 a	0,035 ± 0,00 a	3,69 ±0,68 a
F2	39,36 ±0,61 b	6,46 ±0,21 a	6,18 ±0,02 a	4,20 ±0,10 a	25,81± 1,56 b	52,30 ± 1,23 b	0,028 ± 0,03 b	4,10 ± 0,52 a
F3	37,36 ± 1,11 b	7,16 ±0,85 a	6,26 ±0,01 a	3,80 ±0,43 a	18,77 ±1,56 c	53,62 ±1,88 b	0,029 ± 0,03 b	5,17 ±0,43 b

Fonte: Autores (2024).

Observando os valores de umidade, pode se afirmar que as amostras F2 e F3, não apresentaram diferenças significativa, apresentando menores umidade quando comparada as amostras F1, isso pode ter ocorrido devido o teor de chia na F1 ser superior, ela ter capacidade de retenção de água (24). Os valores de umidade nas amostras é um parâmetro importante para conferir suculência ao produto.

Para a acidez e para o pH dos hambúrgueres de casca de banana, não tiveram diferença estatística entre as três formulações estudadas. No trabalho de Pereira et al. (25), hambúrguer elaborado com proteína texturizada de soja, bagaço de malte de cevada e biomassa de banana verde, a acidez foi de 0,16% e pH 6,31% todos esses inferiores ao resultado obtido neste trabalho. Os valores de pH estão relacionados diretamente com a forma de conservação do produto, que numa faixa próxima da neutra favorecem o crescimento microbiano (25).

O teor de cinzas das amostras, ou seja, os resíduos inorgânicos nelas presentes, não apresentaram diferenças estatísticas entre as amostras estudadas. Lima (26), obteve

resultados próximos ao deste trabalho para duas análises diferentes do hambúrguer sendo um de amostra seca que variou de 3,55% a 3,80%, em hambúrgueres de grão de bico com adição de resíduo de acerola.

Em relação aos hambúrgueres estudados, constatou-se que os mesmos possuem uma quantidade considerável entre si de proteínas, as formulações F2 e F3 não tiveram diferença significativa e apresentaram maior teor de proteína que a F1. O resultado observado para proteína foi inverso a porcentagem de chia acrescentada. Este teor encontrado pode ser explicado pela quantidade de leguminosas ricas em proteínas, como o grão de bico, a chia e a casca de banana.

A concentração de lipídio neste trabalho não obteve variações estatística entre as formulações F2 e F3, tendo valores menores que na formulação 1, devido a semente de chia ser rica em ácidos graxos (24).

Para o teor de carboidratos totais, F1 e F2 não apresentaram diferenças significativas sendo que estas formulações tiveram menores teores de carboidratos, porém F3 teve maior teor de carboidrato, incluindo as fibras alimentares. Pereira et al. (25), encontraram em sua formulação teores maiores para carboidratos de 21,96% por ser elaborado com proteína texturizada de soja, bagaço de malte de cevada e biomassa de banana verde. E no estudo de Farias (27), encontrou 12,61% de carboidrato no hambúrguer contendo soja e casca de banana.

O teor de vitamina C apresentou diferença significativa entre as três formulações estudadas, obteve grande variações entre as formulações sendo que na F1 foi o teor superior e a F3 inferior ao teor de vitamina C. Essa variação da quantidade de vitamina C apresentada nos hambúrgueres pode ser influência das porcentagens de cada ingrediente na formulação.

PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS

Os resultados de perda de peso e encolhimento podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4. Propriedades Tecnológicas de "hambúrguer" de casca de banana nanica, grão de bico e chia em diferentes concentrações.

	Rendimento na cocção (%)	**Encolhimento (%)**
F1	88,57[a]	7,50[b]
F2	88,88[a]	12,95[a]
F3	88,84[a]	14,28[a]

No que se refere ao rendimento na cocção, as três formulações estudadas não apresentaram diferenças significativas. Podendo concluir que a presença da chia não teve influência neste parâmetro. Entretanto pode-se observar que para o parâmetro de encolhimento a porcentagem de chia influenciou, o que teve maior porcentagem de chia apresentou menor encolhimento, isso pode ter ocorrido devido a chia ter propriedade de geleificação, sendo essa uma característica vantajosa a nível industrial.

CONCLUSÕES

Os resultados apresentados sugerem que os hambúrgueres de casca de banana com grão de bico e chia são uma opção viável, pois agregam valor a este ingrediente e

aproveitam todo o seu potencial nutricional. Observou-se que a adição de chia na composição não teve o efeito desejado no teor de proteína do alimento.

Na formulação F1, foi encontrado um teor mais elevado de vitamina C, o que difere dos hambúrgueres de origem animal. No entanto, as formulações F2 e F3 apresentaram maiores teores de proteínas. Portanto, é possível observar que os hambúrgueres estudados contêm quantidades reduzidas de lipídios.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Goiano-Campus Morrinhos, por todo apoio durante a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Pereira LFA, Firmo WCA, Coutinho DF. The importance of reusing waste from the food industry: the case of fruit processing. Res Soc Dev. 2022, 11: e38111234089.

2. Kossar MLBC. Efeito da substituição da pectina por casca de banana em características tecnológicas de geleia de abacaxi. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos), Medianeira - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2022.

3. Júnior JFS, Santiago ÂM, Galdino PO, Santos NC, Barros SL, Marsiglia WIML.; Almeida RLJ. Application of osmoconvective dehydratation for the technological use of banana bark**.** Res Soc Dev. 2020, 9: e103911808.

4. Borges VC, Costa CS, Rodrigues MS. Aproveitamento da casca de banana em mousse: valorização nutricional e redução na geração de resíduos sólidos. In: SIMPÓSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Porto Alegre, 27 a 29 de outubro de 2020.

5. Medeiros JS. Avaliação do impacto da disponibilidade hídrica na morfologia e perfil mineral de dois genótipos de grão-de-bico (*Cicer arietinum*). Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Porto, 2022.

6. Barreiro NL. Antepasto de grão de bico adicionado de Lacticaseibacillus rhamnosus GG: potencial de consumo, elaboração, caracterização e estudo in vitro da resistência gastrointestinal, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, Rio Pomba, 2022.

7. Karnopp KV, Bortolotto RP, Koefender J, Zamberlan JF, Salazar RFS, Camera JN, Souto KM, Schoffel A. Padrão de hidratação e qualidade fisiológica das sementes de chia. Holos, 2022, 4: e10334

8. Moreira MR. Desenvolvimento de um extrato fenólico de farinha desengordurada de chia ("*Salvia hispanica* L.") e aplicação em um "brownie" vegano. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas, Limeira, 2022.

9. Veras ML et al. Características físico-sensoriais de produtos vegetais análogos aos hambúrgueres, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, 2022.

10. Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2004.

11. Bligh EC, Dyer WJ. A rapid method of total lipid. Extraction and purification. Can. J. Biochem, Physiol.1959, 37: 911-17.

12. Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F. Colorimetric Method form Determination of Sugars and Related Substaces. Nature. 1956, 28: 350 356.

13. Rocha WS et al. Compostos fenólicos totais e taninos condensados em frutas nativas do cerrado. Rev Bras Frutic. 2011, 33: 1215-1221.

14. Vieira LM, Sousa MSB, MancinI-Filho J, Lima A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante *in vitro* de polpas de frutos tropicais. Rev Bras Frutic. 2011, 33: 888-897.

15. Olizer YJ, Pompeu D, Hirano MH, Alvarenga FMT, Trindade MA. Development and evaluation of Chicken nuggets with partial replacement of meat and fat by pea fibre. Braz J Food Technol. 2015, 18: 62–69.
16. Neris TS, Silva SSE, Loss RA, Carvalho JWP, Guedes SF. Avaliação físico-química da casca da banana (musa spp.) in natura e desidratada em diferentes estádios de maturação. Ciênc Sustent. 2018, 4: 5-21.

17. Kotovicz V. et al. Avaliação da atividade antioxidante de extratos de casca de Banana Nanica obtidos por maceração. Rev Agroneg Meio Ambient. 2021, 14: 269-275.

18. Oliveira MCF, Pandolfi MAC. Estudo Bibliográfico: aproveitamento integral na elaboração de subprodutos na indústria alimentícia. Rev Interface Tecnol. 2020, 17: 797–806.

19. Gondim JAM, Moura MFVM, Dantas AS, Medeiros RLS, Santos KM. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. Ciênc Tecnol Alim. 2005, 25: 825-827.

20. Storck CR. et al. Folhas, talos, cascas e sementes de vegetais: composição nutricional, aproveitamento na alimentação e análise sensorial de preparações. Ciênc Rural. 2013, 43:537-543.

21. Villa Vélez HA. Aplicações de secagem para o aproveitamento de resíduos da banana, visando sua aplicação na indústria. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2011.

22. Alcantara BM, Castilho LG, Clemente E. Desenvolvimento e análise físico-química da farinha da casca, da casca in natura e da polpa de banana verde das cultivares maçã e prata. E-xacta. 2014, 7:107-114.

23. TACO. (2011). Tabela brasileira de composição de alimentos. 4ed. Revisada e ampliada. Campinas, SP: Unicamp.

24. Ximenes AD, Aguiar JD, Paes ÉRDC. Propriedades físico-químicas e organolépticas da mucilagem da chia (*Salvia hispanica* L.): Physico-chemical and organoleptic properties of chia mucilage. Braz J Dev. Curitiba. 2022, 8: 56030-56038.

25. Pereira CA, Pires CV, Soares EC, Moreira MLL, Vilela Junior ET, Da Silva, WA, Gonçalves ACA. Elaboração e caracterização de alimento "tipo hambúrguer" sem proteína animal. Contrib Cienc Soc. 2023, 16:14621–14641.

26. Lima ÉC. de. Produção de hambúrguer vegano de grão-de-bico com resíduo agroindustrial de acerola. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

27. Farias PKS. et al. Desenvolvimento e análise sensorial de diferentes tipos de hambúrgueres funcionais utilizando o reaproveitamento de alimentos. Cad Ciênc Agrár. 2016, 8:7-14.

Capítulo 33

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-33

EMPREGO DA NANOTECNOLOGIA EM EMBALAGENS DE ALIMENTOS E POSSÍVEIS EFEITOS NEGATIVOS PARA A SAÚDE: UMA REVISÃO

Anderson Henrique Venâncio[1]*; Mônica Aparecida da Silva[1]; Monique Suela Silva[2]; Michelle Carlota Gonçalves[1]; Bruna Azevedo Balduino[1]; Maria Emília de Sousa Gomes[1]; Roberta Hilsdorf Piccoli[1]

**Autor correspondente – Email: anderson123dfgh21@gmail.com*

[1]Departamento de Ciência dos Alimentos/ESAL- Universidade Federal de Lavras (UFLA) - Caixa Postal 3037 CEP 37203-202 Lavras, MG- Brasil
[2]Departamento de Plantas Medicinais Aromáticas e Condimentares/ESAL- Universidade Federal de Lavras (UFLA) - Caixa Postal 3037 CEP 37203-202 Lavras, MG- Brasil

Resumo: No contexto atual, a nanotecnologia tem se destacado nas indústrias de embalagens, oferecendo soluções inovadoras, para melhorar a vida útil dos alimentos, como filmes e plásticos, com partículas de tamanho reduzido (1-100 nm) com efeito antimicrobiano e antioxidante, atuando na liberação controlada dos compostos. Entretanto, o uso da tecnologia em nanoescala pode oferecer alguns riscos à saúde humana sendo necessárias regulamentações específicas acerca de seu uso. Diante deste contexto, este trabalho objetivou realizar uma revisão de literatura, sobre o emprego da nanotecnologia em embalagens de alimentos, analisando seus potenciais riscos à saúde humana, além de apresentar os desafios relacionados à regulamentação e segurança dos nanomateriais. Dessa forma, foram consultados artigos em inglês, utilizando respectivamente as seguintes palavras-chave: nanotecnologia, regulamentação da nanotecnologia, riscos à saúde dos nanomateriais, legislação sobre nanotecnologia, nanosensores e nanoestruturas nas bases *Web of Science* e *Scienc Direct*. Observou-se que as nanoestruturas e utilização de nanosensores são as novas aplicações na indústria de materiais para alimentos e que os nanomateriais utilizados tem suas vantagens e desafios. Entretanto, foi constatado que há preocupações quanto à toxicidade e ao possível acúmulo de partículas no organismo humano. Conclui-se que, embora a nanotecnologia ofereça grandes avanços na redução de desperdícios e na melhoria da qualidade dos alimentos, os riscos à saúde e ao meio ambiente ainda exigem mais estudos e uma regulamentação rigorosa para garantir sua segurança e eficácia no longo prazo.

Palavras-chave: Genotoxidade; inovações em alimentos; nanoestruturas; nanosensores; migração de nanopartículas

INTRODUÇÃO

Entende-se por nanotecnologia a ciência que se dedica à utilização, padronização e caracterização de substâncias com partículas reduzidas (1 - 100 nm). É comumente referida como tecnologia em nanoescala, devido à sua capacidade de criar materiais

nanoestruturados com propriedades e aplicações inovadoras (1). Nesta tecnologia são produzidos nanomateriais, nanopartículas, nanocompósitos ou nanoestruturas, destacando-se por suas notáveis propriedades mecânicas, elétricas, ópticas, funcionais e magnéticas (2).

As características físicas, químicas e físico-químicas dos namomateriais são completamente diferentes quando comparado a sua forma em micro ou macroescala devido à sua miniaturização e maior área superficial (1,2). Assim, a natureza cristalina das nanapartículas também exerce influência sobre as propriedades mecânicas e térmicas dos materiais, podendo determinar sua aplicabilidade que vai desde a engenharia óptica, comunicações, metalurgia, ciência física; química e dos materiais, farmacêutica, até a ciência tecnologia e engenharia de alimentos, podendo ser utilizado como ingrediente e/ou embalagem (3).

No contexto contemporâneo, a aplicação da nanotecnologia em embalagens alimentícias tem ganhado destaque, impulsionando inovações nas embalagens de alimentos (4). A nanotecnologia proporciona soluções específicos para cada setor, melhorando a vida útil de carnes, pescados, vegetais e frutas, aprimorando a segurança alimentar (5).

Portanto, é essencial destacar os aspectos positivos das aplicações atuais da nanotecnologia em embalagens de alimentos. A utilização de nanomateriais permite o desenvolvimento de embalagens mais eficientes, que podem ser adaptadas para atender às necessidades específicas de diferentes tipos de alimentos. Além disso, as propriedades antimicrobianas e antioxidantes, barreiras a gases; UV e umidade, bem como a capacidade de liberação controlada de substâncias ativas, são benefícios fundamentais que contribuem para a conservação e segurança alimentar dos alimentos (2,6,7,8).

O Brasil ainda não dispõe de uma legislação para a utilização dos nanomateriais na indústria de alimentos. Em 2014, a ANVISA (Agência Nacional da Vigilância Sanitária) instituiu o Comitê Interno de Nanotecnologia, cujas atribuições são a elaboração de normas e guias específicos para a avaliação e controle desses materiais, com o objetivo de criar um banco de dados sobre nanopartículas ou nanomateriais relacionados à saúde, além da elaboração de um plano de capacitação. Adicionalmente, embora não haja legislação específica, no ano de 2019 foi instituído a Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia como Política Nacional para o Desenvolvimento da Nanotecnologia, com vistas a criar, integrar e fortalecer ações governamentais na área, com foco na priorização da inovação na indústria brasileira e no desenvolvimento econômico e social (9,10,11).

Entretanto, mesmo diante dos avanços promissores, a crescente aplicação da nanotecnologia em embalagens de alimentos suscita questões ambientais, éticas, de saúde e regulamentação. A possibilidade de partículas nanométricas migrarem dos materiais de embalagem para os alimentos levanta uma discussão sobre os potenciais efeitos negativos para a saúde humana. Dessa forma, questões sobre a toxicidade e os impactos a longo prazo desses materiais nanotecnológicos ainda precisam ser compreendidas (2,12). Trabalhos têm demonstrado que as nanopartículas podem passar pelo trato gastrointestinal, inibir bactérias benéficas e chegar a diferentes órgãos dos seres humanos, como o fígado, baço e os rins (12,13,14).

Este estudo abordará, de maneira abrangente, as atuais aplicações da nanotecnologia em embalagens de alimentos, destacando os benefícios proporcionados e fornecendo uma análise crítica dos potenciais efeitos negativos para a saúde. Além disso, serão apresentados os desafios ambientais e regulatórios. Ao constatar tanto os aspectos positivos quanto as preocupações éticas e de saúde, há uma visão equilibrada sobre o papel da nanotecnologia na evolução do setor de embalagens para alimentos e sua interação complexa com a saúde humana.

MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo, foram excluídos artigos que não se encaixavam no tema proposto, ou seja, os que apresentaram falta de texto completo e uma não padronização do título, resumo e da conclusão. Para realização desta revisão de literatura foram consultados artigos em inglês, utilizando uma combinação de palavras-chave, como nanotecnologia, regulamentação da nanotecnologia, riscos à saúde dos nanomateriais, legislação sobre nanotecnologia, nanosensores e nanoestruturas nas bases *Scienc direct* e *Web of Science* do portal de periódicos da CAPES.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Emprego da nanotecnologia em embalagens para alimentos

A nanotecnologia tem-se revelado uma aliada valiosa na modernização das embalagens de alimentos. Este avanço tecnológico oferece uma gama de benefícios que vão muito além da mera estética, impactando diretamente a segurança, conservação e praticidade dos produtos alimentícios (15).

Em primeiro plano, a nanotecnologia tem permitido a criação de embalagens alimentares mais eficientes no controle da qualidade (16). Através da manipulação de materiais em escalas nanométricas, é possível ajustar cuidadosamente as propriedades físicas e químicas dessas embalagens para atender às demandas específicas de cada tipo de alimento. Dessa forma, isso resulta em barreiras mais eficazes contra a entrada de agentes externos, como oxigênio, umidade e compostos voláteis, assegurando uma notável extensão na vida útil dos produtos (8,17).

Estudos de encapsulamento de compostos bioativos para aplicação em embalagem de alimentos se tornam cada vez mais interessantes devido à demanda de alimentos próximos ao “natural” (18). Dessa forma, a nanotecnologia pode atender à indústria de alimentos nesse sentido (19). As nanoestruturas surgem como uma oportunidade para causar uma liberação controlada destes compostos. Ressalta-se também que mantém a estabilidade de substâncias antimicrobianas nas embalagens que podem ser sensíveis às condições de processamento de alimentos, além disso, melhoram a ação contra patógenos alimentares (6).

Vafania, Fathi e Soleimanian-zad. (18) prepararam Nanofibras de gelatina/quitosana com proporções 1:6, 1:8 e 1:10, e concentrações de tomilho de 20% e 40%. Os resultados revelaram eficiência de encapsulamento superior a 92%. Essas nanofibras, contendo óleo essencial de tomilho, foram aplicadas na redução de nitrito em salsichas. As avaliações mostraram efeito bactericida contra *C. perfringens*, sem impacto adverso significativo na cor e nas propriedades sensoriais das salsichas. Os dados indicam que as nanofibras com óleo essencial de tomilho (na forma de embalagem) podem ser um substituto adequado ao nitrito (aditivo químico) em produtos cárneos.

Ansarifar e Moradinezhad (20) investigaram a utilização do óleo essencial de tomilho (TEO), encapsulado em nanofibras de zeína, para conservar morangos. As nanofibras apresentavam morfologia linear, superfície lisa e estrutura sem esferas. Houve um processo físico de encapsulamento, sem interações químicas entre os ingredientes durante a eletrofiação. Além disso, a calorimetria diferencial confirmou a estabilidade térmica do TEO encapsulado. As frutas armazenadas nessas embalagens reduziram significativamente a contagem total de bactérias, fungos e leveduras, enquanto manteve adequado o teor de fenóis totais, atividade antioxidante e acidez titulável dos morangos por 15 dias a 4 °C. O estudo destacou filmes de zeína, mostrando seu potencial em embalagens ativas e preservação de morangos.

Como mencionado anteriormente, a nanotecnologia confere às embalagens propriedades antimicrobianas excepcionais (18). A incorporação de nanomateriais com capacidade de inibir o crescimento de bactérias, parasitas, vírus, protozoários e fungos e leveduras nas superfícies das embalagens não apenas melhora a qualidade dos alimentos, mas também contribui para a segurança alimentar e segurança dos alimentos. Dessa forma, a nanotecnologia se revela um aliado essencial nos riscos de contaminação microbiológica, oferecendo aos consumidores produtos mais seguros e confiáveis (21).

A inovação na conservação dos alimentos proporcionada pela nanotecnologia é essencial. A capacidade de criar embalagens que liberam, de maneira controlada, substâncias ativas, como antioxidantes e conservantes naturais, permite não apenas a prevenção de alterações indesejadas nos alimentos, mas também a redução do uso de aditivos químicos tradicionais, como já foi destacado. Essa abordagem mais sustentável não apenas atende às demandas dos consumidores por produtos mais naturais, mas também contribui para a redução do impacto ambiental associado à produção e descarte de embalagens (22,23). Diversas estratégias são propostas para estudar a liberação controlada de substâncias, podendo ser mencionadas a modificação química de polímeros, a formulação de filmes multicamadas e a aplicação de agentes reticulantes como alguns dos métodos testados ao longo das últimas décadas (24).

Adicionalmente, a nanotecnologia desempenha um papel essencial na concepção de embalagens inteligentes que reagem dinamicamente às condições ambientais e às características dos alimentos. As embalagens inteligentes incorporam dispositivos como códigos de barras, etiquetas de identificação por radiofrequência (RFID), sensores e indicadores. Esses elementos possibilitam a comunicação, monitoramento, detecção, registro, rastreamento e divulgação de informações sobre a segurança, qualidade e história dos alimentos ao longo da cadeia de abastecimento. Além disso, fornecem dados sobre o frescor, especialmente considerando a suscetibilidade à deterioração de muitos alimentos. (25,26). Na Figura 6, há uma ilustração de diferentes sistemas em embalagens inteligentes.

Zhai *et al.* (26) criaram sensores colorimétricos para sulfeto de hidrogênio, utilizando nanopartículas de prata revestidas com goma gelana, com o propósito de detectar sinais de deterioração em peito de frango e carpa prateada. O sensor apresentou uma mudança de cor de amarelo para incolor quando exposto ao sulfeto de hidrogênio, com um limite de detecção de 0,18 μM em pH 7,0.

Siribunbandal *et al*. (27) montaram filmes de polidimetilsiloxano (PDMS) incorporados em nanopartículas de polidiacetileno/óxido de zinco (PDA/ZnO) para criar sensores colorimétricos. Ao otimizar a proporção de nanopartículas de ZnO no filme compósito (15% em peso), foi alcançada uma alta resposta colorimétrica de ~51,5% para a detecção de 200 ppm de gás amônia, visível a olho nu. Os sensores mostraram estabilidade térmica até 100 °C. Demonstraram também seletividade para amônia em comparação com outros compostos orgânicos voláteis. A aplicação prática envolveu a investigação da deterioração de carne de frango e suína sob diferentes condições de armazenamento, observando transições de cor ao longo do tempo. Concluíram que os sensores PDMS em PDA/ZnO têm potencial para serem aplicados como indicadores de frescor em embalagens inteligentes de alimentos.

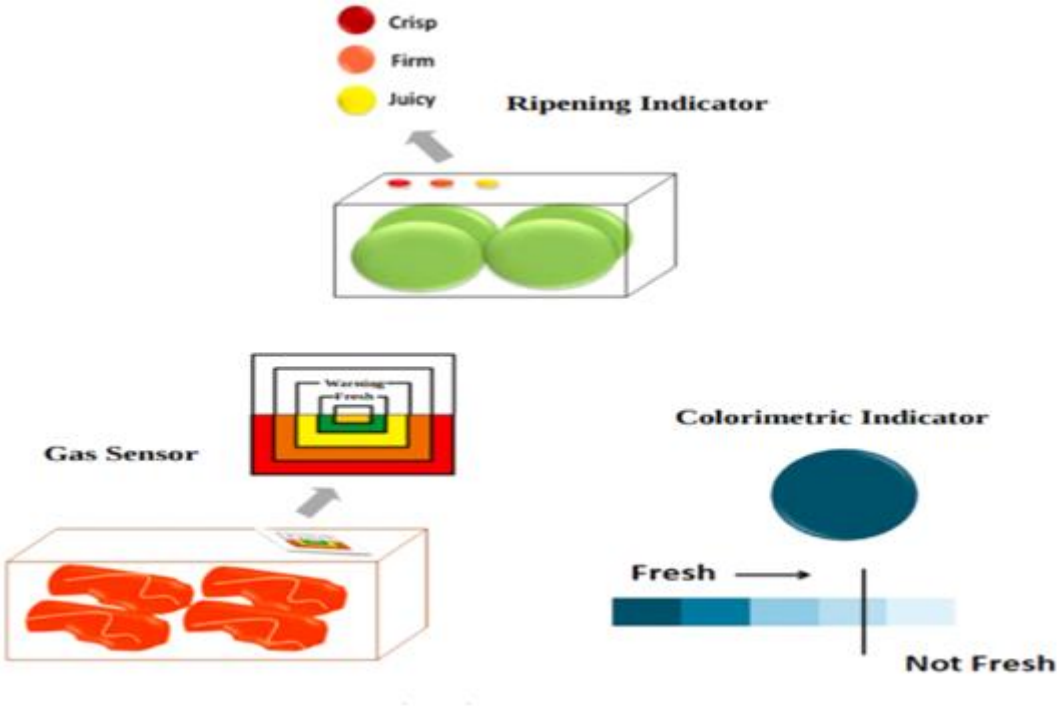
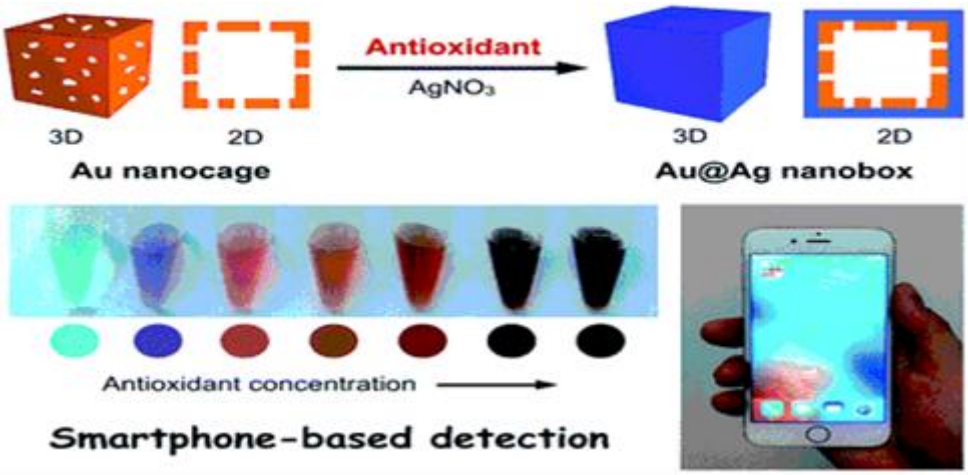


Figura 6 - Sistemas de embalagens inteligentes.
Fonte: Adptado de Ashfaq *et al.* (2022).

A adição de nanopartículas de óxido de zinco ou prata a polímeros não só confere propriedades antimicrobianas, inibindo enzimas, impedindo a divisão celular e afetando o metabolismo de micro-organismos, mas também melhora a flexibilidade, a barreira a gases e a estabilidade dimensional dos materiais. Essas nanopartículas fortalecem a resistência a variações de temperatura e umidade, tornando os polímeros mais adequados para diversas aplicações, como embalagens flexíveis e dispositivos médicos, onde a durabilidade, a flexibilidade e a proteção contra agentes externos são fundamentais para o desempenho eficaz desses materiais (26,27).

Sensores nanotecnológicos integrados às embalagens (FIGURA 7) possibilitam a vigilância em tempo real do frescor, temperatura e outros parâmetros, oferecendo informações instantâneas tanto para os consumidores quanto para os produtores. Essa tecnologia inovadora não apenas melhora a experiência do consumidor, mas também desempenha um papel fundamental na diminuição do desperdício de alimentos, permitindo uma gestão mais precisa da cadeia de distribuição e armazenamento (28). Dessa forma, sensores colorimétricos simples de usar, capazes de detectar a liberação de gases provenientes da deterioração de alimentos, são de grande interesse na segurança alimentar, como indicadores de prazo de validade e úteis na gestão de resíduos alimentares (27).

Além dos benefícios tangíveis para a conservação e segurança alimentar, a nanotecnologia em embalagens também tem desempenhado um papel essencial na melhoria da praticidade para os consumidores. A aplicação de nanomateriais em embalagens de fácil abertura (exemplo zíper), reutilizáveis e que se adaptam às necessidades do consumidor, como embalagens termossensíveis, reforça a conveniência e acessibilidade dos produtos alimentícios (29).



O princípio de detecção do antioxidante baseado na mudança morfológica da nanocage An após a redução do $AgNO_3$ produzindo Au@Ag nanobox na presença de antioxidantes.
Figura 7 - Princípio de detecção do antioxidante baseado na mudança morfológica da nanocage.
Fonte: Adaptada de Wang *et al.* (30).

À medida que a pesquisa e desenvolvimento em nanotecnologia continuam avançando, novas possibilidades estão sendo exploradas. Um exemplo são as embalagens que mudam de cor em resposta a alterações na temperatura ou que incorporam elementos interativos para oferecer informações adicionais aos consumidores. A nanotecnologia em embalagens de alimentos, portanto, não apenas atende às demandas atuais, mas também promete uma evolução constante, proporcionando benefícios ainda mais notáveis à indústria alimentícia e aos consumidores (31).

A nanotecnologia em embalagens de alimentos suscita questões significativas no contexto ambiental. A produção e o descarte de nanomateriais podem envolver processos industriais complexos e demandar recursos naturais significativos. A falta de diretrizes claras sobre o gerenciamento de resíduos nanotecnológicos levanta preocupações sobre a sustentabilidade a longo prazo desses materiais (32).

Adicionalmente, o impacto potencial da liberação de nanomateriais no meio ambiente após o descarte das embalagens é uma preocupação ambiental séria. A interação dessas partículas com os ecossistemas naturais ainda é pouco compreendida, e a possibilidade de efeitos adversos sobre a flora, fauna e ecossistemas aquáticos destaca a necessidade de avaliações abrangentes de risco ambiental antes da adoção generalizada da nanotecnologia em embalagens (33).

A complexidade inerente à nanotecnologia, aliada à rapidez com que novas formulações e aplicações são desenvolvidas, cria desafios substanciais para os órgãos regulatórios. A ausência de regulamentações específicas e a falta de métodos padronizados para avaliação de riscos à saúde dificultam a implementação eficaz de medidas de segurança (34).

Além disso, a compreensão limitada dos efeitos a longo prazo da exposição a nanomateriais em embalagens de alimentos é uma barreira para a tomada de decisões informadas. São necessárias mais pesquisas interdisciplinares e estudos de monitoramento a longo prazo para preencher as lacunas no conhecimento científico (35). Em um cenário em constante evolução, a capacidade dos órgãos regulatórios de acompanhar e regulamentar efetivamente a nanotecnologia em embalagens de alimentos é um componente crítico para garantir a segurança e proteção da saúde dos consumidores.

Efeitos negativos a saúde

A incorporação da nanotecnologia em embalagens de alimentos representa uma revolução na indústria alimentícia, proporcionando inovações que vão além da simples conservação (4). Conforme Mlalila *et al.* (36) a transição de embalagens passivas para inovadoras é uma resposta às tendências globais, avanços tecnológicos e preferências dos consumidores. Desta maneira, a pesquisa ativa na indústria alimentar visa desenvolver embalagens mais eficazes e eficientes, como as inteligentes e ativas (37). Entretanto, à medida que essas tecnologias emergentes ganham espaço, surge uma discussão essencial sobre os potenciais efeitos negativos para a saúde humana associados à exposição a nanomateriais provenientes dessas embalagens (38). Dessa forma, existem complexidades envolvidas, abordando desde preocupações éticas até possíveis implicações para a saúde, exigindo uma análise cautelosa e equilibrada para orientar decisões futuras sobre o uso de nanomateriais nas embalagens dos alimentos.

As questões éticas associadas à nanotecnologia em embalagens de alimentos levantam debates. A ausência de transparência nas informações sobre os nanomateriais presentes nessas embalagens representa um obstáculo significativo para os consumidores que buscam tomar decisões informadas (37). Questões sobre o direito à informação e à escolha consciente se tornam centrais, exigindo uma regulamentação mais rigorosa para garantir a divulgação adequada sobre a presença dos materiais nanotecnológicos nas embalagens (39). A ética também permeia a necessidade de consentimento informado dos consumidores para a utilização dessas tecnologias, levantando questionamentos sobre a responsabilidade das empresas e dos órgãos regulatórios em garantir a segurança dos produtos, levando em conta a saúde dos consumidores (40).

Diversos tipos de nanopartículas são utilizados em embalagens de alimentos, incluindo as orgânicas, como nanocelulose, nanoamido, nanopartículas de proteína, quitosana e carbono, e as inorgânicas, como nanopartículas de prata, zinco, dióxido de titânio e nanoargila (41). Destaca-se que essas nanopartículas podem estar presentes de forma isolada ou combinada, sendo que as nanopartículas inorgânicas podem potencialmente ter efeitos tóxicos para a saúde humana.

A migração de partículas nanométricas dos materiais de embalagem para os alimentos é uma fonte primária de preocupação quando se discute os efeitos negativos para a saúde (37). A capacidade dessas partículas ultrapassarem barreiras celulares (células de defesa) e interagirem com sistemas biológicos coloca em destaque a necessidade de uma avaliação mais abrangente dos potenciais efeitos tóxicos (42,43).

O processo de migração em embalagens de alimentos é afetado por diversos fatores, incluindo a duração do contato durante o armazenamento, a temperatura durante o armazenamento ou aquecimento durante a preparação, a natureza do contato, as propriedades das substâncias migrantes (como peso molecular, volatilidade e polaridade) e as características dos alimentos (como composição, teor de gordura; proteína e propriedades específicas) (37,43).

Estudos indicam que alguns nanomateriais podem ter características diferentes de suas contrapartes em macroescala, levantando questionamentos sobre a toxicidade dessas partículas e seus impactos a longo prazo na saúde humana, sendo necessários ensaios físico-químicos (*in vitro* baseado em células) para fornecer avaliações precisas do risco de exposição e previsões do comportamento *in vivo* e do valor funcional (44,45). A compreensão da biocompatibilidade e das respostas imunológicas a esses materiais ainda está em estágios iniciais, destacando a urgência de pesquisas mais aprofundadas para determinar os riscos associados à exposição (37,46). A figura 8, adaptada de De Sousa *et al.* (37), demonstra como ocorre a migração de partículas para os alimentos.

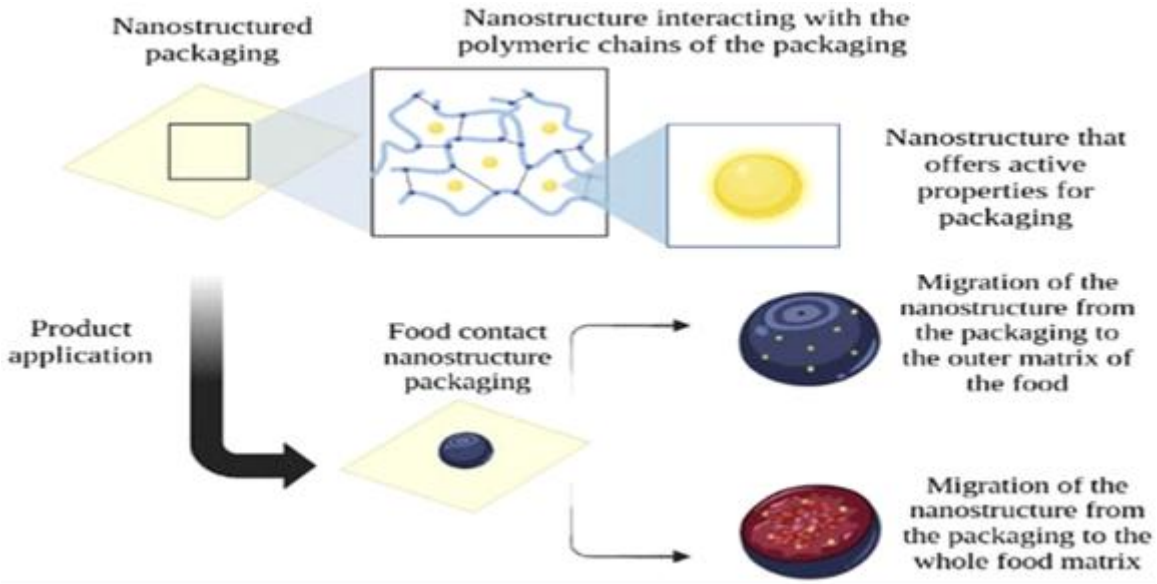


Figura 8 - Migração de partículas para os alimentos.
Fonte: Adaptado de De Sousa *et al.* (37).

A interação entre nanomateriais e o corpo humano é um domínio intrincado e desafiador. A nanotecnologia em embalagens de alimentos pode levar à absorção, distribuição e acúmulo de nanomateriais em diferentes órgãos (47). Nanopartículas de prata (NPs) podem causar neurotoxicidade, genotoxicidade e ir para o fígado, rins, testículos e cérebro. Geralmente, acredita-se que nanopartículas orgânicas, como proteínas, lipídios, amido e quitosana, sejam não tóxicas, pois são totalmente digeridas no trato gastrointestinal humano e não são biopersistentes (41). Vários estudos revelaram que, após inalação ou exposição oral, as NPs acumulam-se, entre outros locais, nos pulmões, trato alimentar, fígado, coração, baço, rins e no músculo cardíaco (48,49) A falta de consenso científico sobre as rotas metabólicas desses materiais e suas consequências fisiológicas dificulta a avaliação precisa dos riscos. Além disso, a variação na resposta do corpo humano a diferentes tipos de nanomateriais e suas formulações complica ainda mais a obtenção de conclusões generalizáveis. A complexidade da interação nanomaterial-corpo humano destaca a necessidade de estudos interdisciplinares e pesquisas que considerem uma gama mais ampla de fatores para entender completamente os possíveis impactos à saúde (37,50).

A migração de nanoestruturas para matrizes alimentares é influenciada por propriedades específicas dos materiais. A difusão envolve o movimento de nanoestruturas de áreas de alta para baixa concentração, sendo sensível a fatores como temperatura, umidade e composição química (51,52). A interação com lipídios ocorre quando nanoestruturas interagem com moléculas solúveis em gordura, incorporando-se em micelas lipídicas. A interação com proteínas forma complexos proteína-nanoestrutura, potencialmente absorvidos pelo sistema digestivo (53). A permeação refere-se à ultrapassagem das nanoestruturas pela barreira da embalagem, influenciada pelas características dos materiais e condições ambientais (52,53).

Stuparu-Cretu *et al.* (51) sublinham que, apesar dos benefícios associados ao uso de nanopartículas de óxido metálico em embalagens de alimentos, existe uma preocupação relevante acerca da possível liberação dessas nanopartículas nos alimentos. Destaca-se ainda a trajetória dessas nanopartículas no corpo humano, abordando potenciais riscos à saúde, incluindo danos ao ácido desoxirribonucleico (DNA) e disfunções celulares. Nota-se que, embora seja possível a integração dessas nanopartículas na estrutura da embalagem, situações particulares, como estresse químico,

mecânico ou térmico, podem facilitar sua transferência para os alimentos. Esse fenômeno pode levar a uma produção excessiva de espécies reativas de oxigênio, resultando em efeitos adversos nas células.

Dentre as várias nanopartículas amplamente utilizadas na indústria, as nanopartículas de dióxido de titânio, designadas como NPs de TiO2, destacam-se de maneira significativa. Sua coloração branca faz com que essas nanopartículas sejam uma escolha comum como aditivo alimentar. Informações provenientes de bases de dados científicos indicam que as NPs de TiO2 têm o potencial de desencadear inflamação devido ao estresse oxidativo, além de exibirem efeitos genotóxicos, incluindo a indução de apoptose e instabilidade cromossômica (48).

Jayaweera *et al.* (54) conduziram uma pesquisa acerca das tendências recentes na nanotecnologia, abordando o aprimoramento da biodisponibilidade de alimentos e a aplicação de nanomateriais em embalagens alimentares. Os resultados destacaram melhorias na conservação e segurança dos alimentos; no entanto, ressaltam preocupações sobre os potenciais riscos para órgãos vitais e danos ao DNA associados ao uso de nanopartículas (inorgânicas), introduzindo uma dimensão negativa às considerações de segurança.

A preocupação com os possíveis efeitos negativos para a saúde também se estende aos grupos populacionais mais vulneráveis, como crianças, gestantes, idosos e pessoas com condições de saúde pré-existentes (comorbidades; diabetes e pressão alta), já que esses indivíduos podem ter respostas diferentes à exposição a nanomateriais, exigindo uma avaliação de risco mais específica (55). A falta de estudos abrangentes sobre esses subgrupos aumenta a incerteza sobre os impactos potenciais, ressaltando a necessidade de considerações diferenciadas na regulamentação e na pesquisa. A ausência de padrões globais para a avaliação de risco em nanotecnologia em alimentos cria um desafio adicional, dificultando a comparação e a aplicação consistente de medidas protetivas em diferentes regiões do mundo (56).

A falta de uma legislação uniforme para o uso de nanoestruturas devido à complexidade das análises toxicológicas é evidente. Embora a nanotecnologia tenha trazido inovações, seu uso inadequado pode resultar em problemas de saúde, como câncer e complicações renais (48, 49). Países como os EUA, UE e Brasil estão elaborando listas de nanoestruturas permitidas ou proibidas em embalagens, com especificações de concentrações máximas permitidas em alimentos. Embalagens com nanotecnologia estão sendo gradualmente introduzidas, com cada agência federal desenvolvendo testes e padrões para a aplicação segura de nanoestruturas em seus respectivos países (37). O possível risco para a saúde após o consumo de alimentos contendo nanopartículas tem sido pouco explorado, mas supõe-se que a toxicidade das nanopartículas depende do seu tamanho, morfologia, taxa de migração e quantidade consumida (48).

A rápida evolução da nanotecnologia impõe desafios significativos aos órgãos regulatórios, que muitas vezes lutam para manter o ritmo das inovações. A falta de regulamentações específicas e métodos de teste padronizados contribui para a incerteza sobre a segurança dos nanomateriais em embalagens de alimentos. Uma abordagem proativa na atualização e aprimoramento das regulamentações é imperativa para garantir a proteção do consumidor (57). Além disso, a necessidade de pesquisa contínua e monitoramento constante dos desenvolvimentos na área é fundamental para manter um entendimento atualizado dos riscos à saúde e permitir ajustes regulatórios conforme necessário.

A discussão sobre os possíveis efeitos negativos para a saúde da nanotecnologia em embalagens de alimentos é multifacetada e complexa. Enquanto as inovações oferecidas por essas tecnologias são indiscutíveis, a segurança dos consumidores deve ser prioridade (37). A abordagem cautelosa e equilibrada para analisar os riscos potenciais, a

implementação de regulamentações mais rigorosas e a condução de pesquisas interdisciplinares é essencial para garantir que o progresso na nanotecnologia em embalagens de alimentos seja alcançado sem comprometer a saúde pública (58, 59). A transparência, a ética e o compromisso com a segurança são imperativos enquanto avançamos para um futuro em que a inovação e a proteção do consumidor coexistam harmoniosamente.

CONCLUSÃO

A nanotecnologia pode transformar a indústria de embalagens alimentícias, com soluções inovadoras para aumentar a segurança dos alimentos. A aplicação de nanoestruturas em embalagens inteligentes e ativas, como filmes antimicrobianos e materiais com propriedades de barreira, permite que os produtos alimentícios sejam mais bem protegidos contra patógenos alimentares e condições inóspitas, prolongando a vida útil dos alimentos. Além disso, a nanotecnologia cria embalagens sustentáveis, usando materiais biodegradáveis ou comestíveis, o que reduz o impacto ambiental.

No entanto, apesar dos benefícios evidentes, a introdução de nanomateriais em alimentos e embalagens apresenta alguns desafios. A migração de nanopartículas para os alimentos e seus potenciais efeitos adversos à saúde, como reações inflamatórias e genotóxicas, exige uma avaliação mais aprofundada. A falta de regulamentações específicas para nanotecnologia no Brasil e em outras regiões torna essencial a implementação de normas claras e testes abrangentes para garantir a segurança do consumo e o impacto ambiental.

Com o crescimento da demanda por alimentos mais seguros e nutritivos, espera-se que a nanotecnologia continue a avançar na indústria de embalagens alimentícias, levando a uma melhoria substancial nas propriedades dos materiais e na qualidade dos produtos. A pesquisa e o desenvolvimento em nanotecnologia, juntamente com uma regulamentação robusta e orientada pela ciência, serão essenciais para garantir que as vantagens dessa tecnologia sejam aproveitadas de forma segura e sustentável. As tendências futuras indicam que a nanotecnologia será uma peça-chave para o futuro da embalagem de alimentos, com foco na sustentabilidade, segurança alimentar e inovação tecnológica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradem o apoio da Universidade Federal de Lavras, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior-Brasil (CAPES), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQq) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas-Gerais (FAPEMIG).

REFERÊNCIAS

1. Chadha U, Bhardwaj P, Selvaraj SK, Arasu K, Praveena S, Pavan A, *et al*. Current trends and future perspectives of nanomaterials in food packaging application. J Nanomat, 2022;2022:1-32.

2. Omran BA, Omran BA. Fundamentals of nanotechnology and nanobiotechnology. Nanobiotechnology: A Multidisciplinary Field of Science, 2020;1-36.

3. Babu P, Tingirikari J. A review on polymeric nanomaterials intervention in food industry. Polymer Bulletin, 2023;80(1):137-164.

4. Singh R, Dutt S, Sharma P, Sundramoorthy AK, Dubey A, Singh A, *et al*. Future of nanotechnology in food industry: Challenges in processing, packaging, and food safety. Global Challenges, 2023;7(4):2200209.

5. Sharma C, Dhiman R, Rokana N, Panwar H. Nanotechnology: an untapped resource for food packaging. Front Microbiol, 2017;8:1735.

6. Lopes NA, Brandelli A. Nanostructures for delivery of natural antimicrobials in food. Critical Reviews Food Sci Nut, 2018;58(13):2202-2212.

7. Enescu D, Cerqueira MA, Fucinos P, Pastrana LM. Recent advances and challenges on applications of nanotechnology in food packaging. A literature review. Food Chem Toxicol, 2019;134:110814.

8. Ponnusamy PG, Mani S. Material and Environmental Properties of Natural Polymers and Their Composites for Packaging Applications: A Review. Polymers, 2022;14(19):4033.

9. BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 1.358, de 20 de agosto de 2014. Institui o Comitê Interno de Nanotecnologia da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, nº 160, Brasília-DF, 21 ago. 2014. Disponível em: https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=44&data=21/08/2014.

10. BRASIL. Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Portaria nº 3.459, de 26 de julho de 2019. Institui a Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia como principal programa estratégico para incentivo da Nanotecnologia no país. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, nº 152, Brasília-DF, 8 ago. 2019. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-3.459-%20de-26-de-julho-de-2019-%20209514505.

11. Garcia EEC, Bert MI, Padula M, Taniwaki MH, Sarantópoulos CIGL. Brasil Food Safety Trends 2030: transformações, tendências e desafios para a governança da e gestão da segurança dos alimentos. 1. ed. Campinas: ITAL; 2023.

12. John WS, Praveen R, AllwynSundar RA, Tiroutchelvamae D. Review on-Nanotechnology Applications in Food Packaging and Safety. Int J Eng Res, 2014;3(11):645-651.

13. McClements DJ, Xiao H. Is nano safe in foods? Establishing the factors impacting the gastrointestinal fate and toxicity of organic and inorganic food-grade nanoparticles. Sci Food, 2017;1(1):6.

14. Karimi M, Sadeghi R, Kokini J. Human exposure to nanoparticles through trophic transfer and the biosafety concerns that nanoparticle-contaminated foods pose to consumers. Trends Food Sci Technol, 2018;75:129-145.

15. Much RA, Winkelmann K, Hugerat M. Nanochemistry for Chemistry Educators. *In:* Royal Society of Chemistry. 2022. Disponível em: https://science-education-research.com/advances-in-chemistry-education/nanochemistry-for-chemistry-educators/.

16. Jafarzadeh S, Jafari S. Impact of Metal Nanoparticles on the Mechanical, Barrier, Optical and Thermal Properties of Biodegradable Food Packaging Materials. Critical Reviews Food Sci Nut, 2020;60(11):1849-1862.

17. Pasquier E, Mattos BD, Koivula H, Khakalo A, Belgacem MN, Rojas OJ, *et al*. Multilayers of Renewable Nanostructured Materials with High Oxygen and Water Vapor Barriers for Food Packaging. ACS Appl Mater Interfaces, 2022;14(25,):28993-29004.

18. Vafania B, Fathi M, Soleimanian-Zad S. Nanoencapsulation of thyme essential oil in chitosan-gelatin nanofibers by nozzle-less electrospinning and their application to reduce nitrite in sausages. Food Bioprod Proces, 2019;116:240-248.

19. Subramani T, Ganapathyswamy H. An overview of liposomal nano-encapsulation techniques and its applications in food and nutraceutical. J Food Sci Technol, 2020;57:3545–3555.

20. Ansarifar E, Moradinezhad F. Preservation of strawberry fruit quality via the use of active packaging with encapsulated thyme essential oil in zein nanofiber film. Int J Food Sci Tech, 2021;56(9):4239-4247.

21. Fahmy HM, Eldin RES, Serea ESA, Gomaa NM, AboElmags GM, Salem SA, *et al*. Advances in nanotechnology and antibacterial properties of biodegradable food packaging materials. RSC Advances, 2020;10(35):20467-20484.

22. Adeyeye S, Fayemi O. Nanotechnology and food processing: Between innovations and consumer safety. J Culin Sci Tech, 2019;17(5):435-452.

23. Xiao L, Wang B, Yang G, Gauthier M. Poly (lactic acid)-based biomaterials: synthesis, modification and applications. Biomedical Sci Eng Technol, 2012;11:247-282.

24. Almasi H, Jahanbakhsh Oskouie M, Saleh A. A review on techniques utilized for design of controlled release food active packaging. Critical Reviews Food Sci Nut, 2021;61(15):2601-2621.

25. Ashfaq A, Khurshedd N, Fatima S, Anjum Z, Younis K. Application of nanotechnology in food packaging: Pros and Cons. J Agric Food Res, 2022;7:100270.

26. Zhai X, Li Z, Shi J, Huang X, Sun Z, Zhang D, *et al*. A colorimetric hydrogen sulfide sensor based on gellan gum-silver nanoparticles bionanocomposite for monitoring of meat spoilage in intelligent packaging. Food Chemi, 2019;290:135-143.

27. Siribunbandal P, Osotchan T, Kim YH, Jaisutti R. Highly Sensitive Colorimetric Ammonia Sensors Based on Polydiacetylene/Zinc Oxide Nanopellet-Embedded PDMS Films for Meat Spoilage Detection. ACS Appl Polymer Mat, 2023;5(10):7786-7794.

28. Yousefi H, Su HM, Imani SM, Alkhadi K, Filipe CDM, Didar TF. Intelligent food packaging: A review of smart sensing technologies for monitoring food quality. ACS Sensors, 2019;4(4):808-821.

29. Tajeddin B, Arabkhedri M. Polymers and food packaging. *In:* Polymer science and innovative applications. Amsterdam: Elsevier; 2020.

30. Wang Y, Zhang P, Fu W, Zhao Y. Morphological control of nanoprobe for colorimetric antioxidant detection. Biosen Bioelectr, 2018;122:183–188.

31. Molina-Besch K, Olsson A. Innovations in food packaging-Sustainability challenges and future scenarios. *In:* Future Foods. United States: Academic Press; 2022.

32. Bystrzejewska-Piotrowska G, Golimowski J, Urban PL. Nanoparticles: their potential toxicity, waste and environmental management. Waste Manag, 2009;29(9):2587-2595.

33. Bakshi M. Impact of nanomaterials on ecosystems: Mechanistic aspects in vivo. Environ Res, 2020;182:109099.

34. Ansari M. Nanotechnology in food and plant science: challenges and future prospects. Plants, 2023;12(13):2565.

35. Alfei S, Marengo B, Zuccari G. Nanotechnology application in food packaging: A plethora of opportunities versus pending risks assessment and public concerns. Food Res Int, 2020;137:109664.

36. Mlalila N, Kadam DM, Swai H, Hilonga A. Transformation of food packaging from passive to innovative via nanotechnology: concepts and critiques. J Food Sci Tech, 2016;53:3395-3407.

37. De Sousa M, Schlogl AE, Estanislau FR, Souza VGL, Coimbra JSR, Santos IJB. Nanotechnology in packaging for food industry: Past, present, and future. Coatings, 2023;13(8):1411.

38. Malakar A, Kanel SR, Ray C, Snow DD, Nadagouda MN. Nanomaterials in the environment, human exposure pathway, and health effects: A review. Sci Total Environ, 2021;759:143470.

39. Young E, Mirosa M, Bremer P. A systematic review of consumer perceptions of smart packaging technologies for food. Front Sustain Food System, 2020;2020.

40. Gottardo S, Mach A, Drbohlavová J, Małyska A, Bøwadt S, Sintes JR, Rauscher H. Towards safe and sustainable innovation in nanotechnology: State-of-play for smart nanomaterials. NanoImpact, 2021;21:100297.

41. Divya K, Jisha MS. Chitosan nanoparticles preparation and applications. Environ Chem Letters, 2018;16:101-112.

42. Onyeaka H, Passaretti P, Miri T, Al-Sharify A. The safety of nanomaterials in food production and packaging. Cur Res Food Sci, 2022;5:763-774.

43. Xue M, Chai X, Li X, Chen R. Migration of organic contaminants into dry powdered food in paper. packaging materials and the influencing factors. J Food Engin, 2019;262:75-82.

44. Jones CF, Grainger DW. *In vitro* assessments of nanomaterial toxicity. Advanced Drug Del Rev, 2009;61(6):438-456.

45. Savage D, Hilt Z, Dziubla T. *In Vitro* Methods for Assessing Nanoparticle Toxicity. Meth Molec Biol, 2019:1-29, Jan. 2019.

46. Himly M, Geppert M, Hofer S, Hofstätter N, Horejs-Höck J, Duschl A. When would immunologists consider a nanomaterial to be safe? Recommendations for planning studies on nanosafety. Small, 2020;16(21):1907483.

47. Kermanizadeh A, Balharry D, Wallin H, Loft S, Moller P. Nanomaterial translocation–the biokinetics, tissue accumulation, toxicity and fate of materials in secondary organs: a review. Critical Rev Toxicol, 2015;45(10):837-872.

48. Baranowska-Wójcik E, Szwajgier D, Oleszczuk M, Winiarska-Mieczan A. Effects of titanium dioxide nanoparticles exposure on human health: a review. Biol Trace Element Res, 2020;193:118-129.

49. Tortella GR, Rubilar O, Durán N, Diez MC, Martínez M, Parada J, Seabra AB. Silver nanoparticles: Toxicity in model organisms as an overview of its hazard for human health and the environment. J Hazardous Materials, 2020;390.

50. Durán N, Rolim WR, Durán M, Fávaro WJ, Seabra AB. Nanotoxicologia de nanopartículas de prata: toxicidade em animais e humanos. Química Nova, 2019;42:206-213.

51. Stuparu-Cretu M, Braniste G, Necula G, Stanciu S, Stoica D, Stoica M. Metal Oxide Nanoparticles in Food Packaging and Their Influence on Human Health. Foods, 2023;12(9):1882.

52. Soares MG, Bevilaqua GC, De Lima M. Potential Applications of Environmentally Friendly Nanoparticles in Food Matrices: A Review. Food Bioprocess Technol, 2023:1-19.

53. Sharma A, Ranjit R, Pratibha, Kumar N, Kumar M, Giri BS. Nanoparticles based nanosensors: Principles and their applications in active packaging for food quality and safety detection. Biochem Eng J, 2023;193:108861.

54. Jayaweera Y, Undugoda L, Sandaruwan C, Priyadarshana G. Nanotechnology Trends in Food Processing and Food Packaging. Nanosci Nanotech, 2023;13(1):23-40.

55. Hofer S, Hofstätter N, Punz B, Hasenkopf I, Johnson L, Himly M. Immunotoxicity of nanomaterials in health and disease: Current challenges and emerging approaches for identifying immune modifiers in susceptible populations. Nanomed Nanobiotech, 2022;14(6):e1804.

56. Fan AM, Alexeeff G. Nanotechnology and nanomaterials: toxicology, risk assessment, and regulations. J Nanosci Nanotech, 2010;10(12):8646-8657.

57. Hodge GA, Bowman DM, Maynard AD. Introduction: the regulatory challenges for nanotechnologies. *In:* International Handbook On Regulating Nanotechnologies. United Kingdom: Edward Elgar Publishing; 2010.

58. Kumar A, Choudhary A, Kaur H, Mehta S, Husen A. Metal-based nanoparticles, sensors, and their multifaceted application in food packaging. J Nanobiotech, 2021;19(1):256.

59. Primožič M, Knez Ž, Leitgeb M. (Bio) Nanotechnology in food Science-food packaging. Nanomaterials, 2021;11(2):292.

Capítulo 34

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-34

AVALIAÇÃO DE PADRÕES MICROBIOLÓGICOS DE QUEIJOS MINAS ARTESANAIS DA MICRORREGIÃO DO CAMPO DAS VERTENTES

Mônica Aparecida da Silva*[1]; Anderson Henrique Venâncio[1]; Bruna Azevedo Balduíno[1]; Monique Suela Silva[2]; Michelle Carlota Gonçalves[1]; Fernanda Pereira[1]; Jessica Raquel Sales Carvalho de Souza[1]; Roberta Hilsdorf Piccoli

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email:mondiga25@gmail.com*

[1]Departamento de Ciência dos Alimentos/ESAL– Universidade Federal de Lavras (UFLA)Caixa Postal 3037 CEP 37203-202 – Lavras, MG – Brasil
[2]Departamento de Plantas Medicinais Aromáticas e Condimentares/ESAL– Universidade Federal de Lavras (UFLA)Caixa Postal 3037 CEP 37203-202 – Lavras, MG – Brasil

Resumo: O Queijo Minas Artesanal (QMA) possui um modo de fazer tradicional. Em muitas microrregiões, é a base de subsistência do agronegócio familiar e a falta de conhecimento e treinamentos do produtor, pode induzir a produção com possíveis falhas higiênicas. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi analisar amostras de queijos frescos e maturados de dois produtores da região do Campo das Vertentes, em relação a presença de estafilococos coagulase positivo, conforme parâmetros estabelecidos pela legislação vigente, ambos os queijos analisados em distinção ao centro e a casca da sua massa, em duas datas, sendo no período do verão e no período do inverno, de 2023. Alíquotas do QMA foram homogeneizados em solução conforme metodologia específica e seguiram para análise microbiológica e teste de coagulase, para confirmação da identificação dos microrganismos. Esses isolados foram também identificados por MALDI-TOF MS. Os queijos maturados do produtor G, no inverno, e do produtor M no verão, nas regiões centrais, apresentaram contagem acima do estabelecido pela legislação, 1,4 $x10^3$ e 3,5 $x10^3$ UFC/g, respectivamente, sem diferença significativa entre produtores ou em virtude da sazonalidade. *Staphylococcus aureus* foram confirmados nas amostras de queijos frescos e maturados pela técnica de identificação do perfil proteico, MALDI-TOF MS, mostrando a importância da combinação entre técnicas dependentes e independentes de cultivo, para confirmação da segurança de produtos. A origem da contaminação pode ser por falta de higiene dos manipuladores ou como agente etiológico da mastite clínica, demandando acompanhamento do rebanho e boas práticas de fabricação.

Palavras–chave: contaminação microbiológica; estafilococos coagulase positivo; produção artesanal; segurança de alimentos

INTRODUÇÃO

Da produção queijeira do Brasil, o Queijo Minas Artesanal (QMA) destaca-se como um dos melhores e mais tradicionais (1). Talvez, por isso, a grande relevância na produção de queijos artesanais a partir do leite cru que o estado possui, isso sendo

combinado às medidas governamentais contemporâneas, implementadas. No entanto, mesmo com grande demanda por seu consumo, o QMA em sua história pregressa podia ser fabricado sem a adoção de boas práticas de fabricação, culminando em riscos à saúde, sendo o seu comércio limitado à informalidade (2). Deste modo, os queijos~~s~~ de produção artesanal, poderão ter em sua composição microrganismos indesejáveis que habitam as pastagens, o solo, a água, o ambiente, a estrutura e utensílios, envolvidos no processo produtivo, se tornando fontes potenciais de contaminação e contribuindo negativamente no desenvolvimento das características típicas e desejadas estabelecidas pela microbiota selvagem sobre o produto (3).

Entre os principais microrganismos contaminantes está o comensal à animais de sangue quente, habitualmente presente na pele, glândulas e mucosas dos humanos, o *Staphylococcus aureus*, pertencente ao gênero estafilococos e do grupo dos estafilococos coagulase positivo. Dentre as espécies produtoras da enzima coagulase, *S. aureus* subsp. *aureus* é o patógeno mais comum e os componentes deste grupo são considerados patógenos potencialmente sérios, pois há relação direta a serem cepas produtoras de enterotoxinas (4). Um patógeno com essas características é facilmente encontrado em um rebanho cuja as matrizes não possuam adequado controle zoonótico, já que também é o agente etiológico da mastite infecciosa, como pode ser transferido ao alimento pelos manipuladores, em possíveis falhas das boas práticas de fabricação no decorrer do processo de produção (5,6).

Trata-se de uma bactéria Gram positiva, anaeróbios facultativos, catalase positivo, sua temperatura ótima de crescimento é de 35-40 °C, coerente com a temperatura de obtenção do leite logo após a ordenha e com a temperatura do ambiente de maturação a que os queijos artesanais são submetidos. Crescem em ampla faixa pH, de 4,2-9,3, não sendo as condições da matriz alimentar desfavoráveis para o seu desenvolvimento. É prevalente nas vias nasais, garganta, pele e cabelos de humanos saudáveis. O úbere de vacas leiteiras, se infectados, tornam-se uma fonte de contaminante para o leite, assim como a não assepsia adequada das mãos ou ausência da utilização de luvas, em caso de lesões cutâneas, são formas que favorecem a contaminação de alimentos por esses microrganismos ao longo do processo de manipulação (5,6,4).

Ainda nos primórdios, a produção de queijo era adotada como forma de conservação do leite, que passou a ser obtido a partir da inserção da prática pecuária no decorrer das expedições do ciclo do ouro no estado. De forma inovadora entre os demais estados brasileiros~~Atualmente~~, buscando fortalecer a imagem do produto, a Assembleia Legislativa mineira se empenhou na criação de um regulamento que valorizasse o alimento em seu contexto histórico e o incluíssem entre os mais apreciados queijos do mundo. Assim, foi criado o Programa Queijo Minas Artesanal em uma parceria do governo estadual e a Emater, almejando alcançar o desenvolvimento econômico das microrregiões produtoras e preservando o tradicionalismo~~.~~ (7, 8, 2).

Além disso, no tanger do estado de Minas Gerais, o QMA é considerado um patrimônio cultural imaterial estadual pelo Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais (IEPHA/MG) e brasileiro, pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). É um produto que sobreviveu às pressões da modernização dos processos produtivos, não só pelo apego às tradições, mas também pelo distanciamento das propriedades rurais que o produziam em relação às cidades, estando dispersas entre vales e montanhas do estado (9,10).

Atualmente, de modo pioneiro e inovador para que se alcance a desburocratização e fomente a produção de um número maior de produtores, Minas Gerais promulgou uma Lei que descreve os objetivos da Política Pública para queijos artesanais, a Política Estadual do Queijo Minas Legal. Dentre os objetivos da Política Pública, há destaque para uma parte muito significativa que é promover a adoção das boas práticas

agropecuárias e de fabricação. Assim, o estado de Minas Gerais estará seguindo de forma eficiente para a valorização do produto mineiro, da cultural ancestral e dos padrões de qualidades tão pertinentes e exigidos pelo mercado e consumidores (11). Neste sentido, o objetivo do trabalho foi realizar a análise de um dos parâmetros microbiológicos exigidos pela legislação do QMA, produzido em duas propriedades da microrregião do Campo das Vertentes, sendo as coletas de amostras de queijos realizadas em duas sazonalidades, verificando suas características de qualidade no que tange a esteeste aspecto.

MATERIAL E MÉTODOS

SELEÇÃO DAS INSTALAÇÕES DE FABRICAÇÃO DE QUEIJO

Foram escolhidas 2 unidades produtoras de queijo minas artesanal, cadastradas junto ao Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA), com registro do selo arte, da região do Campo das Vertentes do Estado de Minas Gerais, nas cidades de Coronel Xavier Chaves (21°02'28.6"S 44°11'39.6"W), identificada neste trabalho como “Produtor M” e uma em São João Del Rey (21°05'08.5"S 44°14'26.7"W), identificada no estudo como “Produtor G”.

COLETA DAS AMOSTRAS

As queijarias selecionadas foram submetidas à amostragem em dois diferentes pontos, sendo eles:

1.1 Queijo no primeiro dia de fabricação, após a desenformagem, identificado neste trabalho como queijo fresco ou queijo do tempo zero;

1.2 Queijo curado na própria queijaria (22 dias de maturação), identificado neste trabalho como queijo maturado ou queijo do tempo 22.

As análises foram realizadas separadamente, tanto na casca, quanto no centro dos queijos coletados, de ambas as propriedades e sazonalidades.

O material para análise, de cada uma das 2 unidades cadastradas da região do Campo das Vertentes, foi coletado em duas datas, sendo um dia no período de chuva/verão de 2023 e outro dia no período de seca/inverno, do mesmo ano. Os procedimentos de coleta de amostras foram semelhantes em ambas as queijarias, sendo as amostras das unidades de queijo, coletadas em condições assépticas e transferidas para sacos estéreis e transportadas, em recipiente térmico, para o Laboratório de Microbiologia dos Alimentos, no Departamento de Ciência dos Alimentos, da Universidade Federal de Lavras.

PREPARO DE SOLUÇÕES PARA ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

O preparo das suspensões para análise microbiológica dos queijos frescos e maturados, foi realizado conforme descrito por Pereira (12). 25 g de QMA foram adicionados em 225 ml de solução de citrato de sódio (2% m/v), estéril, sendo homogeneizados em aparelho Stomacher Metroterm® (490 golpes/ min.) por 5 minutos. Em seguida foram realizadas diluições seriadas em água peptonada (0,1% m/v).

ESTAFILOCOCOS COAGULASE POSITIVO

Alíquotas de 0,1 ml das diluições adequadas das amostras de queijo maturado e da suspensões das tábuas de maturação, foram transferidas para o ágar Baird Parker e

incubadas a 37 °C por 48 h. Colônias típicas e atípicas foram quantificadas, e quando presente, cerca de 5 colônias típicas foram transferidas para o caldo infusão cérebro coração (BHI) e incubadas a 37 °C por 24 h. Após esse período, alíquotas de 0,2 ml de cada cultura foram transferidas para tubos de ensaio contendo 0,5 ml de plasma de coelho-EDTA e incubados a 37 °C por 6 h. De acordo com a formação de coágulo os isolados foram classificados com 1+; 2+; 3+ e 4+. Apenas os isolados 3+ e 4+ foram considerados estafilococos coagulase positiva (4). Esses isolados foram identificados por MALDI-TOF MS.

IDENTIFICAÇÃO DAS BACTÉRIAS POR MALDI-TOF MS

Os isolados bacterianos, coletados após as análises microbiológicas dos pontos amostrais, foram submetidos a identificação pela análise do perfil proteico, seguindo o protocolo de extração padrão, com adaptações (13).

Para a análise, aproximadamente uma alçada de cultura bacteriana foi ressuspendida em 0,3 ml de água deionizada ou Miliq, homogeneizada em aparelho tipo Vortex por 30 segundos, após foi adicionada uma solução de etanol 95%, homogeneizada em aparelho tipo Vortex por 30 segundos, centrifugada por 2 minutos a 13.000 RPM, seguido pelo descarte do sobrenadante do eppendorf, com retirada do seu excesso de umidade com papel, seguido pela adição de 50 µl de ácido fórmico 70% ao pellet formado, homogeneização em aparelho tipo Vortex por 30 segundos e adição de 50 µl de acetronitrila, homogeneização em aparelho tipo Vortex por 30 segundos, encerrando com centrifugação do eppendorf por 2 minutos a 13.000 RPM.

No momento da análise, uma segunda centrifugação foi realizada e logo após, 0,1µl dos precipitados obtidos contendo as células lisadas, foram depositados em placa de 96 poços e secas em temperatura ambiente para análise por espectrometria de massa de tempo de voo de Dessorção/Ionização a laser Assistida por Matrix, Maldi-tof Microflex LT (Bruker Daltonics®, Bremen, Alemanha) e análise dos dados no software Flex Control (Versão 3.0).

Os isolados foram analisados em triplicata e a metodologia de calibração do equipamento e método de análise de dados foram realizados conforme descrito por Carvalho *et al.* (13) A identificação dos resultados foi expressada por BioTyper ™ log (scores), indicando a similaridade da cepa desconhecida com o perfil disponível em bancos de dados do MALDI-TOF MS. Para a interpretação dos resultados, os pontos de corte recomendados pelo fabricante foram utilizados para determinar identificação segura ao nível de gênero e espécie (≥ 2.000), identificação provável ao nível de gênero (1.700 a 1.999).

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial foi utilizado dos quais os fatores eram: 2 estações do ano (verão e inverno) x 2 produtores de QMA registrados junto ao IMA (G: Guatambu/ São João del Rey e M: Muiracatiara/ Coronel Xavier Chaves) x 2 tempos de coleta do material (0 e 22 dias), para avaliar as análises microbiológicas. Os resultados foram expressos em média ± desvio padrão, o qual foi aplicada análise de variância (ANOVA) para os parâmetros, seguido de T-Student ($p < 0.05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R (4.0.2, pacotes FactoMineR e Factoextra).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ANÁLISE MICROBIOLÓGICA E DE QUALIDADE

A contagem da população microbiana das cascas e centros dos queijos, encontram-se na Tabela 1. A análise microbiológica por métodos dependentes de cultivo, foi realizada a fim de determinar a qualidade dos queijos analisados, com base nos parâmetros estipulados pela legislação estadual vigente e específica para o Queijo Minas Artesanal (14).

Estafilococos coagulase positivo podem estar em um limite máximo de 1 x 10^3 UFC/g, segundo os parâmetros microbiológicos aceitáveis da legislação. Nas amostras de queijo do tempo zero, de ambas as estações e de ambos os produtores, não houve confirmação de colônias. No entanto, os queijos maturados dos dois produtores, na região central dos queijos, apresentaram contagens do microrganismo no inverno, mas sem diferença significativa em virtude da sazonalidade. A contagem do centro do queijo produtor M, para essa classe de microrganismos, foi em número inferior ao reprovado pela legislação (2,4 x 10^2 UFC/g) e do produtor G logo acima do máximo permitido, 1,4 x 10^3 UFC/g, mas sem diferença significativa entre produtores. No verão, a contagem média destas amostras centrais do produtor M, também podem ser consideradas reprovadas, segundo a legislação, por constituírem 3,5 x10^3 UFC/g de estafilococos coagulase positivo.

Relatos semelhantes foram demonstrados por Castro *et al*. (15) em seu estudo, no qual obtiveram contagem de estafilococos coagulase positivo de 3,77 log UFC/g em queijos minas artesanal do Triângulo Mineiro maturados por 21 dias, no verão. Castro (16) também verificou, quanto a avaliação da qualidade microbiológica de queijos frescos do Campo das vertentes, cerca de 3 log UFC/g no verão nas contagens de estafilococos coagulase positiva e cerca de 6 log UFC/g no inverno.

A presença de *Staphylococcus aureus* é um dos problemas relacionados ao consumo de queijos artesanais produzidos a partir do leite cru, já que a matéria prima pode veicular este patógeno. Não foi o caso deste estudo, mas *Staphylococcus* spp. em população superior a 10^4 UFC/g desencadeia a probabilidade de produção de enterotoxinas nos alimentos, o que é um palpável risco ao consumidor (17,18). *Staphylococcus aureus* prevalente em leite e derivados é um indicador de falhas higiênicas no processamento e manipulação do produto ou um possível indicador de mastite contagiosa no rebanho, já que este microrganismo é um dos agentes causadores no gado leiteiro. A ocorrência de padrões microbiológicos distintos é esperada entre produtos artesanais, por isso houve diferenças entre os produtores M e G, uma vez que esta variação está condicionada ao treinamento e prática dos manipuladores de alimento e a adoção das Boas Práticas de Fabricação (BPF) em cada uma das propriedades (5, 6, 19).

Tabela 1- Variação da população microbiana, dos queijos minas artesanais produzidos no Campo das Vertentes e maturados por 22 dias[1].

	CASCA								**CENTRO**							
Contag. microb. Log UFC/g	**Produtor G**				**Produtor M**				**Produtor G**				**Produtor M**			
	Inverno		**Verão**		**Inverno**		**Verão**		**Inverno**		**Verão**		**Inverno**		**Verão**	
	T0	**T22**	**T0**	**T22**	**T0**	**T22**	**T0**	**T22**	**T0**	**T22**	**T0**	**T22**	**T0**	**T22**	**T0**	**T22**
S. coagulase positivo	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1.39± 0.32A*	NA	NA	NA	2.38± 0.09Aa*	NA	3.48± 0.00Aa*

[1]Média±Desvio padrão são apresentados. Letras maiúsculas apresentam diferença estatística pelo teste T- Student ($p<0.05$) quando avaliam a influência das estações do ano sob o produtor e o tempo. Letras minúsculas apresentam diferença estatística pelo teste T- Student ($p<0.05$) quando avaliam a influência dos tempos de maturação sob o produtor e as estações do ano. Os asteriscos apresentam diferença estatística pelo teste T- Student ($p<0.05$) quando avaliam a influência do produtor sob o as estações do ano e o tempo de maturação do queijo. T0= Queijo fresco; T22= Queijo com 22 dias de maturação na queijaria; NA= Contagem não aplicável por ausência de crescimento microbiano.

IDENTIFICAÇÃO DAS BACTÉRIAS POR MALDI-TOF MS

No que tange a população de estafilococos coagulase positivo, mesmo que o plaqueamento e os testes subsequentes de coagulase, não tenham levado a confirmação, pelo MALDI-TOF, isolados de *S. aureus* foram identificados, além das amostras dos queijos maturados citados anteriormente. Foram confirmados isolados de *S. aureus* nas amostras dos queijos frescos e maturados do produtor M, tanto no inverno quanto no verão, tanto na casca quanto no centro do queijo, o que demonstra a importância da combinação entre técnicas dependentes e independentes de cultivo para a identificação de microrganismos, mesmo que haja relatos de que patógenos potenciais como *S. aureus* possam ser contidos no decorrer da maturação (16).

Nas amostras do produtor G, a análise do perfil proteico levou a confirmação de outras espécies do gênero estafilococos coagulase negativo, em ambas as sazonalidades e nas diferentes partes do queijo sendo eles, *S. simulans, S. saprophyticus, S. haemolyticus e S. xylosus*. *S. saprophyticus* e *S. xylosus* também faziam parte das colônias atípicas com crescimento e identificadas após o plaqueamento das amostras de queijos do produtor M. Esses resultados corroboram com os achados de Brito *et al*. (20) cujos os microrganismos relativamente mais identificado entre seus isolados foi *S. aureus*, seguido por estafilococos coagulase negativo.

O mesmo foi observado por Almeida *et al*. (21), cujo os agentes com maior índice de isolamento em suas amostras de leite de vaca, pertencia ao gênero *Staphylococcus* spp., gênero que se evidencia por sua relevante frequência nos casos clínicos e subclínicos de mastite nos bovinos, estando assim presentes nos derivados de leite, uma vez que esta espécie está também presente na microbiota gastrointestinal dos animais e estarem relacionados a casos de surtos alimentares e até mesmo na produção de enterotoxinas em alimentos (22, 23). A doença ocasionada por este patógeno pode ser autolimitada, de curta duração e sem ameaças de morte, sendo a mais comum das doenças veiculadas por alimentos (4, 5, 6).

CONCLUSÕES

A confirmação da presença prevalente de *Staphylococcus aureus* nas amostras, vai de encontro com o indicador de falhas higiênicas, o que pode ser de grande importância para o serviço de saúde pública, já que *S. aureus* é um patógeno de origem alimentar, exigindo medidas de controle.

A matéria prima também é uma das fontes habituais de contaminação dos queijos artesanais, uma vez que o tradicionalismo do seu modo de fazer não permite a pasteurização do leite e o úbere das vacas leiteiras podem estar infectados, tanto com os agentes causadores da mastite clínica quanto da subclínica, conforme confirmado neste trabalho, havendo a necessidade de controle sanitário do rebanho e separação da ordenha das matrizes, caso estejam infectadas, até que cesse o seu tratamento.

O fato das amostras de ambos os produtores terem apresentado o patógeno por método independente de cultivo e estarem com a contagem populacional destes microrganismos acima do exigido pela legislação, cada produtor em uma determinada sazonalidade, o produtor G com suas amostras reprovadas no inverno e o produtor M no verão, demonstram que é necessário maior atenção a assepsia das mãos, utensílios e equipamentos envolvidos na produção dos queijos, bem como, utilização de luvas em caso dos manipuladores apresentarem algum tipo de lesão cutânea superficial, atualização dos procedimentos de boas práticas de ordenha e fabricação, para que ao longo de todo o processo de fabricação, seja minimizada as possibilidades de contaminação e se obtenha tanto matéria prima, quanto um produto com qualidade microbiológica.

Nesse sentido, as ações extensionistas realizadas entre entidades de extensão estaduais, como a EPAMIG, instituições de ensino e produtores artesanais, são um modelo

inicial e promissor de ação para atualização e treinamentos rotineiros para o agronegócio artesanal.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal de Lavras (UFLA), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas-Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

1. Harbutt J. O livro do queijo. São Paulo: Globo Estilo, 2010.

2. Monteiro R, Chaves A. Tradição e estatuto: queijo Minas artesanal, histórico, legislação e pesquisa. Brasília: EMBRAPA, 2018.

3. Silva MA. Diversidade da microbiota do ambiente de maturação de queijos minas artesanais do Campo das Vertentes [dissertação]. Lavras: Universidade Federal de Lavras; 2024.

4. Silva N.; Junqueira VCA, Silveira, NFA, Taniwaki MH. Gomes RAR, Okazaki MM. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água. 5 ed. São Paulo: Editora Blücher, 2017.

5. Borelli BM, Lacerda ICA, Brandão LR, Vianna CR; Ferreira MC; Gomes FCO, et al. Identification of *Staphylococcus* spp. isolated during the ripening process of a traditional Minas cheese. Arq. Bras. de Med. Veter. e Zootec. 2011; 63: 481-487.

6. Camargo AC, Costa EA, Fusieger A, Freitas RD, Nero LA, Carvalho F. Microbial shifts through the ripening of the "Entre Serras" Minas artisanal cheese monitored by high-throughput sequencing. Food Research Intern. 2021; 139: 109803.

7. Lima R. Impasses e trajetórias vivenciadas pelos produtores rurais para manter uma cultura tradicional. *In*: Reunião Brasil. de Antropol. Natal: Unioeste, 2014.

8. Macedo Junior PADM, Almeida MDGD. Programa queijo minas artesanal: certificação, impactos e desafios na sociedade mineira contemporânea. Igualitária: Rev. do Curs. de Hist. da Est. 2019;1.

9. EMATER Queijo Minas Artesanal: O Programa. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais; 2022.

10. Meneses JNC. Queijo artesanal de Minas – patrimônio cultural do Brasil. Brasília: Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN; 2006.

11. Minas Gerais. Lei nº 24 993, de 25 de setembro de 2024. Institui a política estadual queijo minas legal – PEQML. Diário do Executivo. 26 set. 2024.

12. Pereira F. Avaliação do potencial probiótico e tecnológico de bactérias láticas isoladas de queijo minas artesanal da região da canastra [dissertação]. Lavras: Universidade Federal de Lavras; 2022.

13. Cavalheiro RS. Aplicação de diferentes técnicas de microscopia para análises da região adesiva em madeira lamelada colada (MLC) [tese]. São Carlos: Universidade de São Paulo; 2018.

14. Instituto Mineiro de Agropecuária. Portaria nº 2303, de 20 de maio de 2024. Estabelece o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Queijo Minas Artesanal. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Agropecuária, 2024.

15. Castro MT, Borges EJ, Oliveira KAM, Silva MO, Garcia LGC, Santos PA. Evaluation of the innocuousness and microbiological characterization of Minas artisanal cheese produced in Santa Vitória City. Brazil Research. Society and Development. 2020; 9: 1-27.

16. Castro RDD. Queijo minas artesanal fresco de produtores não cadastrados da mesorregião de campo das vertentes – mg: qualidade microbiológica e físico-química em diferentes épocas do ano [dissertação]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais; 2015.

17. Brumano, ECC. Impacto do tipo de fermento endógeno na qualidade e tempo de maturação de queijo Minas artesanal produzido em propriedades cadastradas pelo IMA (Instituto Mineiro de Agropecuária) na região do Serro-MG [tese]. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2016.

18. Leão GS, Silva LS, Madeira APC, Queiroz VAV, Pires C V, Souza MR et al. Influência da aplicação de revestimento comestível em queijo minas artesanal durante o período de maturação. Holos. 2020; 2: 10547.

19. Penna ALB, Gigante ML, Todorov SD. Artisanal Brazilian Cheeses—History, Marketing, Technological and Microbiological Aspects. Foods. 2021; 10: 1562.

20. Brito DAP, Silva ISO, Brito DRB, Costa FN. Prevalência e etiologia da mastite em bovinos leiteiros da Ilha de São Luís, estado do Maranhão, Brasil. Brazilian Jour. of Veter. Med. 2014; 36: 389–95.

21. Almeida M, Piaia N, Baldo WG, Favero JF. Principais agentes causadores de mastite clínica e subclínica em vacas leiteiras da região Oeste de Santa Catarina. Pubvet. 2021; 15: 1-9.

22. Costa AM. O impacto econômico da mastite clínica e subclínica na atividade leiteira [monografia]. Palmas: Faculdade Católica do Tocantins; 2017.

23. Freitas A, Fernandes C, Martins, C, Saavedra MJ. Prevalência de *Staphylococcus saprophyticus* numa matriz alimentar: avaliação do perfil de suscetibilidade a antibióticos. XII Jornadas de Bioquímica; 2019.

Capítulo 35

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-35

MAPEAMENTO GLOBAL DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE MICROENCAPSULAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS ALIMENTARES: TENDÊNCIAS, IMPACTO E DIREÇÕES FUTURAS

Gean Carlos Targino Paixão[1]; Willyane Gomes Leal[2]; Maria Paula Lopes dos Anjos[2]

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: carlosgean31@gmail.com*
[1]Técnico em Agroindústria, Bacharelando em Agroindústria- CCHSA/UFPB
[2]Bacharelandas em Agroindústria-CCHSA/UFPB

Resumo: A microencapsulação de compostos fenólicos alimentares tem se destacado nas pesquisas científicas devido à sua capacidade de preservar e potencializar os benefícios bioativos desses compostos, reconhecidos por propriedades antioxidantes, anti- inflamatórias e antimicrobianas. Por serem sensíveis a fatores como luz, pH e temperatura, a microencapsulação oferece proteção e liberação controlada, ampliando sua aplicação em diferentes indústrias. Este estudo bibliométrico teve como objetivo mapear a produção científica global sobre essa técnica entre 2014 e 2023, identificando países, instituições, áreas de pesquisa mais produtivas e tendências emergentes. Os dados foram coletados na plataforma Web of Science, abrangendo artigos e revisões. Ferramentas como VOSviewer, SPSS e Excel foram usadas para processar os dados, identificar redes de colaboração e mapear termos emergentes. Conclui-se que o Brasil desta-se como o país com maior número de publicações e citações, seguido por Irã, Itália e Portugal. As principais áreas de pesquisa incluíram Ciência e Tecnologia de Alimentos, Química e Engenharia, enquanto os periódicos de maior relevância foram *Food Research International, Journal of Food Science, LWT - Food Science and Technology* e *Food Hydrocolloids*. As tendências apontaram avanços em métodos de encapsulação, estudos de biodisponibilidade e sinergias entre compostos fenólicos e probióticos, especialmente para benefícios à saúde intestinal. Apesar de uma leve redução nas publicações após 2022, o interesse na área permanece elevado, com potencial para inovações nas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética.

Palavras–chave: Bibliometria; Compostos fenólicos; Microencapsulação; VOSviewer

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem se intensificado a busca por substâncias funcionais que auxiliem na prevenção de doenças e na melhoria da saúde. Estudos mostram que muitos alimentos funcionais têm um impacto positivo na prevenção e no controle de diversas patologias (1). Nesse contexto, os compostos fenólicos têm ganhado destaque devido às suas propriedades bioativas, especialmente quando extraídos e adicionados a determinados alimentos, tornando-os funcionais.

Esses compostos têm potente capacidade antioxidante, além de propriedades antitumorais, anti-inflamatórias, antivirais e bactericidas, oferecem diversos benefícios ao organismo (2). A valorização desses compostos, devido às suas potentes atividades antioxidantes e benefícios à saúde humana, está sendo explorada por meio de abordagens inovadoras, como a extração seguida da microencapsulação (3). Esses compostos fenólicos são substâncias químicas caracterizadas pela presença de um anel aromático

com um ou mais grupos hidroxila (-OH), além de seus respectivos grupos funcionais (4). São substâncias químicas naturais encontradas em vegetais, frutas, grãos e bebidas, totalizando mais de 10.000 diferentes tipos (5).

Os compostos fenólicos são facilmente degradados durante a extração, processamento e armazenamento de alimentos. Eles são altamente sensíveis a fatores como luz, pH, temperatura, oxigênio e enzimas (6). Devido a esses fatores a microencapsulação apresenta uma técnica relevante em relação a manter a estabilidade desses compostos. Essa técnica é aplicada para proteger esses compostos, controlar a liberação e mascarar sabores desagradáveis, sendo útil para indústrias de alimentos, farmacêutica e cosméticos (7). Essa técnica consiste no processo de envolver componentes sólidos, líquidos ou gasosos em um revestimento contínuo, formando cápsulas de tamanho micrométrico a milimétrico. Tratando-se de uma abordagem eficaz para preservar esses compostos bioativos (8).

Diante disso, torna-se necessária uma pesquisa bibliométrica, capaz de mapear a produção global sobre essa temática e de oferecer subsídios para futuras investigações. A bibliometria desempenha um papel importante como uma ferramenta metodológica para analisar a evolução da pesquisa científica e do progresso tecnológico, pois possibilita o mapeamento da produção acadêmica e oferece um apoio valioso para a tomada de decisões estratégicas relacionadas ao gerenciamento da informação e à divulgação do conhecimento (9,10).

O objetivo deste trabalho é realizar o mapeamento da produção científica global sobre a microencapsulação de compostos fenólicos alimentares, destacando os países mais produtivos e citados, as principais áreas de pesquisa, os periódicos de maior impacto, as instituições mais produtivas, anos de publicações e as tendências emergentes para futuras investigações no campo.

MATERIAL E MÉTODOS

BASE DE DADOS

A base escolhida foi a *Web of Sciense* devido a sua grande relevância no cenário acadêmico. De acordo com a Clarivate® (11) tem 16 bancos de dados interdisciplinares com mais de 34.000 periódicos acadêmicos, além de conferências, monografias, resenhas e vários outros trabalhos acadêmicos, com dados rastreáveis até o ano de 1864.

ESTRATÉGIA DE BUSCA, SELEÇÃO E COLETA DOS DADOS

A coleta dos dados foi realizada no dia 9 de novembro de 2024, utilizando os termos *microencapsulation of food phenolic compounds* no campo de busca. A pesquisa foi delimitada para localizar esses termos apenas nos tópicos dos trabalhos, abrangendo título, palavras-chave, os termos plus e palavras-chave dos autores. O período de análise foi delimitado aos últimos dez anos, filtrando os dados entre 1º de janeiro de 2014 e 31 de dezembro de 2023. O ano de 2024 foi excluído da análise, considerando que os dados completos desse ano ainda não estavam disponíveis, garantindo a consolidação total das informações analisadas.

Após o retorno dos resultados, uma filtragem foi realizada, selecionando exclusivamente artigos e artigos de revisão, conforme ilustrado no fluxograma apresentado na Figura 1.

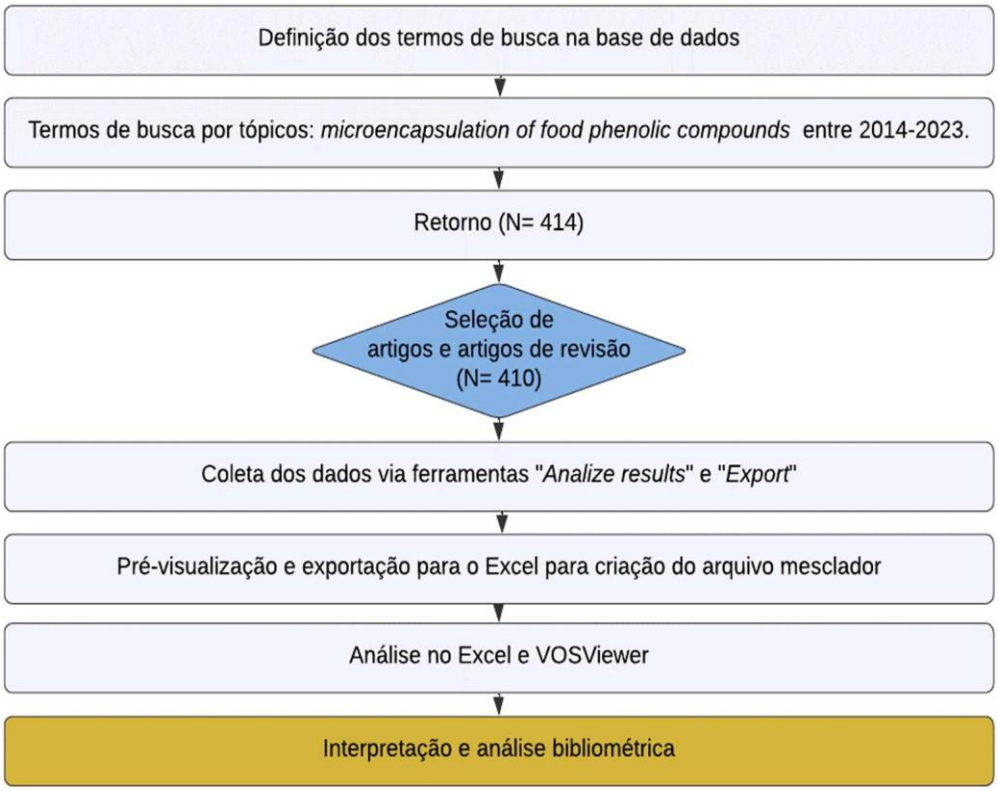


Figura 1- Fluxograma de estratégia de busca, seleção e coleta dos dados. Fonte: Próprios autores (2024).

Após esse refinamento, os dados relacionados aos anos de publicação, principais instituições e áreas de pesquisa, foram coletadas pela ferramenta da plataforma "*Analyze Results*" e para a análise dos termos tendências em pesquisas futuras e principais periódicos foram extraídas pela ferramenta " *Export*".

ANÁLISE DOS DADOS

Após a coleta, os dados obtidos por meio da ferramenta "*Analyze Results*" foram analisados no Excel, versão 2408 e SPSS versão 25. Já os dados extraídos pela ferramenta "*Export*" foram inicialmente processados no VOSviewer, versão 1.6.20, para identificar termos sinônimos e plurais. Posteriormente, esses dados foram exportados para o Excel para a criação de um arquivo mesclador (*Thesaurus*), com o objetivo de garantir a correta contabilização das informações. O VOSviewer é um software especializado na criação e análise de mapas de redes em contextos acadêmicos e sociais. Ele realiza análises detalhadas de coautoria, coocorrência, citações e cocitações, apresentando os resultados de forma visual, utilizando diferentes tipos de representações gráficas (12).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ANÁLISE DESCRITIVA DOS DADOS

Após a busca realizada, a base de dados retornou um total de 410 documentos após seleção, sendo 359 artigos originais e 51 artigos de revisão. Desses, 408 estavam escritos em inglês, enquanto 2 estavam escritos em espanhol.

ANÁLISE DOS PAÍSES MAIS PRODUTIVOS E SUAS CITAÇÕES

Um total de 56 países apresentaram estudos que envolvem a microencapsulação de compostos fenólicos alimentares, dentre esses, temos os 7 mais produtivos e suas respectivas citações apresentadas na Figura 2 (A e B).

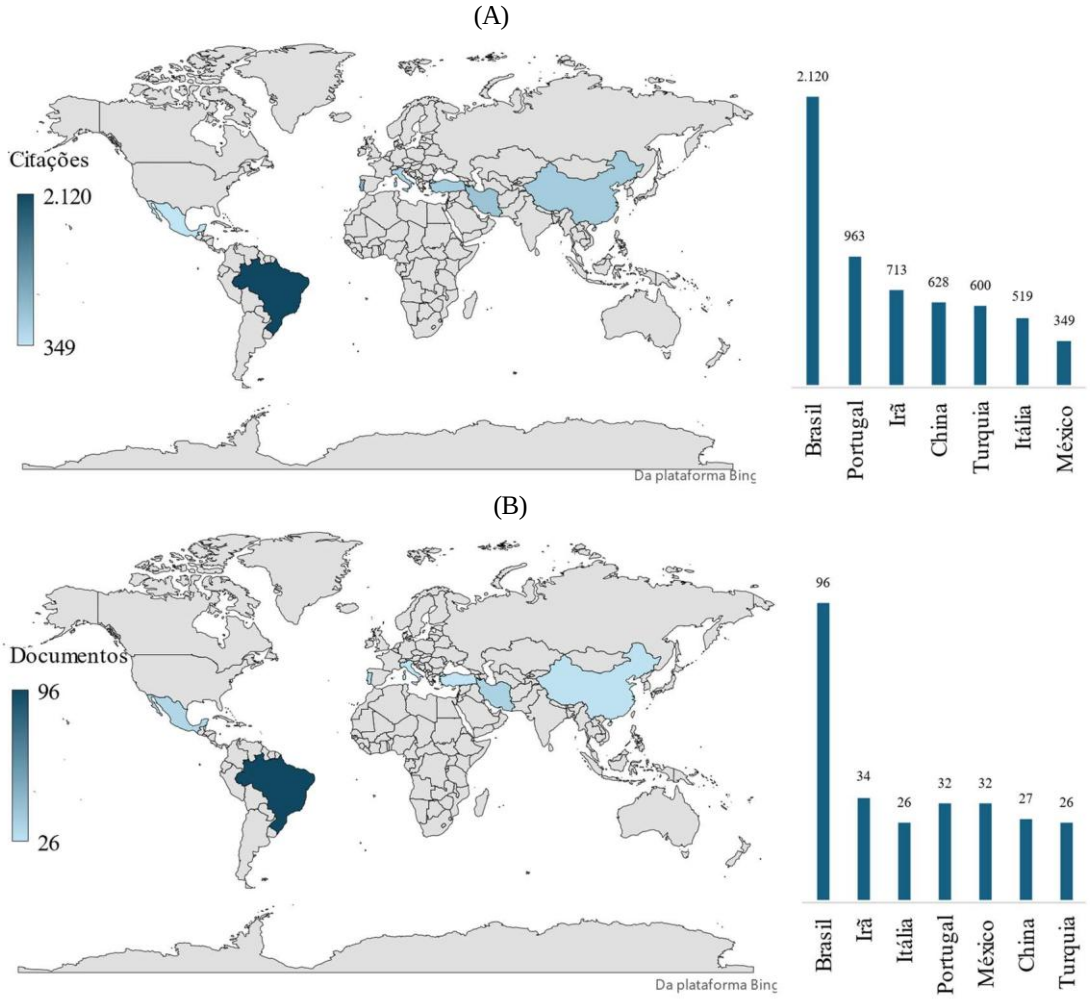


Figura 2- (A) Citações dos (B) 7 países mais produtivos. Fonte: Próprios autores (2024).

O Brasil tem diferença significativa em termos de número de documentos (96), refletindo um nível robusto de produção científica, e também possui o maior número de citações (2.120), sugerindo que os trabalhos acadêmicos brasileiros exercem uma influência relevante e são amplamente citados dentro da disciplina. Esse destaque pode estar diretamente relacionado à vasta biodiversidade e extensão territorial do país, que abriga uma flora rica em substâncias bioativas, de grande relevância socioeconômica e potencial comercial (13), além do Brasil ser um dos líderes em produção de alimentos no mundo (14), mostrando-se adequado às tendências de alimentos funcionais e liderando essas pesquisas. Essa riqueza permite o uso de diversas matérias-primas para pesquisas

relacionadas aos compostos fenólicos e as técnicas necessárias para garantir a estabilidade desses compostos. Os demais países aparecem com números similares, não diferindo em mais de 8 documentos entre eles.

O Irã quanto a Itália exibe níveis moderados de produção, com 34 e 26 documentos, respectivamente. No entanto, ambos os países também demonstram elevadas contagens de citações (713 para o Irã e 519 para a Itália), o que implica um impacto notável, apesar de um volume comparativamente menor de publicações.

As nações do México e de Portugal têm 32 documentos publicados, apresentando uma disparidade no impacto da citação. Portugal se distingue com 963 citações, em contraste com as 349 do México, o que sugere que a produção de pesquisa em Portugal, apesar de ter um volume similar, possui maior importância ou qualidade.

Por outro lado, a China e a Turquia demonstram números de publicações de 27 e 26 documentos, respectivamente, com números de citações de aproximadamente 600. Embora ambas as nações contribuam com uma quantidade moderada de publicações acadêmicas, seu impacto na citação permanece inferior ao observado em países como Brasil e Portugal.

O grande interesse desses demais países, mesmo apresentando valores similares de estudos com essa temática, está relacionado com a crescente demanda por alimentos funcionais que podem ser consumidos de três formas distintas: por meio de alimentos industrializados enriquecidos com substâncias bioativas, através de encapsulados conhecidos como nutracêuticos, ou ainda pelo consumo direto do alimento em sua forma íntegra, preservando suas características naturais (1), cujo técnica da microencapsulação tem grande vantagem no quesito de criar uma camada protetora ao redor do composto bioativo, ajudando a minimizar suas limitações (15).

PRINCIPAIS ÁREAS DE PESQUISA

Um total de 24 áreas de pesquisa foram detectadas com estudos que envolvem a microencapsulação de compostos fenólicos alimentares, dentre elas, destacamos as 7 principais apresentadas na Figura 3.

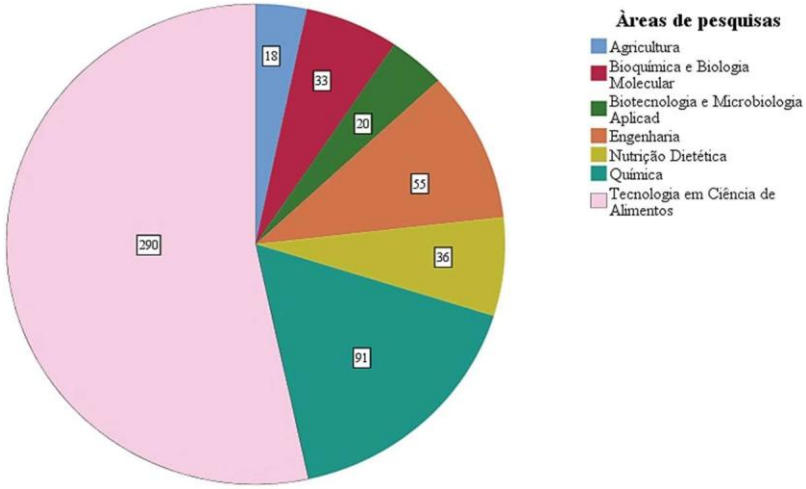


Figura 3- As 7 áreas de pesquisas mais produtivas sobre microencapsulação de compostos fenólicos alimentares. Fonte: Próprios autores (2024).

A área de Tecnologia em Ciência de Alimentos é a que mais se destaca, com 290 publicações, sendo a principal área de interesse e produção científica entre as listadas.

Em seguida, a área de Química ocupa o segundo lugar, com 91 publicações, embora menor em comparação à Tecnologia em Ciência de Alimentos.

As áreas de Engenharia e Nutrição e Dietética aparecem em terceiro e quarta posição, com 55 e 36 publicações, respectivamente, contribuindo de forma relevante para o total de publicações, embora em menor escala.

Já as áreas de Bioquímica e Biologia Molecular, Biotecnologia e Microbiologia Aplicada, e Agricultura possuem as menores representações, com 33, 20 e 18 publicações, respectivamente. Embora tenham uma participação menor, essas áreas ainda apresentam relevância no contexto geral das pesquisas.

Foi realizado um mapeamento dos artigos mais relevantes publicados na principal área, de Tecnologia em Ciência de Alimentos de acordo com a base de dados. Os dados sobre o ano de publicação, os autores envolvidos, o número de citações recebidas, o periódico onde foram publicados e o fator de impacto que reflete sua influência e reconhecimento na comunidade científica estão apresentados a seguir na Tabela 1.

Tabela 1- Os 10 documentos mais relevantes de acordo com a Web of Sciense entre 2014-2023 organizados por fator de impacto

Título	Ano	Autores/ Referência	Periódico	Citações	FI
Uma revisão sobre a tecnologia avançada de microencapsulação para aumentar a biodisponibilidade de compostos fenólicos: Com base em sua atividade no tratamento do diabetes tipo 2	2019	Chen, L; Gnanaraj, C; Teng, H (16)	Trends in Food Science and Technology	99	15.1
Derivação da valorização de compostos fenólicos a partir de subprodutos do azeite de oliva para aplicações alimentícias por meio de abordagens de microencapsulação: uma revisão abrangente	2021	Paulo, F; Santos, L (3)	Critical Reviews in Food Science and Nutrition	35	7.3
Probióticos e extratos vegetais: uma sinergia e sistemas de entrega promissores	2023	Holkem, AT; da Silva, MP; Favaro-Trindade, CS (22)	Critical Reviews in Food Science and Nutrition	16	7.3
Produção e caracterização de micropartículas lipídicas sólidas carregadas com extrato de semente de guaraná (Paullinia cupana)	2019	Silva, D; Thomazini, M; Fávaro-Trindade, CS (17)	Food Research International	29	7

Investigação da estabilidade de armazenamento, estabilidade de cozimento e características de cranberrybush liofilizado (*Viburnum opulus L.*) Microcápsulas de frutas	2022	Alifaki, YÖ; Sakiyan, Ö; Isci, A (21)	Food and Bioprocess Technology	13	5.3
Produção de Maracujá Probiótico (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Deg.*) Bebida com Lactobacillus reuteri e microencapsulação via spray drying	2020	Monteiro, SS; Oliveira, YAS; Pasquali, MAD (19)	Foods	35	4.7
Microencapsulação de compostos fenólicos extraídos do tegumento de sementes de soja por atomização	2023	Bergesse, AE; Asensio, CM; Nepote, V (24)	Journal of Food Science	2	3.2
Abordagens inovadoras para microencapsulação de compostos bioativos e probióticos: uma revisão atualizada	2022	Neekhra, S; Pandith, JA; Sheikh, RA (23)	Journal of Food Processing and Preservation	8	2
Caracterização de microcápsulas de pó fenólico obtido de bagaço de morango	2019	Tártaro, BC; Sumnu, G; Oztop, M (18)	Journal of Food Processing and Preservation	6	2
Microencapsulação atomizada de compostos bioativos da farinha de feijão (*Phaselus vulgaris, L.*): otimização, atividade funcional e armazenamento	2023	Cruz-Bravo, RK; Guajardo-Flores, D; Falfán-Cortés, RN (20)	CYTA - Journal of Food	35	2

FI= Fator de impacto da revista

Os estudos destacados na Tabela 1 abordaram diversas investigações importantes dentro da Ciência de Alimentos, com enfoques variando desde a caracterização de compostos bioativos até o desenvolvimento de novos processos e tecnologias voltadas para a segurança e qualidade alimentar. Esses estudos aprofundaram a compreensão dos compostos funcionais e propriedades antioxidantes de diferentes alimentos, o que contribui para o avanço em tecnologias que preservam a integridade dos nutrientes e melhoram a estabilidade dos produtos alimentícios (3), (16), (17). Pesquisas também exploraram técnicas inovadoras de processamento e conservação, como métodos de

encapsulamento e revestimento comestível, que visam prolongar a vida útil e assegurar a qualidade sensorial dos produtos (18), (19), (20).

Além disso, houve investigações focadas nos aspectos microbiológicos e na aplicação de compostos antimicrobianos naturais, destacando-se por seus impactos na segurança alimentar e no controle de patógenos (21), (22). Por fim, alguns estudos dedicaram-se ao desenvolvimento de alternativas sustentáveis e aproveitamento de resíduos alimentares, com o objetivo de diminuir o desperdício e criar novos produtos com valor agregado, refletindo uma tendência cada vez mais forte no setor de alimentos (23), (24).

Observa-se que, entre os 10 documentos mais relevantes, 6 foram publicados nos periódicos mais citados apresentados no tópico seguinte na Figura 4, onde dois foram publicados no *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, e um em cada um dos seguintes periódicos: *Trends in Food Science and Technology*, *Food Research International*, *Foods*, e *Food and Bioprocess Technology*.

PERIÓDICOS MAIS CITADOS

Foi encontrado um total de 126 periódicos que publicam nessa temática em todo o mundo, dos quais temos o destaque refletido em círculos ou nós na Figura 4, onde se apresentam 20 periódicos, os quais apresentaram ter no mínimo 5 citações. Os links representam as citações que interagem entre uma e outra revista. As cores indicam um agrupamento dos quais têm mais elos entre citações.

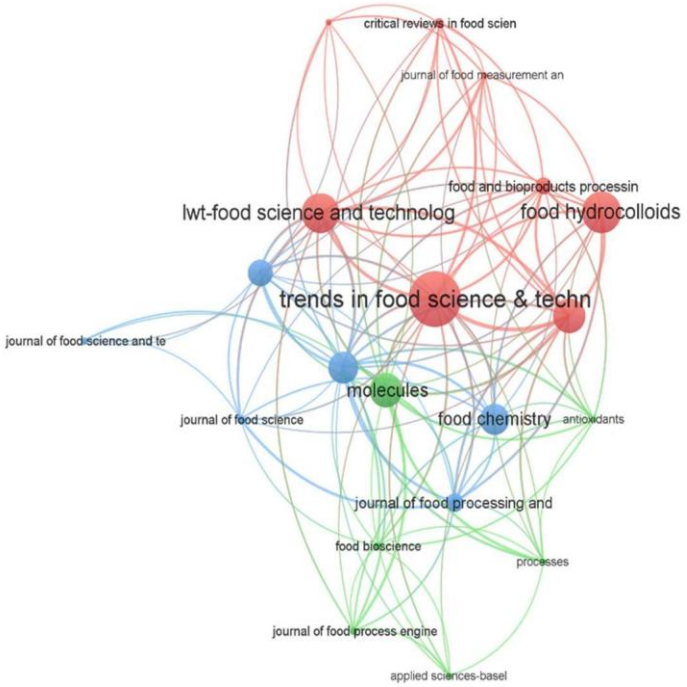


Figura 4- Gráfico de networks de citações entre os 20 principais periódicos. Fonte: Próprios autores (2024).

Observa-se que os 8 principais periódicos que possuem o maior número de citações nessa temática são *Trends in Food Science & Technology* (Reino Unido), com

775 citações; *Food Hydrocolloids* (Reino Unido), com 581; *IWT-Food Science and Technology* (Alemanha), com 559; *Food and Bioprocess Technology* (Estados Unidos), com 483; *Molecules* (Suíça), com 481; *Foods* (Suíça), com 450; *Food Chemistry* (Reino Unido), com 429; e *Food Research International* (Canadá), com 375. Esses dados são importantes devido ao aumento do número de revistas científicas, exigindo a criação de critérios para selecionar as mais relevantes, seja para aquisição por bibliotecas, escolha de veículo de publicação ou acompanhamento de avanços nas áreas de pesquisa cujas citações são demonstrações de impacto dos trabalhos nos quais estão publicados. Sendo mais um critério para a seleção dos mesmos.

PRINCIPAIS INSITUIÇÕES DE PESQUISA

Analisando as insituições de pesquisa nessa temática, um total de 554 instituições ao redor do mundo apresentaram publicações sobre microencapsulação de compostos fenólicos alimentares, sendo apresentadas na Tabela 2 as 10 mais produtivas. As principais instituições de pesquisa desempenham um papel fundamental na divulgação precisa e objetiva de novas descobertas, sustentando a integridade científica e promovendo os valores essenciais da pesquisa (25).

Tabela 2- As 10 instituições de pesquisas mais produtivas do mundo sobre microencapsulaçaõ de compostos fenólicos alimentares

Institutituições	**Documentos**	**País**
Universidade de São Paulo	23	Brasil
Universidade Islâmica Azad	18	Irã
Universidade do Porto	17	Portugal
Universidade Dunărea de Jos Galati	12	Romênia
Universidade Estadual de Campinas	12	Brasil
Gorgan University of Agricultural Sciences e Recursos Naturais	10	Irã
Instituto Politécnico Nacional, México	7	México
Universidade Federal de Pelotas	7	Brasil
Universidade de Novi Sad	7	Sérvia
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)	6	Espanha

O Brasil se destaca como o país com maior número de contribuições, contando com três instituições na lista: Universidade de São Paulo (USP), com 23 documentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), com 12 documentos, e Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), com 7 documentos corroborando dados que mostram sua liderança em pesquisas na Figura 2. Esse forte protagonismo brasileiro reflete o esforço contínuo dessas universidades na produção acadêmica e científica, especialmente a USP e a UNICAMP, reconhecidas como referências em qualidade de pesquisa na América Latina.

O Irã também ocupa uma posição relevante com duas instituições listadas: a Universidade Islâmica Azad, com 18 documentos, e a Gorgan University of Agricultural Sciences e Recursos Naturais, com 10 documentos.

Outras contribuições relevantes vêm da Europa, com destaque para a Universidade do Porto, em Portugal, com 17 documentos, e a Universidade Dunărea de Jos Galati, na Romênia, com 12 documentos.

A América Latina também é representada pelo Instituto Politécnico Nacional, no México, com 7 documentos, que é uma das instituições mais prestigiadas da região e se destaca pela produção científica significativa. Além disso, a Universidade de Novi Sad, da Sérvia, com 7 documentos, contribui para visibilizar o potencial acadêmico do Leste Europeu, consolidando-se como uma instituição ativa na pesquisa.

Por fim, a presença do Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) na lista, com 6 documentos, reflete o papel fundamental da Espanha na pesquisa científica europeia. O CSIC, como uma das principais instituições multidisciplinares de pesquisa, enfatiza o compromisso espanhol com o avanço científico e tecnológico.

De maneira geral, essa análise evidencia uma ampla representatividade de países com forte impacto na produção científica. O Brasil e o Irã se destacam pelo número de instituições envolvidas, enquanto outros países europeus e latino-americanos consolidam a importância da cooperação e do intercâmbio científico globalizado, demonstrando o esforço conjunto de diversas regiões em prol do desenvolvimento do conhecimento em áreas distintas.

TÊNDENCIAS DE PESQUISAS FUTURAS E DISTRIBUIÇÃO ANUAL DE PUBLICAÇÕES (2019-2023)

A análise retornou um total de 1.057 termos ou palavras-chave nos 410 documentos. Foram selecionados os termos com no mínimo 5 coocorrências, dos quais 39 atenderam a esse critério. Na Figura 5, é apresentado um panorama temporal entre 2019 e 2023, destacando os termos que têm sido mais estudados de forma escalonada. As cores distintas indicam essa periodicidade, com a variação de amarelo para vermelho refletindo os termos mais recentes, evidenciando as tendências desse campo de pesquisa.

Esse tipo de análise pode oferecer informações sobre os tópicos centrais de um tema em uma determinada área geográfica ou durante um período específico (26). De acordo com (27), a análise das palavras-chave revela diferentes temas emergentes e padrões de pesquisa predominantes, com base na frequência com que esses termos são utilizados ou mais frequentemente referenciados.

Os termos recentemente mais estudados são “otimização”, "metodologia de superfície de resposta", “digestão *in vitro*”, “ultrassom”, “extração” e “probióticos”. Os termos identificados na análise bibliométrica sobre a microencapsulação de compostos fenólicos alimentares indicam várias direções promissoras para futuras pesquisas. A otimização dos processos de microencapsulação visa aumentar a eficiência e a eficácia na proteção e liberação controlada dos compostos fenólicos. A metodologia de superfície de resposta aponta para o uso de técnicas estatísticas para melhorar as condições de encapsulação, identificando os parâmetros mais relevantes. A pesquisa sobre digestão *in vitro* foca na avaliação da liberação desses compostos durante o processo digestivo, explorando sua biodisponibilidade. O uso de ultrassom como técnica de processamento sugere a busca por métodos mais eficientes e menos invasivos para a formação de microcápsulas. Além disso, a extração eficiente de compostos fenólicos de fontes naturais também será um tema relevante. Finalmente, a interação de compostos fenólicos com probióticos indica um interesse crescente em explorar seus benefícios combinados para a saúde intestinal, sugerindo um campo promissor para a pesquisa sobre sinergias entre compostos bioativos e a microbiota intestinal.

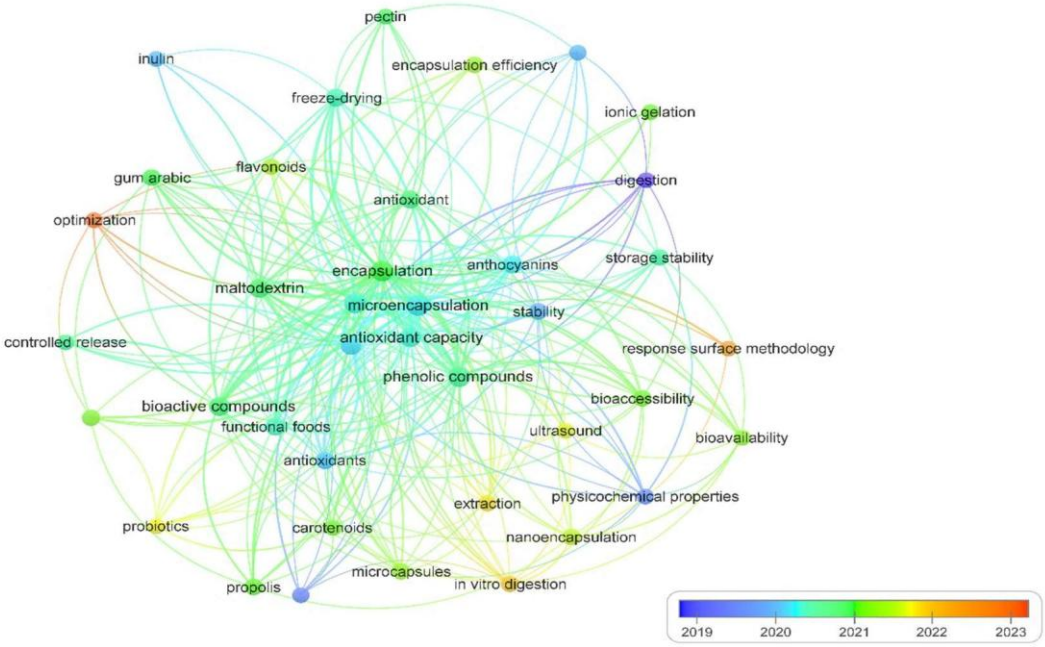


Figura 5- Distribuição temporal dos termos estudados entre 2019 e 2023. Fonte: Próprios autores (2024).

A Figura 6 ilustra a evolução anual do número de documentos publicados sobre a microencapsulação de compostos fenólicos alimentares no período de 2014 a 2023. É possível observar um aumento contínuo e expressivo na produção científica, saindo de apenas 2 publicações em 2014 para um pico de 95 em 2022. Esse crescimento reflete a importância crescente do tema, impulsionado pelo interesse da indústria alimentícia em tecnologias que preservem e melhorem a funcionalidade de compostos bioativos.

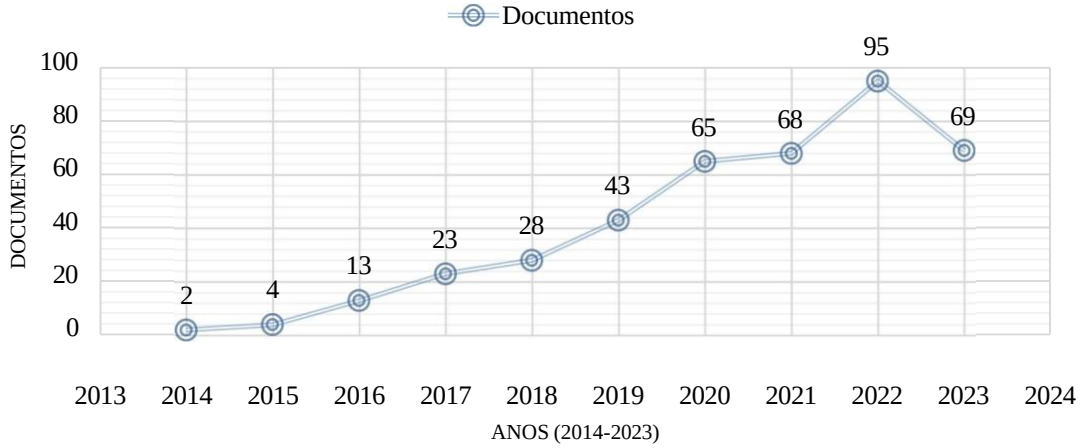


Figura 6- Distribuição anual dos documentos entre 2014 e 2023. Fonte: Próprios autores (2024).

Entre 2020 e 2021, mesmo com os desafios globais impostos pela pandemia de COVID-19, a produção manteve uma tendência de crescimento, o que pode ser atribuído à adaptação da comunidade científica às novas condições de trabalho e ao foco em tecnologias alimentares que atendam às demandas de saúde e sustentabilidade.

No entanto, a partir de 2022, há uma queda acentuada no número de publicações (69 em 2023). Esse declínio pode ser interpretado como parte de um ciclo natural de pesquisa, onde áreas consolidadas tendem a apresentar uma redução no ritmo de publicações à medida que os avanços iniciais se estabilizam e novos desafios científicos emergem. Ainda assim, o número de documentos publicados em 2023 continua significativamente superior aos níveis observados antes de 2022, o que demonstra a relevância contínua da área.

CONCLUSÕES

A presente análise evidencia o crescente interesse científico pela microencapsulação de compostos fenólicos alimentares, uma tecnologia promissora para a preservação e liberação controlada de compostos bioativos. Nos últimos dez anos, houve um aumento expressivo nas publicações, com países como Brasil, Irã, Itália e Portugal desempenhando papéis de destaque tanto em volume quanto em impacto de citação. As principais áreas de pesquisa, como Ciência e Tecnologia de Alimentos, Química e Nutrição Dietética, demonstram o caráter interdisciplinar do tema e seu potencial para aplicações nas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética.

Os avanços recentes destacam técnicas e conservação, além do uso de materiais naturais, como polissacarídeos e proteínas, que contribuem para a estabilidade e biodisponibilidade dos compostos fenólicos, alinhando-se às demandas por soluções sustentáveis. Ademais, as tendências de pesquisa apontam para o desenvolvimento de métodos mais eficientes de encapsulação, estudos sobre biodisponibilidade e investigações sobre sinergias entre compostos fenólicos e probióticos para benefícios à saúde intestinal.

Os principais periódicos que publicam sobre o tema incluem *Food Research International, Journal of Food Science, LWT - Food Science and Technology* e *Food Hydrocolloids*, reforçando a relevância e o impacto da área na ciência. Apesar de uma leve redução no número de publicações após 2022, o tema permanece altamente relevante, refletindo o contínuo interesse por tecnologias inovadoras voltadas à funcionalidade e sustentabilidade de compostos bioativos.

REFERÊNCIAS

1. Rocha BR, Maciel EA, Oliveira SRM, Terence YS, Silva BA. Influência Dos Alimentos Funcionais Na Incidência Das Doenças CrônicasNão Transmissíveis (Dcnt). Intercont J Phys Educ. 2021;3(1):1–20.

2. Verruck S, Prudencio ES, Silveira SM da. Compostos Bioativos Com Capacidade Antioxidante E Antimicrobiana Em Frutas. Rev do Congr Sul Bras Eng Aliment. 2018;4(1): 111-124.

3. Paulo F, Santos L. Deriving valorization of phenolic compounds from olive oil

by-products for food applications through microencapsulation approaches: a comprehensive review. Crit Rev Food Sci Nutr. 2021; 61(6):920–945.

4. Alves Morais R, Leonardo dos Santos A, Matos Silva Sousa H, Mariane da Silva Soares C, Lopes da Silva D, Aparecida de Souza Martins G. Determinação Dos Compostos Fenólicos Totais Em Cascas De Frutas Encontradas No Cerrado Brasileiro. DESAFIOS - Rev Interdiscip da Univ Fed do Tocantins. 2020;7(Especial):26–33.

5. Pokhrel S. Perfil Químico E Propriedades Antidiabéticas De Compostos Fenólicos Da Fibra De Caju. Αγαη. 2024;15(1):37–48.

6. Renard CMGC. Extraction of bioactives from fruit and vegetables: State of the art and perspectives. LWT. 2018 Jul 1;93:390–395.

7. Timilsena YP, Haque MA, Adhikari B, Timilsena YP, Haque MA, Adhikari B. Encapsulation in the Food Industry: A Brief Historical Overview to Recent Developments. Food Nutr Sci. 2020;11(6):481–508.

8. Capanoglu E, Nemli E, Tomas-Barberan F. Novel Approaches in the Valorization of Agricultural Wastes and Their Applications. J Agric Food Chem. 2022; 70(23):6787–6804.

9. Okubo Y. Bibliometric Indicators and Analysis of Research Systems. Paris. (OECD Science, Technology and Industry Working Papers; 1997.

10. Corrêa NF, Filho ACP, de Oliveira Ribeiro V, Diodato JO. Cienciometria E Bibliometria Do Estudo De Geotecnologias E Saneamento Na Região De Porto Murtinho-MS. Rev Gestão Soc e Ambient. 2024; 18(2):1–14.

11. CLARIVATE. Bases de Dados para a busca de Artigos e Análises Bibliométricas. Web Science Group. 2020.

12. Arruda H, Silva ER, Lessa M, Proença D, Bartholo R. VOSviewer and Bibliometrix. J Med Libr Assoc. 2022;110(3):392-395.

13. Salvadori NM, Castagna G, Weis C. Frutas nativas da região sul do Brasil: conhecimento e hábito de consumo. Nutr Bras. 2024; 22(6):605–618.

14. Freitas RE. Expansão de área agrícola no Brasil segundo as lavouras temporárias. Brasília; 2022.

15. Aguiar J, Estevinho BN, Santos L. Microencapsulation of natural antioxidants for food application – The specific case of coffee antioxidants – A review. Trends Food Sci Technol. 2016 Dec 1;58:21–39.

16. Chen L, Gnanaraj C, Arulselvan P, El-Seedi H, Teng H. A review on advanced microencapsulation technology to enhance bioavailability of phenolic compounds: Based on its activity in the treatment of Type 2 Diabetes. Trends

Food Sci Technol. 2019;1;85:149–162.

17. Silva MP, Thomazini M, Holkem AT, Pinho LS, Genovese MI, Fávaro-Trindade CS. Production and characterization of solid lipid microparticles loaded with guaraná (*Paullinia cupana*) seed extract. Food Res Int. 2019; 1;123:144–52.

18. Cilek Tatar B, Sumnu G, Oztop M. Microcapsule characterization of phenolic powder obtained from strawberry pomace. J Food Process Preserv. 2019; 43(6): 587-596.

19. Monteiro SS, Beserra YAS, Oliveira HML, de Bittencourt Pasquali MA. Production of Probiotic Passion Fruit (Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Deg.) Drink Using Lactobacillus reuteri and Microencapsulation via Spray Drying. Foods. 2020; 9(3):335.

20. Cruz-Bravo RK, Guajardo-Flores D, Gómez-Aldapa CA, Castro-Rosas J, Navarro-Cortez RO, Díaz-Batalla L, et al. Spray-dried microencapsulation of bean coat flour (Phaselus vulgaris, L.) bioactive compounds: optimization, functional activity, and storage. CyTA - J Food. 2023; 21(1):493–501.

21. Alifakı YÖ, Şakıyan Ö, Isci A. Investigation of Storage Stability, Baking Stability, and Characteristics of Freeze-Dried Cranberrybush (Viburnum opulus L.) Fruit Microcapsules. Food Bioprocess Technol. 2022; 15(5):1115–32.

22. Holkem AT, Silva MP da, Favaro-Trindade CS. Probiotics and plant extracts: a promising synergy and delivery systems. Crit Rev Food Sci Nutr. 2023; 63(28):9561–9579.

23. Neekhra S, Pandith JA, Mir NA, Manzoor A, Ahmad S, Ahmad R, et al. Innovative approaches for microencapsulating bioactive compounds and probiotics: An updated review. J Food Process Preserv. 2022; 46(11):e16935.

24. Bergesse AE, Asensio CM, Quiroga PR, Ryan LC, Grosso NR, Nepote V. Microencapsulation of phenolic compounds extracted from soybean seed coats by spray-drying. J Food Sci. 2023; 88(11): 4457-4471.

25. Zhu W, Liu C, Fan S, He Z. Performance Evaluation and Influencing Factors of Scientific Communication in Research Institutions. Syst. 2024; 12(6):192.

26. Wei YM, Mi ZF, Huang Z. Climate policy modeling: An online SCI-E and SSCI based literature review. Omega (United Kingdom). 2015; 1;57:70–84.

27. Rodríguez-Rojas A, Arango Ospina A, Rodríguez-Vélez P, Arana-Florez R. ¿What is the new about food packaging material? A bibliometric review during 1996–2016. Trends Food Sci Technol. 2019; 1;85:252–261.

Capítulo 36

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-36

VALORIZAÇÃO DE SEMENTES DE INGÁ (*Inga laurina* Willd) PELO USO DE TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL PARA A EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS

Déborah Cristina Barcelos Flores Righi [1*]; Anelise Pigatto Bissacotti [1];Vanessa Ramos do Nascimento [2]; Cezar Augusto Bizzi [2]; Naila Peil Marcuzzo [1]; Andressa Inês Schú [1]; Duane Soares Vieira [1]; Flávia Michelon Dalla Nora [1]

[1] Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Centro de Ciências Rurais, Departamento de Ciência e Tecnologia em Alimentos, Avenida Roraima, 1000, Bairro Camobi, 97105-900, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.
[2] Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Centro de Ciências Naturais e Exatas, Departamento de Química, Avenida Roraima, 1000, Bairro Camobi, 97105-900, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.

**Autor correspondente – e-mail: deborahbflores@gmail.com*

Resumo: O estudo teve por objetivo valorizar as sementes de *Inga laurina* (Sw.) Willd por meio da otimização das condições de extração dos seus compostos bioativos fazendo-se uso da tecnologia sustentável de ultrassom, além de compará-la com o método convencional. Frutos de *I. laurina* Willd foram colhidos e as suas sementes separadas e submetidas à pré-secagem, moagem, peneiramento e acondicionamento. Em seguida, realizou-se a extração dos compostos fenólicos, flavonoides e capacidade antioxidante por meio dos métodos de extração convencional por maceração e emergente por sonda ultrassônica a 20 kHz e 130 W, determinação e quantificação destes. Ao utilizar o método de maceração obteve-se maiores concentrações de compostos bioativos nas condições de 70 ºC, 0,5 g de amostra, 70% de etanol e 35 min, sendo iguais a 110,86 ± 2,21 mg EAG g^{-1} de compostos fenólicos totais, 28,75 ± 0,55 mg EQ g^{-1} de flavonoides totais, 43,41 ± 1,44 µmol TEAC g^{-1} de capacidade antioxidante e 7,02 ± 2,33 mg mL^{-1} para IC_{50}. Sob as mesmas condições ótimas de extração por maceração, porém durante 15 min, obteve-se as maiores concentrações de bioativos por sonda ultrassônica, sendo estas iguais a 140,21 ± 0,05 mg EAG g^{-1}, 46,12 ± 1,53 mg EQ g^{-1}, 63,05 ± 2,90 µmol TEAC g^{-1} e 3,74 ± 0,94 mg mL^{-1} para compostos fenólicos, flavonoides totais, capacidade antioxidante e IC_{50}, respectivamente. A sonda ultrassônica, em comparação com o método convencional, demonstrou ser eficiente na extração de compostos bioativos das sementes de *I. laurina.*

Palavras–chave: atividade antioxidante; compostos fenólicos; extração assistida por ultrassom; extração convencional; método de extração sustentável e emergente

INTRODUÇÃO

O *Inga laurina* (Sw.) Willd é uma planta tropical arbórea integrante da subfamília *Mimosoideae* das *Leguminoseae*, amplamente distribuída nas Américas Central e do Sul (1). Popularmente conhecido como ingá branco (1) ou ingá-mirim, o *I. laurina* caracteriza-se por apresentar frutos constituídos por 41% de polpa, 39% de casca e 20%

de semente (2), com coloração variando entre verde a marrom conforme o estádio de maturação (3).

Em se tratando das sementes do *I. laurina*, fração não convencionalmente consumida, esta possui alto teor energético e de cinzas, proteínas e carboidratos, quando comparada a composição da casca e polpa (4). Já em relação aos constituintes fitoquímicos, poucos estudos têm explorado tal aspecto nas sementes de *I. laurina*, porém foi evidenciado que representa uma importante fonte de compostos fenólicos (5,6), assim como outras espécies do fruto, nas quais também há variados antioxidantes (7-11).

Os compostos fenólicos são substâncias amplamente encontradas em vegetais e caracterizam-se por apresentarem em sua estrutura química um ou mais grupos fenólicos, ou seja, um anel de benzeno com um ou mais grupos hidroxila ligados a ele (12). Ao serem consumidos, os compostos fenólicos promovem diversos benefícios ao organismo humano, em virtude de possuírem ação antioxidante, responsável por proteger as células do corpo da atuação de radicais livres, e anti-inflamatória (12), além de exercerem efeito anticancerígeno, antimutagênico, antialérgico e antienvelhecimento (13).

Dentre os compostos fenólicos estão os flavonoides, os quais são promotores de saúde, prevenindo o desenvolvimento de doenças crônicas (14). Estudos de revisão permitiram identificar que os flavonoides apresentam potencial terapêutico e preventivo quanto às doenças cardiovasculares, neurodegeneração, diabetes, inflamação, distúrbios autoimunes e câncer (14,15). Por isso, a ingestão diária de fontes de flavonoides é recomendada.

Diante do contexto exposto, o interesse em extrair compostos fenólicos e flavonoides de alimentos aumentou, assim como o de superar as limitações dos métodos de extração convencionais, por meio de estratégias mais sustentáveis. Conforme Waseem *et al*. (16), a extração de compostos bioativos de alimentos não deve comprometer a sustentabilidade.

As técnicas de extração convencionais como, por exemplo, a maceração, são desvantajosas, pois demandam de maior quantidade de solventes, que por sua vez podem ser perigosos; prolongado tempo de extração e baixa seletividade e rendimento de extração (13). Em contrapartida, os métodos não convencionais são ecologicamente corretos, necessitando de menos produtos químicos sintéticos e orgânicos e tempo operacional, além de possibilitarem melhor rendimento e qualidade do extrato (17,18).

Nesse sentido, a extração assistida por ultrassom tem sido considerada uma das mais promissoras técnicas de extração emergentes (17). O ultrassom é resultante de ondas sonoras com faixa de frequência entre 20 kHz e 100 MHz, sendo inaudível pelo ser humano (17). As ondas de ultrassom são geradas por transdutores que convertem energia elétrica ou mecânica em sonora por meio de vibrações mecânicas (19), que se propagam em ciclos alternados de compressão e expansão, resultando na produção, crescimento e colapso de bolhas, fenômeno denominado de cavitação (17), através do qual se dá a extração dos compostos de interesse dos alimentos. Assim, a extração por ultrassom é um método verde, acessível, simples e rápido, permitindo a obtenção de componentes termolábeis (13).

Entre os modelos de equipamentos de emissão de ultrassom, a sonda é a preferida (20), visto que é considerada mais potente, por haver menor dispersão de energia, assim como, se adequa à substratos com volumes menores (19).

Dessa forma, o presente estudo teve por objetivo valorizar as sementes de *Inga laurina* (Sw.) Willd por meio da otimização das condições de extração dos seus compostos bioativos fazendo-se uso da tecnologia sustentável de ultrassom, além de compará-la com o método convencional.

MATERIAL E MÉTODOS

MATÉRIA-PRIMA

Entre março a junho de 2023, frutos de *I. laurina* (figura 1) foram colhidos no Campus da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) em Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Os frutos foram levados ao Núcleo Integrado de Desenvolvimento e Análises Laboratoriais (Nidal) da UFSM para seleção, abertura e retirada das sementes.

Figura 1 - Frutos de *Inga laurina* (Sw.) Willd e suas sementes, respectivamente
Fonte: Autores.

As sementes foram submetidas à pré-secagem conforme a metodologia descrita por Flores *et al*. (21), à 45 ± 5 °C por 48 h em estufa de circulação de ar forçada (Marconi, MA-035/100, Piracicaba, Brasil), seguida da moagem em moinho de facas (marca Willy, modelo SL-31), peneiramento a 20 *mesh* (Figura 2), acondicionamento em recipiente vedado e mantidas ao abrigo da luz em *freezer* (-18 °C) até o momento das análises.

Figura 2 - Frutos de *Inga laurina* (Sw.) Willd após pré-secagem e moagem, respectivamente
Fonte: Autores.

MÉTODOS DE EXTRAÇÃO

Extração convencional por maceração

A extração convencional por maceração (Figura 3) foi realizada conforme Flores *et al*. (21). Os extratos da semente do *I. laurina* foram preparados a partir das amostras previamente secas e moídas, utilizando solvente hidroalcoólico, e empregando-se um agitador magnético com aquecimento (WEALAB WEA - AA1030B).

Para a obtenção da melhor condição de extração dos compostos fenólicos, flavonoides e capacidade antioxidante, realizou-se testes variando o tempo (5, 15, 25 e 35 min), a temperatura (25, 40, 55 e 70 ºC), o peso de amostra (0,5; 2; 3,5 e 5 g) e a

concentração de etanol (30, 50, 70 e 90%), partindo-se de resultados preliminares para a condição fixa de extração 15 min, 70 ºC, 0,5 g de amostra e 70% de etanol. Por fim, cada extrato foi submetido a centrifugação (SH 120 – Centrilab, Brasil) a 3000 rpm por 15 min, filtrado e armazenado ao abrigo da luz à -18 °C.

Figura 3 - Extração por maceração e filtração do extrato, respectivamente
Fonte: Autores.

Extração emergente por sonda ultrassônica

A extração por sonda ultrassônica (VC-130; Sonics & Materials, Inc., Newtown, CT, EUA) operando a 20 kHz e com potência nominal de 130 W (Figura 4) ocorreu conforme metodologia descrita por Flores *et al*. (21).

Figura 4 - Extração por sonda ultrassônica e filtração do extrato, respectivamente
Fonte: Autores.

Os extratos das sementes de Ingá foram preparados a partir das amostras previamente secas e moídas e, em seguida, avaliou-se os parâmetros de extração conforme as mesmas condições de tempo, temperatura, massa de amostra e concentrações de etanol utilizadas no método de maceração. Por fim, os extratos foram submetidos a centrifugação (SH 120- Centrilab, Brasil) a 3000 rpm por 15 min, filtrados e armazenados ao abrigo da luz à -18 °C.

DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS

Conteúdo de compostos fenólicos totais

Para a determinação do conteúdo de fenólicos totais foi utilizado o método espectrofotométrico Folin-Ciocalteu (22) modificado por Roesler *et al*. (23). Já a quantificação de compostos fenólicos totais se deu a partir da elaboração de uma curva de calibração e a absorbância do extrato foi comparada com uma curva padrão de ácido gálico. A concentração do teor de fenólicos totais foi expressa em miligramas equivalente de ácido gálico por grama de amostra seca (mg EAG g^{-1}).

Conteúdo de flavonoides total

Para a determinação do conteúdo total de flavonoides foi utilizado o ensaio colorimétrico proposto por Zhishen, Mengcheng e Jianming (24). Realizou-se as leituras com a absorbância a 510 nm em espectrofotômetro (Biospectro, modelo: SP - 220), elaborou-se a curva de calibração e a absorbância do extrato foi comparada com uma curva padrão de quercetina. Por fim, o teor total de flavonoides foi expresso em mg equivalente de quercetina por grama de amostra seca (mg EQ g^{-1}).

Determinação da capacidade antioxidante

A atividade antioxidante foi determinada pela capacidade de eliminar radicais dos extratos em relação ao radical 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl (DPPH) (25). A capacidade de sequestrar radical livre foi calculada conforme a equação: $\%DPHH_{radicalscavenging} = [(A_0 - A_s) \div A_0] \times 100$, onde A_0 representa a absorbância controle e A_s corresponde a absorbância da amostra, sendo expressa como percentual de inibição de oxidação do radical. A atividade de eliminação foi medida através da diminuição da absorbância das amostras em comparação com o padrão DPPH.

O valor de IC_{50} foi determinado pela equação da reta plotada através dos resultados contendo os valores de concentração (mg mL^{-1}) utilizados no eixo X e os percentuais de proteção encontrados no eixo Y. Além disso, foi construída uma curva padrão de Trolox em µmol versus percentual de inibição, sendo o resultado expresso em µmol equivalentes de Trolox/g de amostra seca (µmol TEAC g^{-1}).

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os experimentos foram realizados em triplicata e os resultados apresentados como médias e desvio-padrão. As médias foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e, quando observada diferença significativa, realizou-se a comparação destas pelo teste de Tukey, com nível de significância de 5% ($p<0,05$), através do programa estatístico *Statistica*® 10.0 (Stat Soft, Inc., EUA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização da extração de compostos fenólicos de sementes de *I. laurina* por meio do método convencional de maceração, empregando-se diferentes tempos, temperaturas, peso de amostra e concentrações de etanol, verificou-se que as maiores concentrações foram obtidas sob as condições de 35 min (100,33 ± 4,41 mg EAG g^{-1}), 70 ºC (88,11 ± 0,96 mg EAG g^{-1}), 0,5 g de amostra (85,33 ± 3,33 mg EAG g^{-1}) e 70% de etanol (83,67 ± 1,67 mg EAG g^{-1}) (Tabela 1). Sob estas mesmas condições ótimas de extração de compostos fenólicos obteve-se as maiores concentrações de flavonoides totais; contudo, houve maior extração destas substâncias quando utilizado o máximo teor de álcool (90%).

Tabela 1 – Variação das condições de extração para maior obtenção de compostos bioativos de sementes de *Inga laurina* (Sw.) Willd através do método convencional por maceração

Extração convencional por maceração				
Tempo (min)	**Fenólicos totais (mg EAG g^{-1})**	**Flavonoides totais (mg EQ g^{-1})**	**DPPH (µmol TEAC g^{-1})**	**IC_{50} (mg mL^{-1})**
5	91,44 ± 2,55^{c}	26,43 ± 0,51^{b}	25,44 ± 1,40^{c}	11,21 ± 1,53^{c}
15	81,44 ± 0,96^{d}	26,92 ± 0,17^{c}	22,08 ± 0,44^{d}	12,86 ± 1,22^{d}
25	92,00 ± 1,67^{b}	26,53 ± 0,17^{b}	27,55 ± 1,32^{b}	10,42 ± 2,46^{b}
35	100,33 ± 4,41^{a}	28,70 ± 1,19^{a}	31,84 ± 0,75^{a}	8,77 ± 0,98^{a}
Temperatura (ºC)				
25	52,00 ± 1,67^{d}	25,84 ± 0,00^{d}	10,83 ± 0,34^{d}	23,61 ± 2,90^{d}
40	58,11 ± 2,55^{c}	26,03 ± 0,17^{c}	14,21 ± 1,84^{c}	21,08 ± 1,72^{c}
55	70,33 ± 1,67^{b}	27,12 ± 0,95^{b}	18,32 ± 0,57^{b}	15,62 ± 0,06^{b}
70	88,11 ± 0,96^{a}	29,79 ± 0,75^{a}	24,72 ± 2,45^{a}	12,63 ± 2,51^{a}
Peso de amostra (g)				
0,5	85,33 ± 3,33^{a}	26,33 ± 0,45^{a}	23,09 ± 2,89^{a}	12,03 ± 3,72^{a}
2	53,28 ± 0,24^{c}	7,47 ± 0,19^{b}	12,56 ± 1,97^{b}	17,55 ± 2,08^{b}
3,5	56,71 ± 0,48^{b}	4,61 ± 0,06^{c}	12,89 ± 3,76^{b}	22,71 ±1,85^{c}
5	41,76 ± 0,38^{d}	3,38 ± 0,05^{d}	8,64 ± 2,57^{c}	26,84 ± 2,31^{d}
Concentração de etanol (%)				
30	45,33 ± 1,67^{d}	26,03 ± 0,34^{c}	9,61 ± 1,84^{d}	25,21 ± 2,05^{d}
50	72,56 ± 2,55^{b}	26,13 ± 0,30^{b}	21,09 ± 3,94^{c}	14,33 ± 1,04^{c}
70	83,67 ± 1,67^{a}	26,82 ± 0,17^{b}	24,59 ± 2,75^{a}	13,54 ± 3,05^{b}
90	64,78 ± 2,55^{c}	29,49 ± 0,45^{a}	22,75 ± 3,86^{b}	12,90 ± 1,08^{a}

Fonte: Autores. Valores expressos como média ± desvio padrão. $^{a, b}$ Letras minúsculas equivalentes na mesma linha não apresentaram diferenças significativas pelo teste de Tukey (P> 0,05); $^{\cdot a, b}$ Letras minúsculas diferentes nas linhas indicam diferença estatística pelo teste Tukey (P <0,05) entre as condições de extração. EAG = equivalente a ácido gálico. EQ = Equivalente a quercetina, DPPH = 2, 2-difenil-1-picrilhidrazil. IC_{50} = A capacidade inibitória.

Em extrações de compostos fenólicos, flavonoides e antioxidantes, o solvente exerce papel fundamental, o que é confirmado no estudo conduzido por Martins *et al*. (26). Ao utilizarem hexano para a obtenção de extratos de *I. laurina* submetidos ao método convencional, os autores constataram teores iguais a 35,0 ± 0,1 mg EAG^{-1} e 33,6 ± 2,1 mg EQ^{-1} para fenólicos totais e flavonoides, respectivamente. Em contrapartida, os teores de compostos fenólicos totais (127,7 ± 0,1 mg EAG^{-1}) e flavonoides totais (133,1 ± 3,5 mg EQ^{-1}) foram maiores quando realizada a extração por método convencional com solução hidroetanólica de 95% durante 48 h. Diante dos resultados de Martins *et al*. (26), evidencia-se o alto poder de extração que o etanol apresenta, quando comparado a outros solventes. Além disso, o etanol é classificado como um solvente ambientalmente correto, pois é originado a partir de fontes renováveis, de baixo custo e não tóxicas, podendo ser utilizado em sistemas alimentares (27,28).

No que diz respeito à temperatura, esta é um fator importante para a extração de compostos fenólicos. Arina e Harisun (29), ao testarem a faixa de temperatura de 50 °C a 100 °C para a obtenção de extratos de *Quercus infectoriae*, verificaram maior quantidade de ácido tânico e atividade antioxidante a 75 °C. Tal resultado deve-se ao fato de que a viscosidade do solvente diminui em temperaturas mais altas, permitindo que mais compostos ativos sejam solubilizados.

Além do solvente e da temperatura, outros fatores são importantes durante a extração, sendo estes: o tempo e o peso da amostra. Assim, quanto maior o tempo e menor a quantidade de amostra, em geral, maiores são as concentrações de compostos bioativos obtidos (30).

Em se tratando da atividade antioxidante e capacidade de inibição (IC_{50}), estes parâmetros não diferiram das condições ótimas de extração identificadas para os compostos fenólicos totais e flavonoides totais, sendo as melhores condições observadas a 35 min, 70 ºC, 0,5 g de amostra e 70% de etanol, conforme pode ser observado na tabela 1. Salienta-se que o IC_{50} consiste na menor concentração de antioxidante necessária para inibir 50% da atividade dos radicais livres; por isso, quanto menor o valor de IC_{50}, mais potente é o antioxidante (31).

Ao utilizar o método sustentável de extração por sonda ultrassônica para a obtenção dos compostos fenólicos totais, constatou-se que as melhores condições são semelhantes daquelas identificadas para a maceração, diferindo apenas quanto ao tempo, o qual foi menor, apenas 15 min (Figura 5). A aplicação de ultrassom durante 15 min, além de permitir obter as maiores concentrações de compostos fenólicos totais, resultou em maiores extrações dos demais compostos bioativos em estudo (Tabela 2).

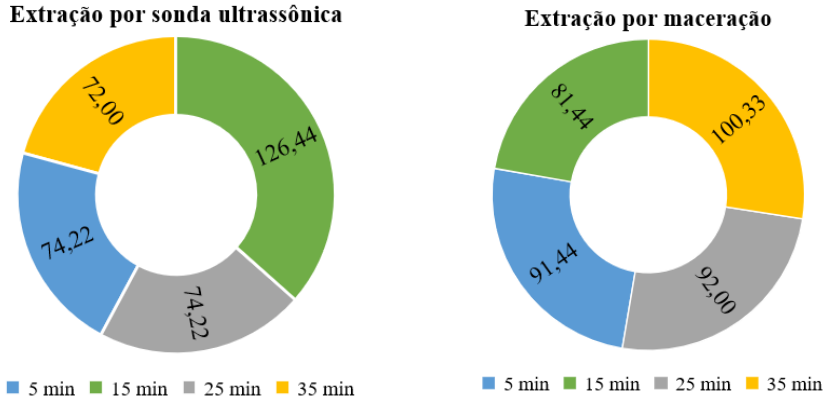


Figura 5 – Comparação entre os métodos de extração por maceração e sonda ultrassônica, respectivamente, em relação ao tempo de obtenção dos compostos fenólicos totais, expressos em mg EAG g^{-1}
Fonte: Autores.

A maior eficiência da sonda em menos tempo se deve a intensidade do ultrassom ser transmitido na ponta deste equipamento, gerando maiores densidades de potência, o que é chamado de ultrassom de alta potência ou disruptor de célula (>100 W/L). Desta forma, o ultrassom promove rápida ruptura das paredes celulares de amostras sólidas, possibilitando que o solvente atue imediatamente e, consequentemente, a taxa de transferência de massa seja maior (32). No entanto, Vinatoru (32) alerta para o fato de que a exposição prolongada de compostos fenólicos à sonicação causa a destruição das suas estruturas, o que, por sua vez, resulta em menor eficiência da extração. Por isso, estudos com o objetivo de avaliar as condições de extração de compostos bioativos são relevantes.

Tabela 2 – Variação das condições de extração para maior obtenção dos compostos bioativos das sementes de *Inga laurina* (Sw.) Willd através da extração por sonda ultrassônica

Extração por sonda de ultrassom				
Tempo (min)	**Fenólicos totais (mg EAG g^{-1})**	**Flavonoides totais (mg EQ g^{-1})**	**DPPH (µmol TEAC g^{-1})**	**IC_{50} (mg mL^{-1})**
5	74,22 ± 2,55^{b}	26,43 ± 0,00^{b}	23,02 ± 2,94^{b}	11,56 ± 0,57^{b}
15	126,44 ± 2,56^{a}	28,90 ± 0,45^{a}	45,02 ± 1,06^{a}	8,12 ± 1,64^{a}
25	72,22 ± 0,96^{c}	26,23 ± 0,34^{c}	24,93 ± 3,63^{b}	10,22 ± 1,24^{b}
35	72,00 ± 1,67^{d}	25,74 ± 0,17^{d}	19,65 ± 0,34^{c}	15,92 ± 2,70^{c}
Temperatura (ºC)				
25	59,22 ± 2,55^{c}	25,44 ± 0,17^{c}	23,56 ± 2,85^{b}	11,74 ± 1,33^{b}
40	58,11 ± 2,55^{c}	25,74 ± 0,18^{c}	14,76 ± 1,94^{d}	20,30 ± 2,96^{d}

55	64,22 ± 1,92[b]	26,13 ± 0,01[b]	16,87 ± 2,08[c]	13,93 ± 0,54[c]
70	94,78 ± 0,96[a]	29,39 ± 0,78[a]	30,12 ± 1,85[a]	9,64 ± 1,83[a]
Peso de amostra (g)				
0,5	104,78 ± 2,55[a]	26,33 ± 0,45[a]	36,87 ± 2,20[a]	7,12 ± 1,02[a]
2	52,58 ± 0,42[b]	7,32 ± 0,15[b]	12,93 ± 2,86[b]	22,75 ± 1,53[b]
3,5	46,08 ± 0,60[c]	4,58 ± 0,07[c]	10,81 ± 1,06[c]	23,94 ± 1,07[c]
5	42,70 ± 0,44[d]	3,28 ± 0,09[d]	8,33 ± 3,97[d]	25,14 ± 0,09[d]
Concentração de etanol (%)				
30	55,33 ± 1,67[d]	25,05 ± 0,17[d]	15,94 ± 2,90[d]	19,32 ± 2,05[c]
50	66,44 ± 0,96[c]	26,13 ± 0,30[c]	25,66 ± 3,06[c]	9,45 ± 1,52[b]
70	108,67 ± 3,33[a]	29,39 ± 0,78[a]	38,12 ± 0,06[a]	6,08 ± 2,90[a]
90	74,78 ± 1,92[b]	26,33 ± 0,34[b]	25,05 ± 1,25[b]	10,45 ± 2,43[b]

Fonte: Autores. Valores expressos como média ± desvio padrão. [a, b] Letras minúsculas equivalentes na mesma linha não apresentaram diferenças significativas pelo teste de Tukey (P> 0,05); [a, b] Letras minúsculas diferentes nas linhas indicam diferença estatística pelo teste Tukey (P <0,05) entre as condições de extração. EAG = equivalente a ácido gálico. EQ = Equivalente a quercetina, DPPH = 2, 2-difenil-1-picrilhidrazil. IC_{50} = A capacidade inibitória.

Após a quantificação das concentrações dos compostos bioativos extraídos por meio dos métodos convencional e emergente, foram realizadas novamente as extrações conforme as condições ótimas identificadas.

Para a extração convencional as melhores condições haviam sido de 35 min, 70 ºC, 0,5 g de amostra e 70% de etanol. Sob tais condições, foram obtidos 110,86 ± 2,21 mg EAG g^{-1} de compostos fenólicos totais, 28,75 ± 0,55 mg EQ g^{-1} de flavonoides totais, 43,41 ± 1,44 µmol TEAC g^{-1} de capacidade antioxidante e 7,02 ± 2,33 mg $mL^{-}1$ para IC_{50} (Figura 6). Já ao empregar a sonda ultrassônica sob as mesmas condições da extração por maceração, porém por 15 min, verificou-se as concentrações de 140,21 ± 0,05 mg EAG g^{-1} de compostos fenólicos totais, 46,12 ± 1,53 mg EQ g^{-1} de flavonoides totais, 63,05 ± 2,90 µmol TEAC g^{-1} e 3,74 ± 0,94 mg mL^{-1} para IC_{50}.

Assim, a sonda ultrassônica foi o método que permitiu maiores extrações de compostos bioativos em sementes de Ingá, em menos tempo e com maior rendimento. Dentre os aspectos que contribuem para que o ultrassom apresente maior eficiência de extração é o fenômeno de cavitação acústica. A energia liberada pelo colapso das bolhas de cavitação contribui para a desorganização do tecido vegetal, facilitando a extração de compostos fenólicos. A migração dos compostos bioativos para o solvente ocorre por meio de difusão e/ou dissolução, processo intensificado pela ação do ultrassom (33). Por isso, as vantagens do uso da sonda ultrassônica abrangem a alta reprodutibilidade, maior pureza do produto final, menor tempo de extração, segurança, rapidez, versatilidade, natureza ecologicamente correta, baixo uso de solventes, maiores rendimentos dos compostos bioativos, alta potência para extrair os compostos termolábeis e baixo investimento (34).

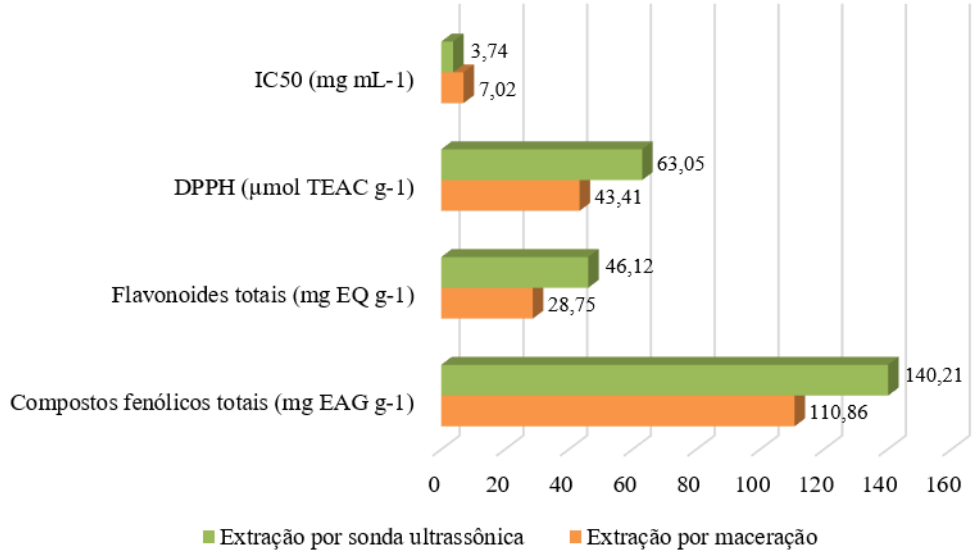


Figura 6 – Comparação entre os métodos de extração por maceração e sonda ultrassônica para a obtenção dos compostos bioativos
Fonte: Autores.

CONCLUSÕES

A sonda ultrassônica, em comparação com o método convencional, demonstrou ser eficiente na extração de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e compostos antioxidantes de sementes de *I. laurina*. Apesar dos métodos de extração convencional e por sonda terem apresentado as mesmas condições ótimas para a obtenção das maiores concentrações de compostos bioativos, este último destaca-se por ocorrer em menor tempo.

As condições ótimas de extração de compostos bioativos de sementes de *I. laurina* por sonda ultrassônica foram em 15 min, 70 ºC, 0,5 g de amostra e 70% de etanol. Assim, além de ser considerada sustentável, a extração por sonda ultrassônica é um método eficiente. Além disso, o extrato de sementes de *I. laurina* mostrou ser uma fonte natural de bioativos, com alto potencial antioxidante.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finanças Código 001 pelo financiamento deste estudo, assim como aos laboratórios de pesquisa da Universidade Federal de Santa Maria envolvidos neste trabalho.

REFERÊNCIAS

1. Macedo MLR, Garcia VA, Freire MGM, Richardson M. Characterization of a Kunitz trypsin inhibitor with a single disulfide bridge from seeds of *Inga laurina* (SW.) Willd. Phytochem. 2007;68(8):1104-1111.

2. Oliveira CES, Zuffo AM, Fonseca WL, Steiner F. Physical characterization of fruits and seeds *Inga laurina* (Sw.) Willd. (*Fabaceae* - *Mimosaceae*). Rev Agric Neotrop. 2019;6(3):105-111.

3. Schulz DG, Oro P, Volkweis C, Malavasi MM, Malavasi UC. Maturidade Fisiológica e Morfometria de Sementes de *Inga laurina* (Sw.) Willd. Floresta Ambient. 2014;21(1):45-51.

4. Martins AM, Malafaia CRA, Nunes RM, Macenas AS, Moura PHB, Muzitano MF, Machado TB, Carneiro CS, Leal ICR. Nutritional, chemical and functional potential of *Inga laurina* (Fabaceae): A barely used edible species. Food Res Int. 2024;178:113751.

5. Araújo, NAV. Embriologia, Apomixia e Poliembrionia em *Inga laurina* (Sw.) Willd (*Fabaceae Mimosoideae*) [Dissertação de Mestrado]. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia; 2015.

6. Lima MC, Portari GV. Centesimal composition and antioxidant compounds of two fruits from the *Cerrado* (Brazilian Savannah). Rev Ceres. 2019;66(1):41-44.

7. Flores DCB, Boeira CP, Lucas BN, Alves JS, Piovesan N, Vieira VB, Soquetta MB, Rosa JR, Weis GCC, Rosa CS. Extração de compostos bioativos por ultrassom das sementes de ingá (*Inga marginata* Willd). In: Vieira VB, Piovesan N, organizadoras. Avanços e Desafios da Nutrição 4. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. p. 75-86.

8. Flores DCB, Boeira CP, Roim CMB, Librelotto DRN, Reis FL, Morandini LMB, Morel AF, Rosa CS. Phenolic compounds, antimicrobial activity, cytotoxicity and identification of phytochemicals present in *Inga marginata* Willd seeds. Ci. e Nat. 2021;43:e78.

9. Lima NM, Falcoski TOR, Silveira RS, Ramos RR, Andrade TJASA, Costa PI, La Porta FA, Almeida MVA. *Inga edulis* fruits: a new source of bioactive anthocyanins. Nat Prod Res. 2020;34(19):2832-2836.

10. Polese AAV. Composição química e atividade quimiopreventiva de câncer de frutos de *Inga edulis* Martius [Dissertação de Mestrado]. Vila Velha: Universidade Vila Velha; 2019.

11. Silva EM, Souza JNS, Rogez H, Rees JF, Larondelle Y. Antioxidant activities and polyphenolic contents of fifteen selected plant species from the Amazonian region. Food Chem. 2007;101(3):1012-1018.

12. Martins LSR, Silva SA, Silva OLL. Cartilha de Alimentos Funcionais: A Ciência no seu Prato: Compostos Fenólico e Flavonoides: Volume 2. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2024.

13. Pagano I, Campone L, Celano R, Piccinelli AL, Rastrelli L. Green non-conventional techniques for the extraction of polyphenols from agricultural food by-products: A review. J Chromatogr A. 2021;1651:462295.

14. Shen N, Wang T, Gan Q, Liu S, Wang L, Jin B. Plant flavonoids: Classification, distribution, biosynthesis, and antioxidant activity. Food Chem. 2022;383:132531.

15. Yuan D, Guo Y, Pu F, Yang C, Xiao X, Du H, He J, Lu S. Opportunities and challenges in enhancing the bioavailability and bioactivity of dietary flavonoids: A novel delivery system perspective. Food Chem. 2024;430:137115.

16. Waseem M, Majeed Y, Nadeem T, Naqvi LH, Khalid MA, Sajjad MM, Sultan M, Khan MU, Khayrullin M, Shariati MA, Lorenzo JM. Conventional and advanced extraction methods of some bioactive compounds with health benefits of food and plant waste: A comprehensive review. Food Front. 2023;4(4):1681-1701.

17. Azmir J, Zaidul ISM, Rahman MM, Sharif KM, Mohamed A, Sahena F, Jahurul MHA, Ghafoor K, Norulaini NAN, Omar AKM. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. J Food Eng. 2013;117(4):426-436.

18. Jha AK, Sit N. Extraction of bioactive compounds from plant materials using combination of various novel methods: A review. Trends Food Sci Technol. 2022;119:579-591.

19. Belwal T, Chemat F, Venskutonis PR, Cravotto G, Jaiswal DK, Bhatt ID, Devkota HP, Luo Z. Recent advances in scaling-up of non-conventional extraction techniques: Learning from successes and failures. Trends Food Sci Technol. 2020;127:115895.

20. Chemat F, Rombaut N, Sicaire A-G, Meullemiestre A, Fabiano-Tixier A-S, Abert-Vian M. Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. Ultrason Sonochem. 2017;34:540-560.

21. Flores DCB, Boeira CP, Weis, GCC, Mello RO, Reis FL, Morandini LMB, Morel AF, Santos D, Flores EMM, Záchia RA, Nogueira-Librelotto DR, Rolim CMB, Rosa CS. Extraction of antioxidant and antimicrobial compounds from *Inga marginata* Willd bark and pulp using different extraction techniques and phytochemical characterization. Innov Food Sci Emerg Technol. 2023;83:103244.

22. Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am J Enol Vitic. 1965;16:144-158.

23. Roesler R, Malta LG, Carrasco LC, Holanda RB, Sousa CAS, Pastore GM. Antioxidant activity of cerrado fruits. Food Sci Technol. 2007;27(1):53-60.

24. Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chem. 1999;64(4):555- 559.

25. Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Food Sci Technol. 1995;28(1):25-30.

26. Martins CM, Morais SAL, Martins MM, Cunha LCS, Silva CV, Martins CHG, Leandro LF, Oliveira A, Aquino FJT, Nascimento EA, Chang R. Chemical Composition, Antifungal, and Cytotoxicity Activities of *Inga laurina* (Sw.) Willd Leaves. Sci World J. 2019:1-12.

27. Aznar-Ramos MJ, Razola-Díaz, MDC,Vito Verardo, Gómez-Caravaca, AM 2022. Comparison between Ultrasonic Bath and Sonotrode Extraction of Phenolic Compounds from Mango Peel By-Products. Horticulturae, 2022: 8, 1014.

28. Tekin K, Hao, N, Karagoz S, Ragauskas A. Ethanol: A Promising Green Solvent for the Deconstruction of Lignocellulose. Chem. Eur. J. 2018. 11: 3559 – 3575.

29. Arina MZI, Harisun Y. Effect of extraction temperatures on tannin content and antioxidant activity of *Quercus infectoria* (*Manjakani*). Biocatal Agric Biotechnol. 2019;19:101104.

30. Chuo SC, Nasir HM, Mohd-Setaparum SH, Mohamed SF, Ahmad A, Wanie WA, Muddassir M, Alarifi A. Um vislumbre dos métodos de extração de compostos ativos de plantas. Crit Rev Anal Chem. 2022;52(4):667-696.

31. Alves CQ, David JM, David JP, Bahia MV, Aguiar RM. Métodos para determinação de atividade antioxidante *in vitro* em substratos orgânicos. Quim Nova. 2010;33(10):2202-2210.

32. Vinatoru M. An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs. Ultrason Sonochem. 2001;8(3):303-313.

33. Chemat F, Vian MA, Cravotto G. Green Extraction of Natural Products: Concept and Principles. Int J Mol Sci. 2012;13(7):8615-8627.

34. Chemat F, Rombaut N, Sicaire AS, Meullemiestre A, Fabiano-Tixier A-S, Abert-Vian M. Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. Ultrason Sonochem. 2017;34:540-560.

Capítulo 37

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-37

MODELAGEM PREDITIVA E SIMULAÇÃO DO CRESCIMENTO DE *Staphylococcus aureus* EM CONDIÇÕES ISOTÉRMICAS E DINÂMICAS UTILIZANDO O SOFTWARE *COMBASE*

Thyago Henryque Oliveira; Gustavo Henrique Sousa Martins; André Lima Leite; Alfredina dos Santos Araújo; Larissa da Silva Santos Pinheiro; Ellen Godinho Pinto; Ana Paula Stort Fernandes; Dayana Silva Batista Soares; Danielle de Sousa Severo; Wiaslan Figueiredo Martins*

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: wiaslan.martins@ifgoiano.edu.br*

Resumo: Este estudo avaliou o crescimento de *Staphylococcus aureus* em condições isotérmicas (7,5 °C, 15 °C, 20 °C e 25 °C) e dinâmicas de temperatura (perfis crescente e decrescente) utilizando modelagem matemática com o software *ComBase*. Dados de crescimento microbiano foram analisados em meio de cultura com a_w = 0,997, NaCl 0,5% e pH 6,0, ajustando-se modelo primário (Baranyi e Roberts) e modelos secundários (Exponencial e Raiz Quadrada). Os resultados demonstraram a influência crítica da temperatura na velocidade específica máxima de crescimento ($\mu_{máx}$), sendo a maior velocidade observada a 25 °C e o menor crescimento registrado a 7,5 °C. As simulações indicaram que, após iniciado o crescimento, ele pode prosseguir mesmo com a redução da temperatura, evidenciando desafios na manutenção da cadeia do frio. O modelo Exponencial apresentou o melhor ajuste aos dados experimentais (R^2 = 0,9949), enquanto o modelo de Raiz Quadrada estimou a temperatura mínima teórica de crescimento ($T_{mín}$ = 3,12 °C). Os achados reforçam o papel da modelagem preditiva como ferramenta essencial para a microbiologia de alimentos, fornecendo subsídios para a previsão de níveis críticos de contaminação e a formulação de estratégias de controle microbiológico. Esses resultados têm aplicações práticas no setor alimentício, contribuindo para a segurança dos produtos, o desenvolvimento de políticas de qualidade e a proteção da saúde pública contra toxinas produzidas por *S. aureus*.

Palavras–chave: *ComBase*; modelagem preditiva; segurança de alimentos; simulação dinâmica; *Staphylococcus aureus*

INTRODUÇÃO

O *Staphylococcus aureus* é amplamente reconhecido como um indicador de condições inadequadas de higiene durante o processamento e manipulação de alimentos, sendo uma das principais causas de gastroenterite alimentar em nível global (1). A intoxicação alimentar associada a *S. aureus* ocorre pela ingestão de alimentos contaminados com enterotoxinas estafilocócicas, as quais são notavelmente estáveis ao calor (2). Quantidades tão pequenas quanto 20–100 ng de enterotoxinas por grama de alimento são suficientes para causar intoxicação alimentar. O risco para o consumidor é elevado quando os níveis de *S. aureus* em alimentos atingem 10^5 UFC/g, concentração necessária para a produção de quantidades detectáveis de enterotoxinas (3).

A microbiologia preditiva, enquanto campo científico, busca compreender o comportamento microbiano em matrizes alimentares, utilizando modelos matemáticos para prever a dinâmica de contaminação e crescimento sob condições específicas. Para o controle eficaz de *S. aureus*, é crucial que o comportamento do microrganismo seja analisado diretamente na matriz alimentar em questão (4).

Embora diversos modelos matemáticos tenham sido desenvolvidos para descrever o efeito da temperatura sobre o crescimento de *S. aureus* (5,6,7), os dados brutos subjacentes a essas previsões frequentemente não estão prontamente disponíveis, mesmo para pesquisadores, o que dificulta comparações e validações rápidas entre modelos (8). Além disso, diferentes métodos de registro de dados tornam a padronização e a interoperabilidade um desafio.

Nesse contexto, o banco de dados *ComBase* surge como uma solução valiosa, consolidando dados enviados por instituições colaboradoras e extraídos da literatura científica (9). Ele fornece uma interface acessível que facilita o uso de modelagem preditiva, especialmente para profissionais sem experiência em modelagem matemática, tornando-se uma ferramenta indispensável para "não modeladores".

Diante disso, objetivou-se modelar o crescimento de *S. aureus* em meio de cultura sob temperaturas entre 7,5 °C e 25 °C, utilizando ferramentas de modelagem preditiva para analisar parâmetros microbianos. Adicionalmente, foram realizadas simulações para prever o comportamento do microrganismo sob condições dinâmicas de temperatura e diferentes níveis de atividade de água, contribuindo para o entendimento de sua dinâmica em ambientes controlados e para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes de controle microbiológico.

MATERIAL E MÉTODOS

DADOS DE CRESCIMENTO

Os dados de crescimento em diferentes temperaturas foram obtidos no banco de dados *ComBase* (www.combase.cc), utilizando a busca pelo microrganismo "*Staphylococcus aureus*" e faixa de temperatura entre 5 °C e 25 °C. Foram selecionados dados do crescimento ($\log_{10}$ UFC/mL) de *S. aureus* em caldo de cultivo com atividade de água (a_w) 0,997, 0,5% de cloreto de sódio e pH = 6,0, em quatro temperaturas de armazenamento: 7,5 °C, 15 °C, 20 °C e 25 °C. Os dados foram reportados do Instituto de Pesquisa Alimentar (*Institute of Food Research*).

MODELAGEM MATEMÁTICA

Modelagem primária

Para uma avaliação mais biológica sob a presença de microrganismos e as consequências que eles desencadeiam no alimento armazenado foi utilizado o modelo matemático primário. Ele analisa a dinâmica do microrganismo em função do tempo, o modelo matemático primário sigmoidal com função de ajuste, Baranyi e Roberts (10) (Equações 1, 2 e 3) que foi ajustado às curvas experimentais de *S. aureus* em caldo em diferentes temperaturas.

$$y(t) = y_0 + \mu_{max}F(t) - log\left[1 + \frac{exp(\mu_{max}F(t)) - 1}{exp(y_{max} - y_0)}\right] \quad (1)$$

$$F(t) = t + \left(\frac{1}{\mu_{max}}\right) log[exp(-\mu_{max}t) + exp(-h_0) - exp(-\mu_{max}t - h_0)] \quad (2)$$

$$h_0 = \mu_{max}\lambda \quad (3)$$

Nas equações, y(t) representa o logaritmo da concentração de microrganismos N (UFC/mL) no tempo t (horas), ou seja, y(t) = log [N(t)]. O parâmetro $\mu_{máx}$ corresponde à velocidade específica máxima de crescimento (h^{-1}); λ indica a duração da fase de latência (h); y é o logaritmo da concentração inicial de microrganismos, com y_0 = log (N_0); $Y_{máx}$ é o logaritmo da concentração máxima, com $Y_{máx}$ = log ($N_{máx}$); h_0 é um parâmetro relacionado ao estado fisiológico das células (adimensional); e F(t) representa a função do modelo de Baranyi e Roberts.

Modelagem secundária

Os modelos secundários Exponencial e Raiz Quadrada (11) (Equações 4 e 5, respectivamente) foram usados para descrever o efeito da temperatura na velocidade máxima específica de crescimento ($\mu_{máx}$), em que a, b e c são parâmetros empíricos, T é a temperatura de armazenamento (°C) e $T_{mín}$ é a temperatura teórica mínima de crescimento (°C).

$$\mu_{máx} = aexp^{(bT)} \quad (4)$$

$$\sqrt{\mu_{máx}} = c(T - T_{min}) \quad (5)$$

Simulação do crescimento em condições dinâmicas de temperatura

Para simular o crescimento de *S. aureus* em condições dinâmicas de temperatura, foram elaborados dois perfis distintos: um com aumento gradual da temperatura, de 7,5 °C a 25 °C, e outro com diminuição progressiva, de 25 °C a 7,5 °C. Além disso, foram realizadas predições de crescimento considerando quatro diferentes valores de atividade de água (a_w: 0,997, 0,980, 0,974 e 0,961).

A simulação foi conduzida utilizando a função "*Growth Model Dynamic*" do software. O microrganismo "*Staphylococcus aureus*" foi selecionado, e o software automaticamente atribuiu o valor do estado fisiológico das células (h_0) como 1,3e^{-2}, mantendo-se esse valor padrão. Para os parâmetros adicionais, foi definida uma contagem inicial de 3,14 $\log_{10}$ UFC/mL, calculada como a média das contagens iniciais experimentais nas quatro temperaturas avaliadas, um pH constante de 6,0 e os diferentes valores de atividade de água mencionados. Essas configurações permitiram prever o comportamento do microrganismo em condições dinâmicas, oferecendo subsídios para análises mais robustas sobre o impacto de variações térmicas e de a_w no crescimento bacteriano.

ÍNDICES ESTATÍSTICOS

Os ajustes do modelo primário aos dados experimentais de crescimento de *S. aureus* em diferentes condições isotérmicas foram realizados utilizando a interface *online DMFit*, disponibilizada pelo *ComBase*. O ajuste foi realizado em uma única etapa, permitindo a obtenção dos parâmetros de crescimento microbiano.

Para avaliar o desempenho do modelo, foram utilizados o Coeficiente de Determinação (R^2) e o Erro Padrão (EP), ambos calculados pelo *DMFit*. Já os ajustes dos modelos secundários foram realizados no programa Microsoft Excel®, assegurando a descrição matemática do efeito da temperatura sobre o parâmetro $\mu_{máx}$ obtido no modelo primário. Esses procedimentos permitiram validar a capacidade dos modelos em representar com precisão o comportamento de *S. aureus* sob diferentes condições de crescimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de crescimento de *S. aureus* em caldo de cultivo, sob temperaturas de armazenamento de 7,5 °C, 15 °C, 20 °C e 25 °C, bem como os ajustes realizados pelo modelo de Baranyi e Roberts, estão representadas na Figura 1. Na Tabela 1, são apresentados os parâmetros de crescimento estimados a partir do ajuste aos dados experimentais, juntamente com os índices estatísticos que avaliam o desempenho do modelo.

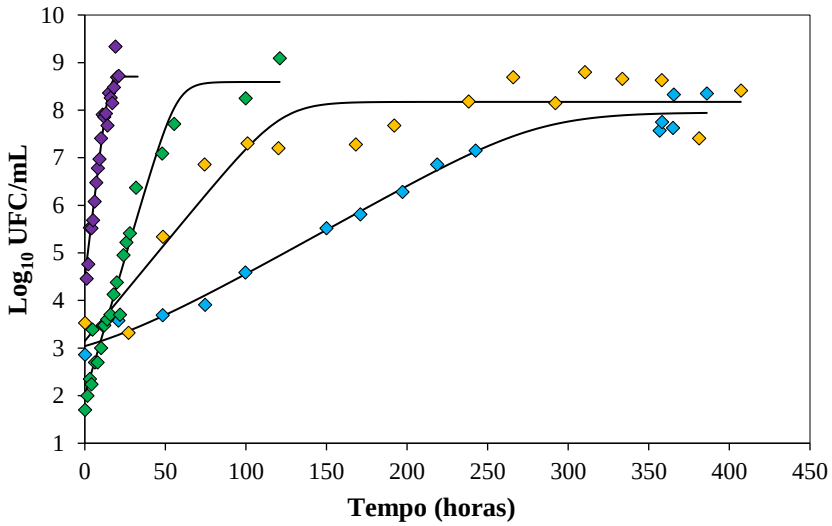


Figura 1 – Curvas de crescimento de *Staphylococcus aureus* em caldo de cultivo e ajustes do modelo de Baranyi e Roberts: representação das curvas de crescimento experimental de *S. aureus* em diferentes temperaturas de armazenamento: 7,5 °C (símbolos azuis), 15 °C (símbolos amarelos), 20 °C (símbolos verdes) e 25 °C (símbolos roxos). As linhas tracejadas correspondem aos ajustes realizados pelo modelo de Baranyi e Roberts aos dados experimentais.

Tabela 1 – Parâmetros de crescimento estimados pelo ajuste do modelo de Baranyi e Roberts aos dados experimentais de *Staphylococcus aureus* em caldo nas temperaturas de 7,5 °C, 15 °C, 20 °C e 25 °C de armazenamento e os índices estatísticos de desempenho do modelo.

Temperatura	**Parâmetros de crescimento**			**Índices estatísticos**	
	y_0 ($\log_{10}$ UFC/mL)	$\mu_{máx}$ (1/h)	$Y_{máx}$ ($\log_{10}$ UFC/mL)	R^2	Erro Padrão
7,5 °C	3,04 ± 0,23	0,019 ± 0.002	7,951 ± 0,126	0,98	0,264
15 °C	3,15 ± 0,47	0,041 ± 0,008	8,174 ± 0,189	0,88	0,597
20 °C	2,01 ± 0,14	0,116 ± 0,007	8,592 ± 0,264	0,97	0,382
25 °C	4,45 ± 0,16	0,277 ± 0,019	8,706 ± 0,137	0,96	0,276

Com base nos resultados apresentados na Figura 1 e na Tabela 1, verificou-se que todas as curvas de crescimento exibiram um formato sigmoidal, com as fases lag, exponencial e estacionária bem definidas. Ao analisar o comportamento de *S. aureus* cultivado em meio com concentração constante de NaCl de 0,5% (a_w = 0,997 e pH = 6), constatou-se que a temperatura exerceu uma influência significativa sobre seu crescimento. A velocidade específica máxima de crescimento ($\mu_{máx}$) foi o parâmetro mais impactado pela variação da temperatura de incubação, especialmente a 25 °C, próxima à temperatura ideal para o crescimento de *S. aureus*. Esse cenário indica condições altamente favoráveis à sua multiplicação. Em contrapartida, em temperaturas mais baixas (7,5 °C), o crescimento foi consideravelmente retardado, resultando em valores menores de $\mu_{máx}$.

A temperatura é um fator determinante no desenvolvimento microbiano, sendo que todos os microrganismos apresentam uma faixa de temperatura em que se multiplicam, incluindo limites mínimo, ótimo e máximo. Esse parâmetro afeta diretamente o crescimento microbiano e a velocidade de multiplicação, que é mais alta quando a temperatura está próxima ao seu valor ótimo e diminui gradualmente à medida que se distancia desse ponto (12).

Os índices estatísticos apresentados na Tabela 1 permitiram avaliar o desempenho do modelo de Baranyi e Roberts, que demonstrou um bom ajuste aos dados experimentais de *S. aureus* em caldo de cultivo em todas as temperaturas analisadas. No entanto, em 15 °C, o modelo apresentou um Erro Padrão de 0,597 e um coeficiente de determinação (R^2) de 0,88, valores que refletem o comportamento atípico da curva experimental (representada na Figura 1, losangos amarelos). Após atingir a fase exponencial, observa-se uma redução no crescimento bacteriano por volta de 120 horas, seguida de uma manutenção do valor de $\log_{10}$ UFC/mL até 168 horas de cultivo. Posteriormente, o crescimento é retomado por volta de 191 horas, sugerindo a ocorrência de uma fase *lag* intermediária. Esse fenômeno já foi descrito por outros autores, como Longhi *et al*. (13), para o crescimento de bactérias ácido-lácticas, como *Lactiplantibacillus plantarum*, em condições não isotérmicas.

Esse comportamento ressalta a relevância de integrar dados provenientes de plataformas como o *ComBase* e de outros estudos disponíveis na literatura para gerar novas interpretações, entender as variações nos padrões de crescimento microbiano e otimizar experimentos futuros. A utilização dessas ferramentas pode auxiliar na formulação de hipóteses mais robustas e no desenvolvimento de soluções aplicáveis para estudar o comportamento de microrganismos de interesse, especialmente aqueles críticos para a segurança dos alimentos, contribuindo para a implementação de estratégias mais eficazes de controle microbiológico em diferentes cenários produtivos.

A influência da temperatura de incubação no parâmetro $\mu_{máx}$, que representa a velocidade específica máxima de crescimento de *S. aureus*, foi analisada por meio do ajuste dos modelos secundários Exponencial e Raiz Quadrada. A seleção do modelo mais adequado foi baseada na comparação dos coeficientes de determinação (R^2) obtidos, conforme apresentado na Figura 2.

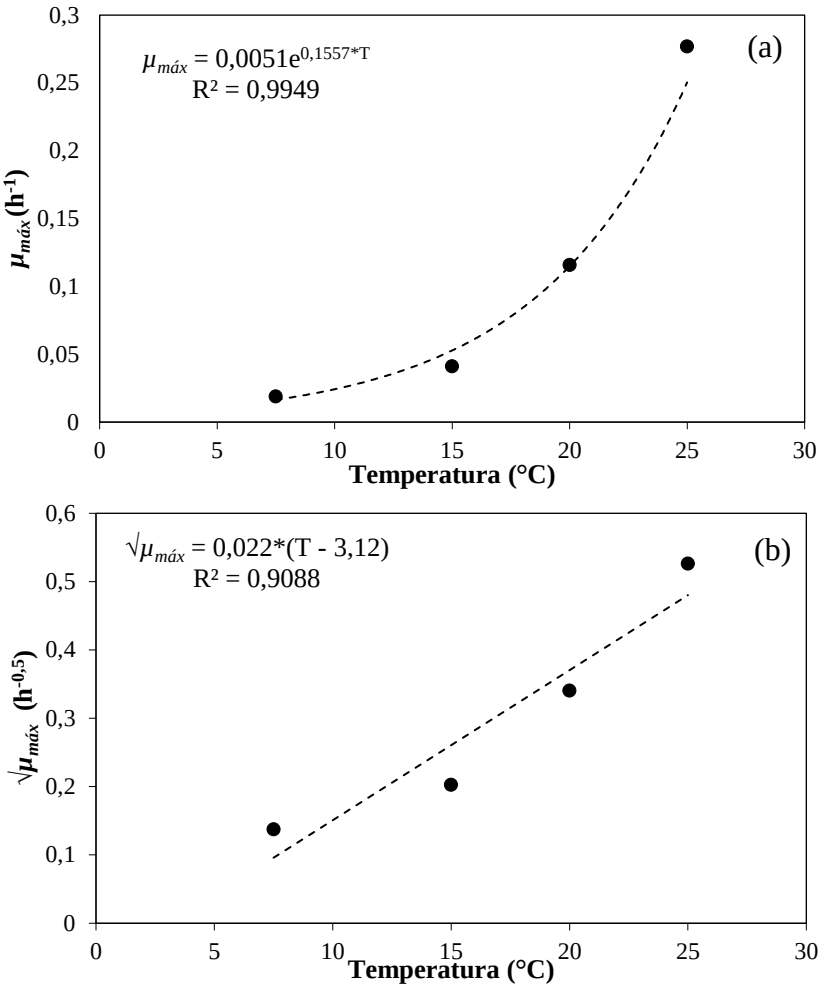


Figura 2 – Modelos secundários Exponencial (a) e Raiz Quadrada (b) representando a influência da temperatura na velocidade específica máxima de crescimento ($\mu_{máx}$) de *Staphylococcus aureus* em caldo de cultivo: os gráficos ilustram a relação entre a temperatura de armazenamento (7,5 °C, 15 °C, 20 °C e 25 °C) e a velocidade específica máxima de crescimento ($\mu_{máx}$), com suas respectivas equações e coeficientes de determinação (R^2) para cada modelo.

Todos os modelos secundários avaliados demonstraram bons ajustes aos dados experimentais, sendo que o modelo exponencial apresentou o melhor coeficiente de determinação (R^2 = 0,9949). Este modelo mostrou-se particularmente adequado para descrever a dependência do parâmetro $\mu_{máx}$ em relação à temperatura no crescimento de *S. aureus*.

Apesar do modelo da Raiz Quadrada não ter alcançado o melhor ajuste, ele fornece uma informação crucial: a estimativa da temperatura mínima teórica para o crescimento bacteriano, representada por $T_{mín}$ (conforme descrito na seção "Modelagem secundária", Equação 5). Como ilustrado na Figura 2b, o valor de $T_{mín}$ foi estimado em 3,12 °C. Estudo atual, como os de Park *et al*. (14), relataram um valor de $T_{mín}$ para *S. aureus* em gema de ovo fresca de 3,908 °C, um resultado muito próximo ao encontrado neste trabalho. Essa concordância reforça a confiabilidade dos modelos empregados e a importância de sua aplicação em diferentes matrizes alimentares para prever e controlar o crescimento microbiano em condições diversas.

As simulações do crescimento de *S. aureus* sob condições dinâmicas de temperatura, considerando perfis de armazenamento com variação crescente (7,5-15-20-25 °C) e decrescente (25-20-15-7,5 °C), bem como as predições do crescimento para quatro valores de atividade de água, estão apresentadas na Figura 3.

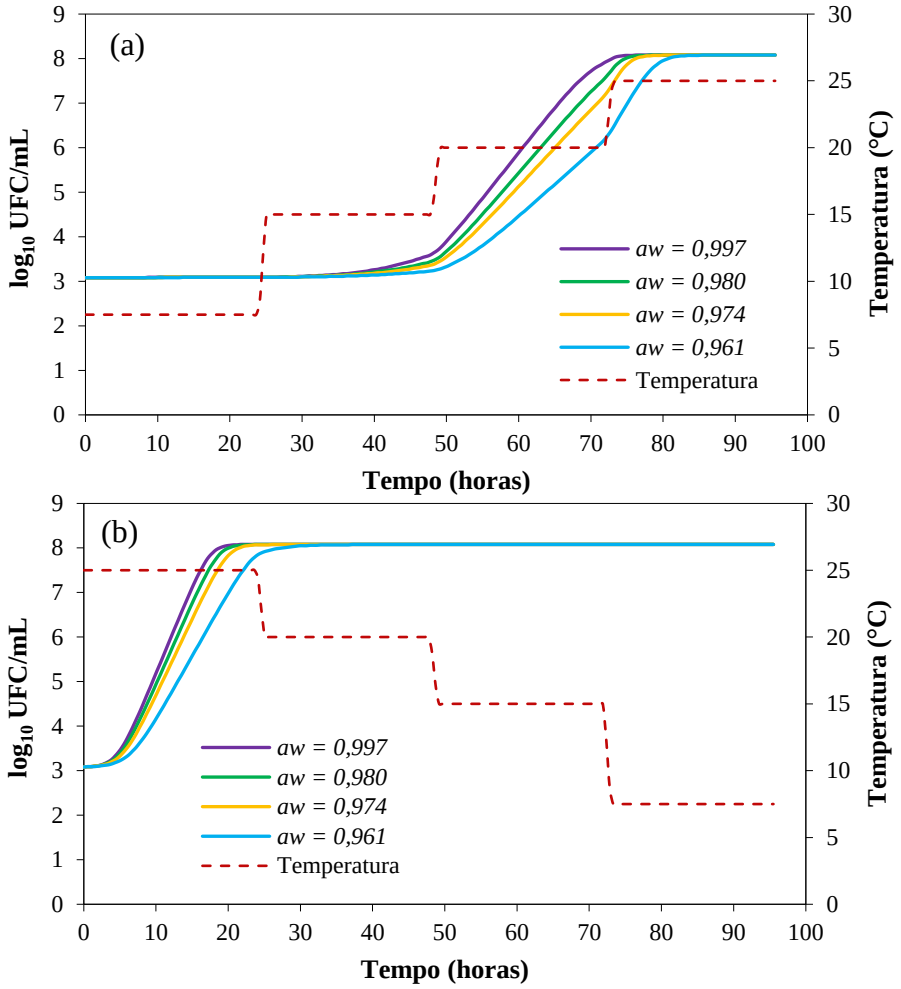


Figura 3 – Simulação do crescimento de *Staphylococcus aureus* em caldo de cultivo sob condições de armazenamento não isotérmicas: (A) Perfil de temperatura crescente (7,5 °C-15 °C-20 °C-25 °C) e (B) Perfil de temperatura decrescente (25 °C- 20 °C-15 °C-7,5 °C). As linhas contínuas coloridas representam as predições do modelo de Baranyi e Roberts para diferentes valores de atividade de água (a_w) no meio de cultivo (eixo primário), enquanto a linha tracejada em vermelho ilustra o perfil de variação da temperatura (eixo secundário).

Os resultados da simulação do crescimento de *S. aureus* em meio de cultivo sob perfil de temperatura crescente (Figura 3a) mostram que o aumento da temperatura influencia diretamente a velocidade de crescimento bacteriano. Observa-se que a bactéria entra na fase exponencial após aproximadamente 50 horas de cultivo, quando a temperatura atinge 20 °C. Nesse ponto, ocorre um rápido crescimento, embora a atividade de água (a_w) também tenha influência significativa nessa fase. Em a_w de 0,997, a curva de crescimento entra mais rapidamente na fase exponencial, enquanto, no menor valor de a_w (0,961), o crescimento é retardado, embora ambas as condições resultem na mesma concentração final de $\log_{10}$ UFC/mL.

No perfil de temperatura decrescente (25-20-15-7,5 °C) (Figura 3b), a bactéria alcança a fase estacionária de crescimento em aproximadamente 25 horas, independentemente da queda gradual da temperatura. Uma vez que o microrganismo atinge a fase exponencial, ele continua crescendo, mesmo com a redução da temperatura. Esse comportamento tem implicações práticas importantes na manutenção da cadeia do frio, pois, se o crescimento bacteriano for iniciado devido a uma interrupção na

refrigeração, ele continuará mesmo que a temperatura ideal seja restabelecida. Isso é especialmente crítico do ponto de vista da segurança de alimentos, considerando que, ao atingir concentrações de 10^5 $\log_{10}$ UFC/mL, há um alto risco de o alimento conter toxinas produzidas por *S. aureus*.

CONCLUSÕES

Este estudo destacou a eficácia da modelagem preditiva como ferramenta para avaliar e prever o comportamento de *Staphylococcus aureus* em diferentes condições isotérmicas e dinâmicas, utilizando o software *ComBase*. Os resultados evidenciaram a influência significativa da temperatura no crescimento bacteriano, confirmando que a manutenção de condições adequadas de armazenamento é crucial para minimizar os riscos microbiológicos associados a esse patógeno. As simulações permitiram identificar pontos críticos, como a continuidade do crescimento mesmo após a redução da temperatura, enfatizando a necessidade de rigor no controle da cadeia do frio.

Além disso, a análise dos parâmetros de crescimento forneceu informações valiosas para estimar o tempo necessário para que *S. aureus* atinja níveis críticos de contaminação, contribuindo para a formulação de estratégias mais eficazes de controle microbiológico. O estudo reforça o papel da modelagem preditiva como uma ferramenta indispensável na microbiologia de alimentos, auxiliando tanto na segurança de alimentos quanto no desenvolvimento de políticas e práticas industriais voltadas à qualidade e saúde pública. Esses achados podem embasar intervenções práticas no setor alimentício, assegurando produtos mais seguros e prevenindo surtos relacionados a toxinas bacterianas.

REFERÊNCIAS

1. Soriano JM, Font G, Moltó JC, Mañes J. Enterotoxigenic staphylococci and their toxins in restaurant foods. Trends Food Sci Technol. 2002;13:60–7.

2. Scherrer D, Corti S, Muehlherr JE, Zweifel C, Stephan R. Phenotypic and genotypic characteristics of *Staphylococcus aureus* isolates from raw bulk-tank milk samples of goat and sheep. Vet Microbiol. 2004;101:101–7.

3. Necidová L, Janštová B, Karpíšková R. Dynamics of staphylococcal enterotoxin production in model experiments simulating the fresh cheese environment. Acta Vet. 2012;81(4):391–6. doi:10.2754/avb201281040391.

4. Schelin J, Wallin-Carlquist N, Cohn MT, Lindqvist R, Barker GC, Radstrom P. The formation of *Staphylococcus aureus* enterotoxin in food environments and advances in risk assessment. Virulence. 2011;2(6):580–92. doi:10.4161/viru.2.6.18122.

5. Kim HJ, Griffiths MW, Fazil AM, Lammerding AM. Probabilistic risk model for staphylococcal intoxication from pork-based food dishes prepared in food service establishments in Korea. J Food Prot. 2009;72:1897–908.

6. Lee YJ, Jung BS, Kim KT, Paik HD. Predictive model for the growth kinetics of *Staphylococcus aureus* in raw pork developed using Integrated Pathogen Modeling Program (IPMP) 2013. Meat Sci. 2015;107:20–5.

7. Mansur AR, Park JH, Oh DH. Predictive model for growth of *Staphylococcus aureus* on raw pork, ham, and sausage. J Food Prot. 2016;79:132–7.

8. Baranyi J, Tamplin ML. ComBase: a common database on microbial responses to food environments. J Food Prot. 2004;67:1967–71.

9. ComBase. ComBase Modelling Toolbox. 2024 [citado 22 Nov 2024]. Disponível em: https://combasebrowser.errc.ars.usda.gov/.

10. Baranyi J, Roberts TA. A dynamic approach to predicting bacterial growth in food. Int J Food Microbiol. 1994;23:277–94.

11. Ratkowsky DA, Olley J, McMeekin TA, Ball A. Relationship between temperature and growth rate of bacterial cultures. J Bacteriol. 1982;149(1):1–5.

12. Dias DM. Presença de *Staphylococcus aureus* em alimentos (uma revisão) [trabalho de conclusão de curso]. Portugal: Universidade Fernando Pessoa; 2022.

13. Longhi DA, Franco BD, Favaro-Trindade CS, De Martinis EC. Assessing the prediction ability of different mathematical models for the growth of *Lactobacillus plantarum* under non-isothermal conditions. J Theor Biol. 2013;335:88–96.

14. Park JH, Kang MS, Park KM, Lee HY, Ok GS, Koo MS, et al. A dynamic predictive model for the growth of *Salmonella spp.* and *Staphylococcus aureus* in fresh egg yolk and scenario-based risk estimation. Food Control. 2020;118:107421. doi:10.1016/j.foodcont.2020.107421.

Capítulo 38

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-38

DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS FUNCIONAIS E SEM GLÚTEN A PARTIR DE BATATAS-DOCES

Mirian Cristina Feiten

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: mirianfeiten.mf@gmail.com*

Resumo: Diante da crescente demanda dos consumidores por uma alimentação mais saudável, a elaboração de produtos com maior valor nutricional é de suma importância para atender essa atual tendência de mercado. Uma alternativa para promover o enriquecimento de formulações é acrescentar ingredientes que possuam elevado teor de fibras alimentares, proteínas ou compostos antioxidantes. Nesse contexto, a batata-doce e a farinha de batata-doce têm muitas aplicações no desenvolvimento de novos produtos alimentícios, devido ao seu baixo teor de gordura, alto teor de carboidratos, antioxidantes, vitaminas e minerais. Ainda, a formulação de produtos isentos de glúten destinados a pessoas celíacas, utilizando batatas-doces, é uma alternativa para ofertar produtos com preços acessíveis, valor nutritivo e características sensoriais diferenciados. Assim, neste capítulo objetivou-se realizar uma revisão narrativa da literatura acerca do emprego de batatas-doces no desenvolvimento de formulações de alimentos funcionais e/ou livres de glúten. Pode-se verificar que as farinhas de batatas-doces, em especial do cultivar *Beauregard*, são alternativas viáveis para incorporação em diversos produtos, tais como bolos, pães, biscoitos e massas, aumentando os teores de sais minerais, carboidratos e carotenoides com potencial antioxidante.

Palavras-chave: alimentos funcionais; doença celíaca; inovação; *Ipomoea batatas (L.)* Lam.; livre de glúten

INTRODUÇÃO

Uma extensa variedade de produtos de panificação e confeitaria tem sido lançada no mercado nos últimos anos, a grande maioria contendo glúten (1,2). Esse composto é uma proteína, constituída por glutenina e gliadina, encontrada nos cereais, tais como trigo, centeio, cevada e triticale (3). As frações proteicas glutenina e gliadina, quando hidratadas interagem e sob ação de um trabalho mecânico formam a denominada rede de glúten, responsável pela consistência viscoeslástica da massa (4). No entanto, algumas pessoas são impedidas de consumir produtos que contenham glúten porque possuem determinada intolerância a esta proteína, que pode ser alergia ao trigo, sensibilidade ao glúten não celíaca ou doença celíaca. Nesses casos, o tratamento benéfico é praticamente dietético, evitando a ingestão de alimentos que contenham glúten e substituindo por outros, tais como milho, soja, aveia, sorgo, mandioca e batata-doce (5,6,7,8).

A batata-doce (*Ipomoea batatas (L.)* Lam.) é produzida em vários países, sendo destaque nos países asiáticos em desenvolvimento, onde 81% de sua produção está concentrada (9). Seu cultivo é mais satisfatório em áreas tropicais e subtropicais; no Brasil é cultivada praticamente em todos os estados e vem apresentando um crescimento contínuo de área plantada e produção (10), que chegou a 847,1 mil toneladas em 2022 (9).

O Brasil dispõe de grande variedade de tipos de batatas-doces, variando as cores de casca e polpa (brancas, amarelas, rosadas, roxas ou alaranjadas) (10). Do ponto de vista nutricional, batatas de polpa alaranjada, como exemplo a cultivar *Beauregard*, são as mais atraentes, pois apresentam polpa úmida e são ricas em carotenoides, tais como o β-caroteno (11,12).

A indústria de massas, panificação e confeitaria tem buscado diferenciar seus produtos utilizando diversos tipos de batata-doce ou farinhas obtidas de batata-doce (13,14). A farinha de batata-doce é um alimento amiláceo, de baixo conteúdo lipídico e proteico, consideráveis teores de minerais (zinco, potássio, sódio, manganês, cálcio, magnésio e ferro) e açúcares simples e altos teores de ácido glutâmico, aspártico e leucina, entre outros (15). A farinha de batata-doce pode ainda enriquecer os produtos com compostos antioxidantes, tais como as antocianinas ou o β-caroteno (12). Portanto, o desenvolvimento de produtos isentos de glúten destinados a pessoas celíacas, utilizando batata-doce, é uma alternativa para ofertar produtos com preços acessíveis, valor nutritivo e características sensoriais diferenciados.

Com o exposto, o objetivo deste capítulo é realizar uma revisão da literatura acerca do emprego de batatas-doces in natura, cozidas ou na forma de farinha, no desenvolvimento de formulações de alimentos funcionais e/ou livres de glúten.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa bibliográfica foi realizada utilizando o banco de dados *Web of Science* (Clarivate Analytics), *Science Direct* (Elsevier) e *Google Scholar* (Google), empregando as seguintes palavras-chaves dentro da temática pretendida: "*alimentos funcionais*"; "*desenvolvimento de novos produtos*"; "*doença celíaca*"; "*inovação*"; "*Ipomoea batatas (L.) Lam.*"; "*Beauregard*"; "*livre de glúten*"; "*functional foods*"; "*celiac disease*"; "*inovation*"; "*gluten-free*". A seleção de artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações de mestrado e teses de doutorado foi realizada lendo os títulos e, em seguida, os resumos, a fim de escolher apenas os trabalhos que tivessem relação com o objetivo do presente capítulo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

DOENÇA CELÍACA, ALERGIA AO TRIGO E SENSIBILIDADE AO GLÚTEN NÃO CELÍACA

A doença celíaca (DC) é desencadeada pela intolerância à ingestão de glúten, em indivíduos geneticamente predispostos, sendo que a doença pode aparecer durante a infância ou na vida adulta. A DC é caracterizada por uma inflamação crônica da mucosa que envolve o intestino delgado, onde ocasiona a atrofia das vilosidades intestinais, limitando a área de absorção dos nutrientes ferro, cálcio e vitaminas pelo organismo, entre outras manifestações clínicas (8,16).

O glúten é uma proteína presente nos cereais trigo, cevada, centeio e triticale, sendo constituída por duas frações proteicas, a gliadina e a glutenina, que interagem quando em presença de água e formam a denominada rede de glúten (3). O glúten só é constituído quando a farinha obtida a partir dos cereais e a água, na presença de demais ingredientes ou não, são misturados e sofrem a ação de um trabalho mecânico. Enquanto as gliadinas, proteínas de cadeia simples, são responsáveis pela pegajosidade, consistência e viscosidade da massa, as gluteninas que apresentam cadeia ramificada, são responsáveis pela extensibilidade conferidas na massa (4).

Quantidades mínimas de glúten podem desencadear reações ao indivíduo, devido à lesão severa que tal proteína produz no intestino delgado (5). No Brasil, três formas de apresentação clínica da DC são reconhecidas: clássica ou típica, não clássica ou atípica e assintomática ou silenciosa (17).

A forma clássica ou típica se manifesta principalmente nos primeiros anos de vida e apresenta como sintomas, diarreia crônica, distensão abdominal e perda de peso, podendo haver diminuição do tecido celular subcutâneo, atrofia muscular glútea, falta de apetite, irritabilidade, vômitos e anemia ferropriva (18). Esta forma clínica é considerada a mais grave, conhecida como celíaca, ocorrendo quando há o retardo no diagnóstico e tratamento, o que pode levar a desencadear uma infecção, ou diarreia com desidratação hipotônica grave, desnutrição grave ou até mesmo hemorragia e tetania (19).

A forma não clássica ou atípica, apresenta-se mais tardiamente na infância e é caracterizada por quadro mono ou oligossintomático, onde pode haver ausência de sintomas digestivos ou quando presentes manifestam-se em segundo plano. Os pacientes podem manifestar sintomas isolados como: baixa estatura, baixa absorção de nutrientes (minerais e vitaminas), anemia, osteoporose, esterilidade, abortos de repetição, depressão, autismo, esquizofrenia, entre outros (18,19).

A terceira forma clínica, assintomática ou silenciosa, é caracterizada por alterações sorológicas e histológicas da mucosa do intestino delgado compatível com a doença celíaca, evidenciando ausência de manifestações clínicas. É uma forma, sobretudo, comprovada em grupos considerados de risco, como é o caso de parentes de primeiro grau de celíacos, na qual seu reconhecimento tem sido mais frequente nas últimas duas décadas, devido o desenvolvimento dos marcadores sorológicos para a doença (19).

O tratamento destinado aos celíacos é basicamente dietético, devendo-se excluir alimentos fontes de glúten durante toda a vida e substituir esses alimentos por outros (7). Porém, os portadores da DC enfrentam dificuldades em adotar uma dieta totalmente isenta de glúten, devido a pequena oferta de produtos de baixo custo, que sejam acessíveis às classes menos favorecidas, além da contaminação de produtos por traços de glúten (20).

A alergia ao trigo pode ser definida como sendo uma reação imunológica adversa às proteínas do trigo mediada por IgE (Imunoglobulina E), que causa sintomas respiratórios, tais como “asma do padeiro” e rinite, sendo mais comum em indivíduos adultos, alergia alimentar (sintomas gastrointestinais, urticária, angioedema ou dermatite atópica), que afeta principalmente crianças, e urticárias de contato (17). Os testes realizados para detectar alergia alimentar ao trigo são a dosagem sérica de IgE ou testes cutâneos para o trigo (8).

A sensibilidade ao glúten não celíaca é uma forma de intolerância ao glúten quando a doença celíaca e a alergia ao trigo foram excluídas. Os indivíduos sensíveis ao glúten podem apresentar sintomas intestinais como desconforto abdominal, distensão abdominal, dor e diarreia e também uma série de sintomas extraintestinais, tais como dores de cabeça, fadiga, erupções cutâneas e depressão (5). Os pacientes com sensibilidade ao glúten não celíaca se beneficiam sintomaticamente com uma dieta isenta de glúten, porém devem ser informados de que essa intolerância é uma entidade clínica reconhecida há pouco tempo, cujas fisiopatologias ainda não são totalmente compreendidas (17).

Desta forma, é constante a busca por novos ingredientes enriquecedores, que atendam às necessidades e critérios de saudabilidade essenciais destinados ao público consumidor de produtos sem glúten. O desenvolvimento de produtos sem glúten ainda é um desafio tecnológico, devido aos atributos sensoriais que resultam da ausência de glúten. Dessa forma, diversos substitutos para a farinha de trigo têm sido empregados, derivados de fontes livres de glúten, provenientes de cereais, tubérculos, raízes e

pseudocereais, com a finalidade de assemelhar-se às propriedades viscoelásticas do glúten, dentre as quais, a farinha de arroz, amido de milho, fécula de mandioca, quinoa, amaranto, farinha de coco, polvilho doce, polvilho azedo, farinha de milho, sorgo, farinha de mandioca, fécula de batata, batata-doce e farinha de batata-doce (6,7,20).

BATATA-DOCE

A batata-doce (*Ipomoea batatas (L.)* Lam.) é uma planta dicotiledônea, membro da família Convolvulaceae, sendo o único membro hexaplóide (2n=6x=90), cuja ploidia reflete-se na grande variabilidade presente na espécie (10). De constituição herbácea, rastejante, composta por ramificações de tamanho, cor e pilosidade bastante distintos, possui folhas com formato e cor variáveis. É uma espécie rústica, de boa resistência à seca, ampla adaptação climática, de fácil cultivo e baixo custo. Devido seu ciclo de produção ser curto (120 a 150 dias), resulta em grande volume de produção durante todo o ano (21).

Atualmente, observa-se considerável diversidade genética em batata-doce nas diversas regiões produtoras do Brasil, oriunda da segregação obtida pela propagação sexuada e de introduções de plantas provenientes de outras localidades. Esta variabilidade é nítida nas diferentes cores, sabores, texturas, formatos, resistências, rendimento, entre outras características (10).

As cultivares de batatas-doces comercializadas podem variar a cor de casca e polpa, as quais podem ser brancas, amarelas, cremes, rosas, alaranjadas e roxas. No Brasil são mais comumente comercializadas batatas-doces de polpa branca, amarela e creme. As batatas-doces de polpa alaranjada ainda são pouco consumidas, no entanto do ponto de vista nutricional o consumo é mais atrativo, pois são ricas em carotenoides (11,22).

A batata-doce é considerada um alimento de extrema importância por ser fonte de energia (11). Ao ser colhida, apresenta cerca de 30% de matéria seca, e contém aproximadamente 85% de carboidratos em relação à massa seca, quantidade superior quando comparada a outras culturas ricas em amido, como o arroz, milho e trigo (15).

A batata-doce é uma das culturas mais importantes do mundo e que faz parte da dieta de populações sujeitas à restrição alimentar, não só pela quantidade de nutrientes que possui, mas também pelos fitoquímicos presentes em sua raiz e folhas (13,21). Apresenta baixo teor de gordura, possui antioxidantes, como as antocianinas e os carotenoides, além de ser fonte de vitamina C, fibras e minerais como zinco, potássio, sódio, manganês, cálcio, magnésio e ferro (15,21). Os minerais são essenciais, pois atuam em processos metabólicos importantes, auxiliando na regulação e catalisação de mecanismos ao organismo (23,24).

A batata-doce é uma importante fonte de carboidratos complexos de baixo índice glicêmico (IG=46), quando comparada ao arroz (IG=56) e, em especial, ao pão de trigo (IG=81) (25). Quando os carboidratos são absorvidos e digeridos lentamente pelo organismo, pouca liberação de insulina é estimulada, o que controla o apetite e reduz o risco de diabetes e obesidade (23).

Sendo mais consumida na forma cozida ou assada, a batata-doce também pode ser utilizada pela indústria alimentícia na formulação de produtos prontos e/ou como ingredientes (14,26). A industrialização evita o desperdício de batatas-doces que não são comercializadas, por apresentarem defeitos, tais como tamanhos irregulares, manchas ou cicatrizes na casca. Além de resultar na obtenção de produtos com maior vida de prateleira e maior valor agregado (2), como é o caso de quando se utiliza a secagem para a obtenção de *chips*, flocos de batata-doce, batata-doce desidratada e farinha de batata-doce (14,26,27).

De origem norte-americana, a batata-doce *Beauregard* foi uma cultivar melhorada com maiores teores de provitamina A desenvolvida pela Louisiana Agricultural Experiment Station em 1987. Foi apresentada ao Brasil através de um convênio com o Centro Internacional de La Papa (CIP) do Peru (12). Em 2010, a cultivar foi testada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Hortaliças/DF), onde foi implantado um campo de plantas matrizes, para a produção e fornecimento de mudas certificadas aos agricultores (11). Seu diferencial é sua polpa de cor alaranjada, indicadora do pigmento β-caroteno (22). O β-caroteno geralmente é encontrado em frutas vermelhas, amarelas e laranjas, como as mangas, por exemplo, e nos vegetais, como a cenoura, batatas-doces e abóboras (3).

A forma de consumo da batata-doce *Beauregard* não se difere das outras cultivares de batata-doce, e seu plantio é sucedido o ano inteiro, desde que se tenha temperatura adequada no local, mínimo de 15 ºC. Possui elevado teor de β-caroteno (em média 115 $mg.kg^{-1}$), quando comparada aos teores médios de outros vegetais, tais como a cenoura (*Daucus carota* L.), que possui 68 $mg.kg^{-1}$, a moranga (*Cucurbita spp.*), com 25 $mg.kg^{-1}$, o tomate (*Lycopensicon esculentum* Mill.), com teor de 6,5 $mg.kg^{-1}$ e a batata-doce de polpa branca (*Ipomoea batatas (L)* Lam.), com 0,57 $mg.kg^{-1}$ (28).

A batata-doce *Beauregard* possui ~10 vezes mais carotenoides (provitamina A) do que as cultivares mais plantadas no Brasil (12). Dessa forma, o consumo da batata-doce *Beauregard* traz benefícios à saúde humana, incluindo melhora da imunidade e redução da incidência de doenças, como câncer, doenças cardiovasculares, catarata e degeneração macular (29).

Esta espécie é habitualmente consumida in natura, porém, para aumentar seu tempo de vida útil, pode ser convertida na forma de farinha e seus derivados (14). As farinhas de batatas-doces podem ser aproveitadas na indústria de panificação (13,27), pelo fato de não conter glúten, são ideais para a formulação de alimentos funcionais para indivíduos portadores da doença celíaca.

De acordo com a Resolução nº 263, de 22 de setembro de 2005, farinha é o produto obtido de uma ou mais espécies de cereais, grãos, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos ou rizomas, por meio da operação de moagem e/ou processos tecnológicos adequados à produção de alimentos (30).

A farinha de batata-doce, quando elaborada a partir de fontes com teores consideráveis de β-caroteno, é fonte de provitamina A (22,31). Dessa forma, a farinha de batata-doce *Beauregard* pode ser uma alternativa interessante na confecção de biscoitos, bolos, tortas, pães, macarrão, entre outros alimentos destinados a várias faixas etárias, a fim de aumentar o valor nutritivo desses produtos.

DESENVOLVIMENTO DE FORMULAÇÕES COM BATATA-DOCE IN NATURA OU FARINHA DE BATATA-DOCE

Como visto, a batata-doce é rica em amido e é uma fonte favorável de compostos bioativos para a produção de alimentos funcionais (14). Devido ao seu baixo teor de gordura e a riqueza em fibras alimentares e sais minerais, pode substituir uma quantidade substancial de farinha de trigo em aplicações de panificação, melhorando as propriedades nutricionais, sensoriais e funcionais dos produtos (32). Ainda, no caso de produtos alimentares processados, a farinha de batata-doce pode contribuir com doçura e cor e conferir um sabor distinto e agradável (33).

A substituição de parte da farinha de trigo utilizada na elaboração de pães por farinhas alternativas, tais como de batatas-doces, poderia contribuir para o incremento do teor de fibras alimentares e de antioxidantes em um produto de consumo tradicional e de

custo acessível, mesmo aos segmentos menos favorecidos da população (34). No entanto, pães desenvolvidos com substituição de 30% da farinha de trigo por farinha de batata-doce tornam-se mais sólidos e com sabor menos agradável (35). Ainda assim, ao conduzir análise sensorial dos pães com 30% de farinha de batata-doce, Araújo (35) reporta médias entre 6 (seis) e 7 (sete) ("gostei ligeiramente" e "gostei moderadamente") para os atributos cor, aparência, odor e sabor.

Contudo, a substituição da farinha de trigo por 5 a 10% de farinha de batata-doce resultou em pães cujos atributos sensoriais obtiveram aceitabilidade comparáveis aos pães elaborados com 100% de farinha de trigo (36). Os autores observaram que o incremento no teor de farinha de batata-doce na elaboração dos pães provocou uma redução no teor de proteínas, porém aumentou significativamente o teor de cinzas, indicativo do maior conteúdo de sais minerais presentes.

Os pães preparados com a adição das farinhas da polpa e das cascas de batata-doce alaranjada (*Beauregard*) apresentaram maiores concentrações de moléculas bioativas e capacidade antioxidante, quando comparados aos pães com 100% de farinha de trigo. Além disso, estas misturas produziram pães com propriedades reológicas melhoradas, com qualidades sensoriais comparáveis às do controle, e maior estabilidade da massa, indicando uma maior gama de aplicações. Após o tratamento térmico, os pães fortificados mantiveram teores de compostos fenólicos totais, flavonoides, antocianinas e carotenoides significativamente mais elevados, implicando na sua acessibilidade para humanos durante o consumo (37).

Embora não constituam um alimento básico como o pão, dentre os produtos de panificação, os biscoitos têm uma grande viabilidade comercial, considerando sua facilidade de armazenamento e transporte, versatilidade, conveniência e atraentes atributos sensoriais, mas principalmente devido à sua longa vida de prateleira. Os biscoitos são também uma opção prática de consumo de carboidratos e proteínas, fibras e até mesmo vitaminas, sendo muito bem aceitos por pessoas de várias faixas etárias (1,16).

Lafia *et al.* (38) desenvolveram e caracterizaram biscoitos (doces, salgados e tipo "raivinhas") com adição de 40% de farinha de batata-doce, e analisaram sensorialmente em relação aos atributos aparência, textura, sabor, aroma, cor e impressão global, bem como intenção de compra. Todos os biscoitos apresentaram boa aceitação em todos os atributos sensoriais avaliados, com notas variando de 7 (sete) a 9 (nove) ("gostei moderadamente" a "gostei muitíssimo") e uma boa intenção de compra, com mais de 50% dos julgadores indicando que 4-certamente e 5-provavelmente comprariam os produtos.

Sousa *et al.* (39) desenvolveram biscoitos isentos de glúten a partir de batata-doce de polpa alaranjada (*Beauregard*), sendo esta cozida em micro-ondas, descascada e amassada manualmente, para a produção de um purê. Em seguida, adicionou-se amido de milho, açúcar e gordura (margarina) às formulações, sendo que o teor de batata-doce *Beauregard* variou de 18,86% a 47,14%, e o de gordura de 15,95% a 30,07%, ambos acrescidos em relação à soma da massa de amido e açúcar. Os biscoitos foram assados e então submetidos à avaliação físico-química, microbiológica, morfológica e sensorial. As formulações selecionadas para análise sensorial foram T6 (maior teor de batata-doce *Beauregard*, 47,14%), T4 (maior percentual de batata-doce *Beauregard* (43%) quando relacionado à gordura (18%)) e T9 (ponto central, 33% de batata-doce *Beauregard*), e as médias, de forma geral, oscilaram entre 6 (seis) e 7 (sete) indicando na escala sensorial, "gostei ligeiramente" a "gostei moderadamente", exceto para textura e intenção de compra, que obtiveram médias inferiores. Os autores argumentam que a adição de batata-doce *Beauregard* em produtos de panificação ainda é um desafio por se tratar de um material fibroso e com teor de umidade superior às variedades de polpa acinzentada.

Por outro lado, a adição de batata-doce *Beauregard* elevou a aceitação dos biscoitos desenvolvidos por Kubit *et al.* (40) para cor e aparência, enquanto a adição de margarina elevou a aceitação dos biscoitos para sabor, cor, textura e intenção de compra. Logo, quanto maior a adição de margarina melhor a aceitação para os itens citados, pois os lipídios, além de influenciar na textura produzindo biscoitos mais macios, também fornecem sabor.

Biradar *et al.* (33) mostraram que os bolos elaborados com substituição parcial de farinha de trigo por farinha de batata-doce *Beauregard* apresentam melhor estabilidade de armazenamento quando comparados aos bolos produzidos com 100% de farinha de trigo. Foram observados melhor manutenção do teor de umidade, diâmetro, espessura, volume, densidade, cor e aceitabilidade sensorial geral nos bolos armazenados refrigerados. Os bolos enriquecidos com 30% de farinha de batata-doce de polpa alaranjada e 70% de farinha de trigo apresentaram boa aceitabilidade.

Camargo (41) desenvolveu duas formulações de bolos: com a batata-doce *Beauregard* in natura (F1) e com a farinha de batata-doce *Beauregard* (F2), como modo alternativo e complementar às intervenções dietéticas voltadas ao combate da deficiência de vitamina A, e avaliou a biodisponibilidade dos carotenoides pró-vitamínicos presentes nestes alimentos ingeridos por gerbils (*Meriones unguiculatus*). A autora determinou 31,29 μg g^{-1} de β-caroteno na F2 e 17,13 μg g^{-1} na F1, evidenciando que a farinha de batata-doce *Beauregard* confere maior concentração de β-caroteno aos produtos do que a batata in natura. Após quatro semanas, foi possível observar que os carotenoides pró-vitamínicos foram convertidos em vitamina A, ficando disponíveis ao organismo dos gerbils, demonstrando que a batata-doce biofortificada e seus derivados possuem potencial para serem utilizados no combate da deficiência de vitamina A.

De maneira análoga, Silva *et al.* (29) mostrou que a ingestão da farinha de batata-doce *Beauregard* (190,03 μg carotenoides g^{-1} e 23,21 mg polifenóis g^{-1}) garante maior aporte desses compostos bioativos em comparação com a batata in natura (69,30 μg carotenoides g^{-1} e 10,87 mg polifenóis g^{-1}). Os autores também desenvolveram formulações de bolos sem glúten, sendo F1 com 50% de farinha de batata-doce *Beauregard* e 50% de farinha de arroz, e F2 com 100% de farinha de arroz, e encontraram um teor de cinzas ~32% maior em F1, em comparação à F2, e 65,46 μg de β-caroteno g^{-1} do bolo desenvolvido com a farinha da batata-doce biofortificada. Os autores concluem que a ingestão de menos de 50 g de farinha e 60 g de bolo F1, que correspondem a uma porção, são suficientes para atingir a ingestão diária recomendada de vitamina A.

Barras de cereais atendem a um público que busca praticidade e benefícios à saúde, devido ao seu alto valor nutritivo, e formulações com batata-doce visam atender os requisitos de saudabilidade para introduzir no mercado produtos inovadores. Assim, Bezerra *et al.* (42) utilizaram farinha de batata-doce nas concentrações de 10, 15 e 20% para o desenvolvimento de barra de cereais, sendo que a formulação com 15% de farinha de batata-doce apresentou valores de fibras (7,0%) e proteínas (8,6%) maiores que os das barras de cereais convencionais industrializadas e obteve maior preferência sensorial em relação às demais amostras com 10 e 20% de farinha de batata-doce na formulação.

Silva *et al.* (43) desenvolveram e caracterizaram nutricionalmente e sensorialmente *snacks* em barra à base de farinha de batata-doce das variedades *Beauregard* (Jerimum) e Real. A farinha da variedade *Beauregard* apresentou maiores teores de fibras alimentares (3,21%) e 10x mais carotenoides (13,95 mg 100 g^{-1}), o que também refletiu em maiores concentrações desses nutrientes nos *snacks*. As amostras não apresentaram diferenças significativas entre si ($p>0,05$) para a aceitação sensorial dos atributos aparência, aceitação global, sabor e textura. A maior aceitação da cor foi verificada para o *snack* em barra à base de farinha de batata-doce *Beauregard*, possivelmente relacionada à sua coloração mais vibrante e alaranjada. As médias de

aceitação sensorial das amostras para os atributos avaliados ficaram na faixa de "gostei ligeiramente" na escala hedônica. Os *snacks* em barra apresentaram intensidade do sabor característico de batata-doce variando de 3,1 a 3,3; gosto doce com média de 3,1; pouca crocância, com intensidade entre 18-2,5; pouco firmes (2,1 a 2,6), baixa intensidade de suculência (3,2 a 3,6) e adesividade (2,8 a 2,9). No entanto, os provadores indicaram atitude positiva para o *snack* em barra à base de farinha de batata-doce *Beauregard*, pois 45,6% responderam que "certamente compraria" ou "provavelmente compraria", quanto 35,1% dos provadores indicaram atitude positiva para o o *snack* em barra à base de farinha de batata-doce Real.

A farinha de batata-doce pode substituir parcialmente a farinha de trigo na fabricação de massas alimentícias frescas e secas, sem afetar a qualidade do produto final e sem precisar fazer grandes modificações (35). Remonato *et al.* (44) desenvolveram macarrão tipo talharim com adição de 20% de farinha de batata-doce *Beauregard* e compararam com a formulação tradicional. O macarrão contendo farinha biofortificada, apresentou teor de betacaroteno ~89 vezes maior e 2.6 vezes maior teor de cinzas comparado com o macarrão produzido com 100% de farinha de trigo, indicando que a adição de FBDB enriqueceu de forma significativa a quantidade de antioxidantes e minerais no macarrão.

CONCLUSÕES

Diante da revisão conduzida, é possível observar que a batata-doce é uma hortaliça bastante importante para a alimentação humana, e suas características permitem seu aproveitamento na elaboração de vários produtos alimentares, com grande potencial de aplicação na indústria de panificação e confeitaria.

A farinha da batata-doce *Beauregard* é uma alternativa viável para incorporação em bolos, pães, biscoitos, *snacks*, massas, dentre outros, aumentando os teores de sais minerais, carboidratos, carotenoides, polifenóis, bem como a atividade antioxidante no alimento.

Levando em consideração a importância do desenvolvimento de formulações inclusivas, sugere-se que mais estudos sejam conduzidos com a finalidade de substituir totalmente a farinha de trigo por farinhas sem glúten, a exemplo da farinha da batata-doce *Beauregard*.

REFERÊNCIAS

1. Cazagranda C, Amancio R, Feiten MC, Gilioli A, Gonzalez LS, Fagundes C. Obtenção de farinha de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller*)* e sua aplicação no desenvolvimento de biscoitos tipo *cookie*. CC&T. 2022;39(3):e27148. http://dx.doi.org/10.35977/0104-1096.cct2022.v39.27148

2. Zanetti VC, Bordignon R, Peretti ME, Goldoni TSH, Meyring ES, Feiten MC. Desenvolvimento de Biscoito sem Glúten à Base de Farinha de Teff e Batata Doce**.** Anais do Congresso Sul Brasileiro de Engenharia de Alimentos. [Internet]. 2022 [acesso em 2024 Nov 26];5. Disponível em: https://www.even3.com.br/anais/vcsbdeda2021/481102-desenvolvimento-de-biscoito-sem-gluten-a-base-de-farinha-de-teff-e-batata-doce/

3. Damodaran S, Parkin KL. Química de alimentos de Fennema. 5. ed. Artmed; 2019.

4. Czuchajowska Z, Paszczyñska B. Is wet gluten good for baking? Cereal Chem. [Internet]. 1996 [acesso em 2024 Nov 25];73(4):483-489. Disponível em: https://www.cerealsgrains.org/publications/cc/backissues/1996/Documents/73_483.pdf

5. Kagnoff MF. AGA Institute medical position statement on the diagnosis and management of celiac disease. Gastroenterol. 2006;131(6):1977-1980. https://doi.org/10.1053/j.gastro.2006.10.003

6. Giovanella C, Schlabitz C, Souza CFV. Caracterização e aceitabilidade de biscoitos preparados com farinha sem glúten. Rev. Bras. Tecnol. Agroind. 2013;7(1):965-976. https://doi.org/10.3895/S1981-36862013000100009

7. Mariani M, Oliveira VR, Faccin R, Rios AO, Venzke JG. Elaboração e avaliação de biscoitos sem glúten a partir de farelo de arroz e soja e farinhas de arroz e soja. Braz. J. Food Technol. 2015;18(1):70-78. https://doi.org/10.1590/1981-6723.6514

8. Elli L, Branchi F, Tomba C, Villalta D, Norsa L, Ferretti F, Roncoroni L, Bardella MT. Diagnosis of gluten-related disorders: Celiac disease, wheat allergy, and non-celiac gluten sensitivity. World J. Gastroenterol. 2015;21(23):7110-7119. http://dx.doi.org/10.3748%2Fwjg.v21.i23.7110

9. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Database. Crops and livestock products: swet potatoes. [Internet]. FAOSTAT; 2022. [acesso em 2024 Nov 26]. Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize

10. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema de Produção de Batata-Doce. [Internet]. EMBRAPA; 2021. [acesso em 2024 Nov 26]. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1155447/1/Sistema-de-Producao-de-Batata-Doce.pdf

11. Melo WF, Silva JBC, Gomes LM, Moita AW, Amaro GB, Fernandes FR, Nutti MR, Dusi AN. Biofortificação no Brasil (BioFORT): avaliação preliminar de clones de batata-doce ricos em betacaroteno em duas épocas de plantio. Reunião de Biofortificação no Brasil. [Internet]. 2011 [acesso em 2024 Nov 27];4. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54480/1/2011-131.pdf

12. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Technological Solutions: Batata-doce *Beauregard*. [Internet]. EMBRAPA; 2024. [acesso em 2024 Nov 27]. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/7172/batata-doce-beauregard

13. Jaime CEF, Camargo VCS, Azevedo NC, Enes CC. Obtenção de farinha de batata-doce biofortificada. Braz. J. Dev. 2020;6(3):10958-10979. https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-097

14. Alam MK. A comprehensive review of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam): Revisiting the associated health benefits. Trends Food Sci. Tech. 2021;115:512-529. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.001

15. TBCA. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. Food Research Center. [Internet]. São Paulo: Universidade de São Paulo (USP); 2023 [acesso em 2024 Nov 25]. Disponível em: https://www.tbca.net.br/

16. Pestorić M, Sakač M, Pezo L, Škrobot D, Nedeljković N, Jovanov P, Šimurina O, Mandić A. Physicochemical characteristics as the markers in predicting the self-life of gluten-free cookies. J. Cereal Sci. 2017;77:172-179. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.08.013

17. Rocha S, Gandolfi L, Santos JE. Os impactos psicossociais gerados pelo diagnóstico e tratamento da doença celíaca. REEUSP. 2016;50(1):66-72. http://dx.doi.org/10.1590/S0080-623420160000100009

18. Araújo HMC, Araújo WMC, Botelho RBA, Zandonadi RP. Doença celíaca, hábitos e práticas alimentares e qualidade de vida. Rev. Nutr. 2010;23(3):467-474. https://doi.org/10.1590/S1415-52732010000300014

19. Ministério da Saúde (BR). Portaria nº 1149, de 11 de novembro de 2015. Aprova o protocolo clínico e diretrizes terapêuticas da doença celíaca. Diário Oficial da União. 11 nov 2015.

20. Queiroz AM, Rocha RFJ, Garrutti DS, Silva APV, Araújo IMS. Elaboração e caracterização de cookies sem glúten enriquecidos com farinha de coco: uma alternativa para celíacos. Braz. J. Food Technol. 2017;20:e2016097. http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.9716

21. Motsa NM, Modi AT, Mabhaudhi T. Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) as a drought tolerant and food security crop. S. Afr. J. Sci. 2015;111(11/12):1-8. http://dx.doi.org/10.17159/sajs.2015/20140252

22. Camargo VCS, Srebernich SM. Composição físico-química e teor de carotenóides de batata-doce biofortificada cultivar *Beauregard*. *In:* Silvani Verruck (Org.). Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2021;5:156-167. https://doi.org/10.37885/211106860

23. Ji H, Zhang H, Li Y. Analysis on the nutrition composition and antioxidante activity of diferente types of sweet potato cultivars. Food Nutr. Sci. 2015;6:161-167. http://dx.doi.org/10.4236/fns.2015.61017

24. Vizzotto M, Pereira ES, Castro LAS, Raphaelli CO, Krolow AC. Composição mineral em genótipos de batata-doce de polpas coloridas e adequação de consumo para grupos de risco. Braz. J. Food Technol. 2018;21:e2016175. https://doi.org/10.1590/1981-6723.17516

25. Atkinson FS, Brand-Miller JC, Foster-Powell K, Buyken AE, Goletzke J. International tables of glycemic index and glycemic load values. 2021 [acesso em 2024 Nov 26]. Disponível em: https://nutritotal.com.br/pro/wp-content/uploads/2021/09/Tabela1_IG.pdf

26. Araújo CSP, Andrade FHA, Galdino PO, Caldas MSP. Desidratação de batata-doce para fabricação de farinha. ACSA. 2015;11(4):33-41. https://doi.org/10.30969/acsa.v11i4.687

27. Azevedo NC, Camargo VCS, Fuentes-Jaime CE, Enes CC. Desenvolvimento de formulações de bolo a base de farinha de batata-doce biofortificada. *In:* Carlos Alberto Martins Cordeiro (Org.). Tecnologia de Alimentos: Tópicos Físicos, Químicos e Biológicos. 2020;3:151-169. https://doi.org/10.37885/200901481

28. Campos FM, Sant'ana HMP, Souza PM, Stringheta PC, Chaves JBP. Provitamina A em hortaliças comercializadas no mercado formal e informal de Viçosa (MG), em três estações do ano. Food Sci. Tech. 2006;26(1):33-40. https://doi.org/10.1590/S0101-20612006000100006

29. Silva SF, Amaral BMS, Freitas SVR, Souza AJM, Mendes GL, Milhome LAM, Farias LV. Efeito do processamento na composição centesimal e de bioativos de batata-doce '*Beauregard*' e de seus derivados. CC&T. 2022;39(3):1-16. http://dx.doi.org/10.35977/0104-1096.cct2022.v39.26960

30. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BR). Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Diário Oficial da União. 23 set 2005.

31. Van Jaarsveld PJ, Faber M, Tanumihardjo SA, Nestel P, Lombard CJ, Benadé AJS. Beta-carotene rich orange-fleshed sweet potato improves the vitamin A status of primary school children assessed with themodified-relative-dose test. Am. J. Clin. Nutr. 2005;8(5):1080-1087. https://doi.org/10.1093/ajcn/81.5.1080

32. Tortoe C, Akonor PT, Buckman ES. Potential uses of sweet potato-wheat composite flour in the pastry industry based on proximate composition, physicochemical, functional, and sensory properties of four pastry products. J. Food Process. Preserv. 2017;41(5):e13206. https://doi.org/10.1111/jfpp.13206

33. Biradar MC, Naik KR, Gorabal K, Masuthi DA, Koulagi S, Nataraja KH. Studies on the effect of different storage conditions on keeping quality and physical properties of orange fleshed sweet potato (*Ipomea batatas L.* Lam) flour cake. Biol. Forum. [Internet]. 2023 [acesso em 2024 Nov 25];15(6):333-341. Disponível em: https://www.researchtrend.net/bfij/pdf/Studies-on-the-effect-of-different-Storage-conditions-on-Keeping-quality-and-Physical-properties-of-Orange-Fleshed-Sweet-potato-(Ipomea-batatas-L.-Lam)-Flour-Cake-Madhu-Chanabasappa--Biradar-51.pdf

34. Nascimento KO, Rocha DGCM, Silva EB, Barbosa Júnior JL, Barbosa MIMJ. Caracterização química e informação nutricional de fécula de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) orgânica e biofortificada. RVADS. [Internet]. 2013 [acesso em 2024 Nov 26];8(1):132–138. Disponível em: https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/1774

35. Araújo CSP. Processamento da batata-doce para utilização em produto de panificação. [Trabalho de Conclusão de Curso]. Catolé do Rocha: Universidade Estadual da Paraíba; 2015.

36. Mitiku DH, Abera S, Bussa N, Abera T. Physico-chemical characteristics and sensory evaluation of wheat bread partially substituted with sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) flour. Br Food J. 2018;120(8):1764-1775. https://doi.org/10.1108/BFJ-01-2018-0015

37. Elkatry HO, El-Beltagi HS, Ramadan KMA, Ahmed AR, Mohamed HI, Al-Otaibi HH, Mahmoud MAA. The chemical, rheological, and sensorial characteristics of arabic bread prepared from wheat-orange sweet potatoes flour or peel. Foods. 2023;12(8):1658. https://doi.org/10.3390/foods12081658

38. Lafia AT, Ketounou TR, Rodrigues DS, Silva EOD, Bonou SI, Lopes RMM, Sousa SD. Composição nutricional de biscoitos biofortificados com farinha de batata-doce. Braz. J. Dev. 2020;6(9):66846–66861. https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-209

39. Sousa LBT, Marques GA, Minguita APS, Ascheri JLR, Silva EMM. Biscoitos elaborados com batata-doce de polpa alaranjada: avaliação físico-química, microbiológica e morfológica. J. Appl. Pharm. Sci. [Internet]. 2018 [acesso em 2024 Nov 26];5:42-61. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/213339/1/Artigo-Original-Original-Article-Biscoit.pdf

40. Kubit DM, Carvalho JLV, Silva EMM, Ascheri JLR. Caracterização tecnológica e sensorial de biscoitos formulados com batata-doce de polpa alaranjada. *In:* Open Science Research. 2022;5:410-424. https://doi.org/10.37885/220609273

41. Camargo VCS. Avaliação in vivo de retinol em produtos (farinha e bolo sem glúten) oriundos de batata-doce (*Ipomoea batatas*) cultivar *Beauregard* biofortificada com carotenoides. [Dissertação]. Campinas: Pontifícia Universidade Católica de Campinas; 2018.

42. Bezerra JRMV, Rigo M, Teixeira ÂM, Angelo MA, Czaikoski A. Processamento de barras de cereais com adição de farinha de batata-doce (*Ipomoea batatas L.*). Ambiência. 2015;11(1):65-73. https://doi.org/10.5935/ambiencia.2015.01.04

43. Silva YO, Araújo IMS, Dantas BS, Carneiro KLB, Garruti DS, Medeiros MML. *Snacks* em barra à base de batata doce, com alegação de propriedades nutricionais: desenvolvimento, caracterização nutricional e sensorial. NUTRIVISA. 2023;10:e11806. https://doi.org/10.59171/nutrivisa-2023v10e11806

44. Remonato J, Judacewski P, Santos LH, Santos SMV, Silva SZ. Qualidade de macarrão tipo talharim elaborado com farinha de batata-doce *Beauregard*. Agrotec. 2017;38:91-95. https://doi.org/10.25066/agrotec.v38i2.28647

Capítulo 39

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-39

COBERTURAS BIODEGRADÁVEIS: EFEITOS SOBRE A VIDA ÚTIL DE TOMATES TIPO ITALIANO

Rhaif Oliveira e Silva; Ana Paula Stort Fernandes; Ellen Godinho Pinto; Wiaslan Figueiredo Martins; Taysa Martins de Oliveira; Thais Alves Barbosa; Isadora Rocha Ribeiro; Bárbara Soares; Dayana Silva Batista Soares*;

**Dayana Silva Batista Soares – Email: dayana.soares@ifgoiano.edu.br*

RESUMO: O tomate (*Solanum lycopersicum L.*) é a hortaliça mais presente no prato dos brasileiros e vem sendo cultivado em todo o país, pois é muito apreciado pelo seu sabor tanto in natura quanto processado. Apesar do seu alto consumo por todo o mundo, a perda deste produto durante a pós-colheita é bastante preocupante. Sendo assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de coberturas biodegradáveis sobre vida útil de tomates. As coberturas utilizadas foram quitosana 1% e ácido lático 1%. As amostras foram armazenadas, sob temperatura ambiente, durante 12 dias. As avaliações quanto a pH, sólidos solúveis, acidez titulável, perda de massa, teor de licopeno e umidade, foram realizadas a cada três dias. Os dados referentes às análises de pós-colheita foram analisados estatisticamente pelo teste de Tukey ($p<0,05$) e teste de t- student ($p<0,05$). Tanto a quitosana quanto o ácido lático foram efetivos na elevação da vida útil do tomate.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum* L., licopeno, pós-colheita, quitosana, ácido lático.

INTRODUÇÃO

O tomate (Solanum lycopersicum L.) é um dos frutos mais consumidos no mundo, com grande importância econômica e nutricional. Rico em vitaminas A e do complexo B, além de glicose, frutose, lipídios, proteínas e minerais como potássio e cálcio, o tomate contribui para a saúde ocular, metabólica e cardiovascular. Ele é amplamente utilizado na indústria alimentícia, em produtos como molhos e sucos, e possui propriedades antioxidantes, especialmente devido ao licopeno (1).

O consumo de tomate é muito elevado em todo o Brasil, sendo um dos alimentos mais populares e utilizados na culinária do país. De acordo com Andrade *et al* (2), o tomate é um ingrediente essencial em diversos pratos típicos, além de ser amplamente consumido fresco, em molhos, sucos e conservas. Essa alta demanda reflete sua importância na dieta diária dos brasileiros.

O tomate, por ser um alimento altamente perecível e classificado como fruto climatérico, possui uma vida útil reduzida devido à sua elevada atividade metabólica. Segundo Nogueira *et al* (3), o manuseio inadequado, o uso de embalagens mal dimensionadas e o transporte em condições inadequadas contribuem para grandes perdas pós-colheita, afetando sua qualidade e aumentando o desperdício. Essas perdas representam um desafio significativo para a conservação do tomate e para a redução do desperdício alimentar. Além disso, a sazonalidade do tomate resulta em períodos do ano com baixa disponibilidade do fruto no comércio, o que reforça a necessidade de

estratégias para aumentar o tempo de conservação. Melhorar a conservação do tomate é fundamental para garantir seu fornecimento contínuo, reduzindo perdas e atendendo à demanda mesmo fora da temporada de colheita (4).

Atualmente, um dos principais desafios para a economia e a saúde é a perda de alimentos devido a problemas de conservação, especialmente de frutos. O Brasil, sendo um dos maiores produtores de alimentos do mundo, enfrenta dificuldades em reduzir essas perdas, que afetam tanto a disponibilidade quanto a qualidade dos produtos, impactando diretamente a economia e o abastecimento alimentar (5). Segundo dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), aproximadamente 30% dos alimentos produzidos no Brasil são desperdiçados, o que representa uma grande perda econômica e um problema para a segurança alimentar. Esse desperdício ocorre em várias etapas da cadeia produtiva, desde a colheita até o consumo final, afetando principalmente frutas, vegetais e outros produtos perecíveis (6).

Com o objetivo de reduzir as perdas pós-colheita, diversas técnicas de conservação do tomate in natura têm sido estudadas, incluindo o uso de revestimentos comestíveis. Esses revestimentos aumentam o tempo de vida útil das frutas e hortaliças, funcionando como barreiras para a migração de umidade, oxigênio, dióxido de carbono, aromas, lipídeos e outros compostos. Além disso, esses revestimentos podem carregar aditivos alimentares e antimicrobianos, melhorando a integridade mecânica do produto e facilitando o manuseio. Essa tecnologia tem se mostrado promissora para aumentar a durabilidade e reduzir o desperdício de alimentos (7).

Segundo Modolon *et al* (8), técnicas de conservação de frutos pós-colheita têm sido preconizadas para a redução da atividade respiratória com o uso de películas comestíveis, aplicação de cera e armazenamento refrigerado. Quitina e quitosana são polímeros atóxicos, biodegradáveis, biocompatíveis e produzidos por fontes naturais renováveis (como por exemplo, fécula de mandioca e proteína do leite), cujas propriedades vêm sendo exploradas em aplicações industriais e tecnológicas há quase setenta anos. A quitosana, um biopolímero do tipo polissacarídeo, possui uma estrutura molecular quimicamente similar à fibra vegetal chamada celulose, diferenciando-se somente nos grupos funcionais (9).

Segundo Camili *et al* (10), devido à sua habilidade de formar um filme semipermeável, pode modificar a atmosfera ao redor do produto e diminuir as perdas por transpiração e desidratação dos frutos, além de atrasar o amadurecimento e o escurecimento enzimático de alguns frutos.

O ácido láctico e seus sais, os lactatos de sódio ou de potássio, atuam como agentes bacteriostáticos que aumentam o tempo de latência dos micro-organismos e/ou diminuem sua taxa de crescimento. Agem diretamente sobre o metabolismo bacteriano por acidificação intracelular, interferindo na transferência transmembranária de prótons, inibindo o mecanismo de retroação e quelando os cátions divalentes essenciais ao crescimento de patógenos. De outro lado, os lactatos abaixam a atividade da água, o que contribui a bloquear o desenvolvimento bacteriano, aumentando assim o tempo de conservação. Numerosos estudos mostraram recentemente o efeito inibidor dos lactatos contra certo número de microrganismos patógenos (Salmonella, Listeria, Staphylococcus, Clostridium). Eles ainda possuem uma função de exaustor de sabor. Conservante de alimentos, os lactatos atuam como agente sinérgico dos antioxidantes, acidulantes e saborizantes (11).

Objetivou-se com este estudo avaliar a aplicação de coberturas biodegradáveis de quitosana e ácido lático sobre a vida útil do tomate italiano cultivar cordillera.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os tomates foram adquiridos no comércio local da cidade de Morrinhos-GO e levados para o laboratório de Análise de Alimentos, do Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos (17º 43' 52" S; 49º 05' 58" W; 771m de altitude) onde o experimento foi realizado. Os frutos foram higienizados, em seguida, com o auxílio de uma peneira, foram imersos nas soluções de cobertura (quitosana 1% e ácido láctico 1%) por 1 minuto, e escorridos por mais 30 segundos antes de serem acondicionados em bandejas de polietileno por duas horas à temperatura de 0°C para que ocorresse a secagem da cobertura. Após secagem, os tomates revestidos, bem como os tomates controle (sem revestimento) foram pesados, acondicionados em bandejas de poliestireno e armazenados no laboratório em temperatura ambiente. Os frutos foram avaliados, em triplicata, a cada 3 dias, durante 12 dias, quanto a teor de sólidos solúveis, pH, acidez titulável, perda de massa, umidade e teor de licopeno.

A elaboração e aplicação da cobertura de quitosana foi realizada com cloreto de cálcio (1% p/v) foi dissolvido em 1,5 L de água destilada levemente acidificada com ácido lático (1% v/v). Logo após adicionou-se a quitosana (1% p/v) e homogeneizou-se a solução manualmente por aproximadamente 1 minuto.

Para a cobertura de ácido l (1% p/v) adicionou-se o ácido lático à água destilada e homogeneizou-se a manualmente por aproximadamente 1 minuto.

A determinação de umidade (estufa a 105ºC), pH (em potenciômetro) e acidez titulável foram realizadas segundo a (12).

A perda de massa dos frutos foi determinada segundo (13), sendo calculada pela diferença entre a massa inicial e a massa final das bandejas, medida em balança analítica. Os resultados foram expressos em porcentagem de perda de massa fresca, utilizando-se a equação (1).

$$PMF = 100 - \left[\frac{(MF * 100)}{MI}\right] \quad (1)$$

Onde:
PMF: perda de massa fresca (%)
MF: massa final (g)
MI: massa inicial (g)

A determinação do teor de licopeno foi segundo (14). Foi adicionado em um becker 0,24 g da amostra e adicionou 2 ml de etanol 95%, 2 ml de BHT em acetona e mais 4 ml de hexano gelado. Foi coberto o becker com filme de PVC esticável para que não ocorresse a evaporação e logo após ocorreu a agitação por 15 min. Em seguida foi adicionado 1,2 ml de água deionizada no extrato, agitou-o e foi esperado até que houve separação em duas camadas. A parte superior conteve o licopeno. Preparou o branco com hexano. Em seguida, fez-se a leitura das amostras em espectrofotômetro (λ= 503 nm) devidamente zerado com o branco. O conteúdo de licopeno foi calculado utilizando a equação (2):

$$Licopeno = \frac{x}{y} * Abs * 3{,}12 \quad (2)$$

Onde:
Licopeno = Conteúdo de licopeno (mg/Kg de produto fresco)
X= é a quantidade de hexano (ml)
Y= é o peso da amostra (g)

A análise estatística dos resultados foi efetuada usando estatística descritiva (média ± desvio padrão) e a comparação entre as médias foi realizada pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), (quando comparadas três médias) e pelo teste de t-Student ($\leq 0,05$) (quando comparadas duas médias) utilizando-se o programa SAS (Statistical Analisys System).

RESULTADO E DISCUSSÃO

O tratamento controle obteve uma menor vida útil que os demais tratamentos, sendo comprovada a senescência na quarta avaliação. Este fenômeno pode ser explicado pelo fato de que as coberturas aplicadas formaram filmes que funcionam como barreira a gases e ao vapor de água, aumentam o tempo de latência de micro-organismos e também possuem características antimicrobianas.

De acordo com a tabela 1 houve diferença significativa entre os valores de acidez titulável em todos os tratamentos, durante todo o período de armazenamento. Foi identificada uma queda nos valores de acidez titulável com posterior aumento durante o armazenamento. Ao final do armazenamento as amostras apresentaram maiores valores de acidez titulável, com exceção das amostras de ácido lático.

A redução da acidez ocorreu em decorrência do amadurecimento dos frutos e do metabolismo respiratório que continua ocorrendo após a colheita, fazendo com que vários substratos, dentre eles os ácidos orgânicos localizados nos vacúolos das células, sejam utilizados no ciclo de Krebs para geração de energia (15).

Quanto aos valores de pH observou-se diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos a partir do terceiro dia de avaliação. Durante o armazenamento observou-se diferença significativa do tratamento controle no último dia de avalição, no tratamento com ácido lático o pH do primeiro dia de avaliação diferiu significantemente ($p \leq 0,05$) do segundo e terceiro dia de avaliação, sendo que estes diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) do quarto e quinta dias de avaliação. As amostras revestidas com quitosana ao final do armazenamento se mostrou estatisticamente igual ao período inicial. Variações nos valores de pH (acréscimos e decréscimos) foram registrados ao longo do armazenamento tal fato pode ser explicado pela síntese e degradação de ácido orgânicos durante o processo de maturação.

A medida de pH exerce influência na palatabilidade do alimento, no desenvolvimento de micro-organismos, na atividade enzimática, na retenção do sabor-odor de produtos de frutas, na verificação do estádio de maturação de frutas, no emprego da esterilização e na escolha da embalagem na qual serão acondicionados os produtos, dentre outros (16).

Tabela 1 - Valores médios de acidez titulável, pH, licopeno e umidade das amostras sem cobertura (controle) e revestidas com ácido lático e quitosana.

Parâmetros	Tempo	Cobertura		
		Controle	Ácido lático	Quitosana
Acidez titulável (mg de ácido cítrico/g)	T0	$0,666 \pm 0,126^{bcA}$	$0,616 \pm 0,173^{bA}$	$0,637 \pm 0,388^{bA}$
	T1	$0,730 \pm 0,500^{bB}$	$0,843 \pm 0,115^{aA}$	$0,775 \pm 0,100^{aAB}$
	T2	$0,588 \pm 0,058^{cB}$	$0,444 \pm 0,058^{dC}$	$0,641 \pm 0,058^{bA}$
	T3	$1,246 \pm 2,311^{aA}$	$0,498 \pm 0,100^{cB}$	$0,416 \pm 0,100^{cB}$
	T4		$0,480 \pm 0,577^{cdB}$	$0,757 \pm 1,168^{aA}$

pH	T0	4,653±0,371^{aA}	4,443±0,040^{bA}	4,400±0,106^{bA}
	T1	4,527±0,050^{aA}	4,597±0,015^{aA}	4,537±0,006^{aA}
	T2	4,720±0,072^{aB}	4,577±0,038^{aC}	4,863±0,021^{aA}
	T3	3,900±0,200^{bB}	4,253±0,031^{cAB}	4,720±0,308^{aA}
	T4		4,300±0,020^{cA}	4,110±0,125^{cA}
Licopeno (mg/kg)	T0	78,700±2,127^{bA}	53,730±9,412^{cB}	52,376±7,730^{B}
	T1	96,313±3,857^{aA}	89,801±2,343^{aB}	70,175±2,371^{C}
	T2	72,980±11,549^{bA}	86,155±15,454^{aA}	81.753±3,765^{A}
	T3	48,138±15,847^{cB}	65,459±3,905^{bA}	37.959±8,135^{B}
	T4		18,765±4,546^{dA}	20.220±3,603^{A}
Umidade (%)	T0	95,250±0,185^{aA}	94,546±0,295^{cB}	95,271±0,148^{aA}
	T1	95,560±1,138^{aA}	95,205±0,134^{abA}	95,720±0,107^{aA}
	T2	94,870±0,100^{aB}	95,15±0,166^{abA}	95,373±0,070^{aA}
	T3	95,988±0,069^{aA}	95,431±0,059^{aA}	95,708±0,384^{aA}
	T4		94,943±0,072^{bcB}	95,201±0,091^{aA}

*Letras maiúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa (p≤0,.05) entre os tratamentos. **Letras minúsculas na mesma coluna indicam diferença significativa (p≤0,05) entre os tempos de armazenamento.

Durante o armazenamento houve diferença significativa (p≤0,05) em todos os tratamentos quanto ao teor de licopeno (Tabela 1). Observa-se que houve síntese de licopeno até o segundo dia de avaliação para as amostras controle e revestidas com ácido lático, e até o terceiro dia para as amostras revestidas com quitosana. Durante o processo de amadurecimento dos vegetais a clorofila vai sendo degradada enquanto há síntese dos demais pigmentos, carotenoides e antocianinas (17). Com isso observa-se que a cobertura de quitosana foi a mais eficiente quanto ao retardamento do processo de amadurecimento dos frutos. Ao final do armazenamento todas as amostras apresentaram valores menores do que apresentaram inicialmente, porém a amostra controle demonstrou declínio no teor de licopeno primeiro que os demais (Tabela 1). Sendo assim as coberturas conseguiram retardar a oxidação do licopeno. Segundo Rodriguez-Amaya *et al.* (18) os carotenoides são perdidos principalmente pela oxidação enzimática e não enzimática, as quais dependem da disponibilidade do oxigênio e da estrutura do carotenoide.

Resultado semelhante foi demonstrado por Barankevicz (19), que observou durante o congelamento do tomate tinto, teve inicialmente uma elevação do teor de licopeno seguido por uma queda.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos no parâmetro umidade. Em todos os tratamentos, os valores encontrados na primeira avaliação foram significamente iguais aos valores apresentados na última avaliação (Tabela 1).

As amostras controle e ácido lático não demonstraram variação significativa, enquanto que, nas amostras com quitosana não obteve variação (Tabela 1). Segundo Gallo *et al.* (20) as coberturas elaboradas a partir de polissacarídeos (como a quitosana) constituem boas barreiras a gases, contribuindo para o controle do processo respiratório, porém são sensíveis à umidade e apresentam alta permeabilidade ao vapor de água

O teor de sólidos solúveis de 3,0 °Brix, para o consumo de tomates in natura, é considerado ideal para frutos de alta qualidade, desde que haja equilíbrio com a acidez

titulável (21). Sendo assim todas as amostras estavam com ótimo teor de sólidos solúveis para o consumo in natura (Figura 1).

Na última avaliação das amostras de ácido lático e quitosana ocorreu uma elevação dos valores de sólidos solúveis (Figura 1). Esse comportamento pode ser explicado tanto pela hidrólise do amido a açúcares redutores (frutose e glicose), que ocorre durante o amadurecimento (22).

Ocorreu redução do teor de sólidos solúveis totais (SST) na última avaliação da amostra controle. Segundo Huertas *et al.* (23) essa redução no teor de SST, no final do armazenamento, indica que estes sólidos estão sendo mais usados na respiração do que produzidos, ou seja, é o início da senescência.

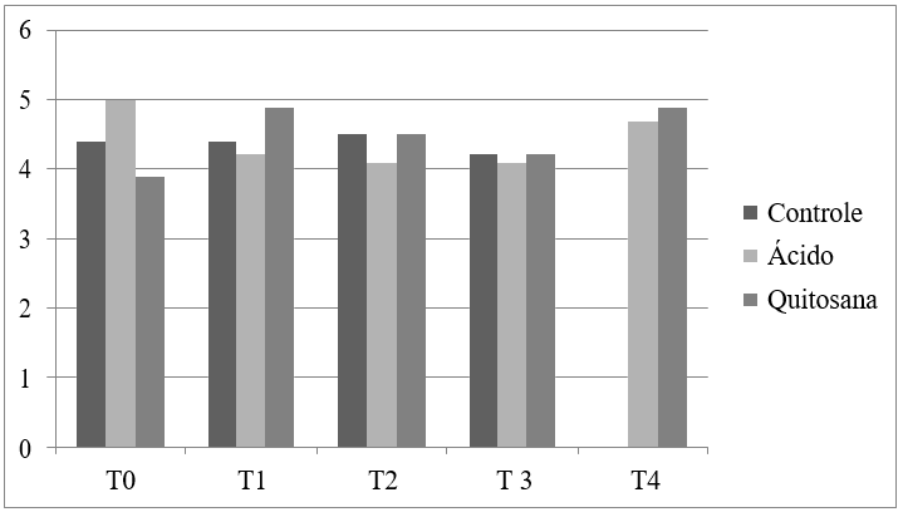


Figura 1 - Teor de sólidos solúveis totais das amostras sem cobertura (controle) e revestidas com ácido lático e quitosana.

Segundo Françoso *et al*. (24), a perda de massa fresca é resultado do processo transpiratório somado aos mecanismos respiratórios via oxidação do carbono. A transpiração acarreta a perda de água e, quando ocorre de forma intensa, pode afetar diretamente a qualidade dos frutos, alterando sua aparência e, consequentemente, diminuindo sua aceitação. Observa-se na figura 2 que houve aumento da perda de massa com decorrer do armazenamento em todos os tratamentos. Segundo Candeó (25) a perda de massa gradativa, em todos os frutos, é característica com o passar do tempo.

Tanto o controle quanto o ácido lático tiveram um aumento bastante elevado em suas últimas avaliações. Sendo assim a quitosana teve maior eficiência no parâmetro perda de massa (Figura 2).

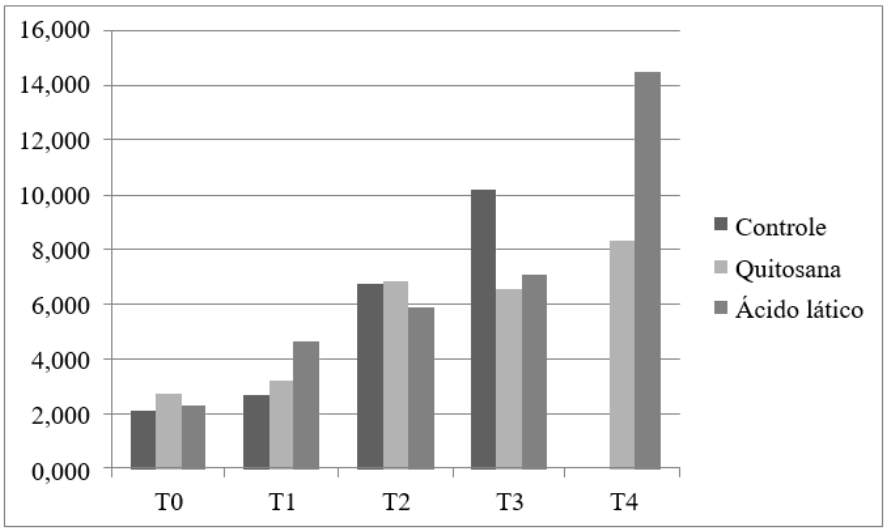


Figura 2**.** Perda de massa (g) das amostras sem cobertura (controle) e revestidas com ácido lático e quitosana.

CONCLUSÃO

O tratamento com quitosana e ácido lático elevou significamente à vida útil do tomate italiano cultivar cordillera. O tratamento controle entrou em senescência 3 dias antes que os demais tratamentos. Nem todas as características de qualidade físico-quimicas foram mantidas pelas coberturas. A quitosana conseguiu retardar as características de amadurecimento da acidez, pH, licopeno e teve o melhor desempenho quanto a perda de massa. Enquanto as características afetadas pelo ácido lático foram os sólidos solúveis, licopeno e demostrou influência sobre a umidade.

Embora a quitosana tenha conseguido afetar positivamente mais características físico-quimicas que o ácido lático, a cobertura com ácido lático possui menor custo. Sendo que as duas coberturas aumentaram igualmente a vida útil do tomate italiano cultivar cordillera, o ácido lático seria mais viável.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Amancio DF. Efeito da aplicação de revestimentos comestíveis para conservação de tomate italiano (Solanum lycopersicum L.) ‘ravena’ in natura. Dissertação (mestrado) Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2020, p. 69.

2. Andrade IGV, Souza GN, Aires ES, Gomes ILS, Rocha RC, Figueiredo Neto A, Aragão CA. Produtividade e qualidade de tomate italiano cultivado com diferentes formas de aplicações de cálcio. Research, Society and Development. 2020.vol. 9, n. 12:1-15.

3. Nogueira AN, Macedo RCBS, Rabelo JLG, Mendonça LP. Substâncias bioativas como conservantes naturais em alimentos. In: Anais do I CONIMAS e III

CONIDIS; 2020; Campina Grande. Campina Grande: Realize Editora; 2020:730-746.

4. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2022. Food waste and food loss.

5. Oliveira WR, Pascuali LC, Silva SS, Porto AG, Christ AJ, Carvalho JW. Influência de extratos vegetais na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de feijão-de-corda (Vigna unguiculata (L.) Walp.). Caderno Pedagógico [Internet]. 2024;21(4).

6. Lemos S. Perdas pós-produção e pré-consumo geram um grande desperdício de alimentos no Brasil. Jornal da USP, 2024.

7. Bourtoom T. Edible films and coatings: characteristics and properties. InternationalFoodResearchJournal, HatYai, 2008, 15(3).

8. Modolon TA, Boff P, Rosa JM, Sousa PMR, Miquelluti DJ. Qualidade pós-colheita de frutos de tomateiro submetidos a preparados em altas diluições. Horticultura Brasileira. 2012; 30:58-63

9. Azevedo VVC, Chaves SA, Bezerra DC, Lia Fook MV, Costa ACFM. Quitina e quitosana: aplicações como biomateriais. Rev Eletrôn Mater Process. 2007; 2:27-34.

10. Camili EC, Benato EA, Pascholati SF, Cia P. Avaliação de quitosana, aplicada em pós-colheita, na proteção de uva 'Itália' contra *Botrytis cinérea*. Summa Phytopathol. 2007; 33:215-21.

11. FOOD INGREDIENTS BRASIL. 2011. Dossiê conservantes. 18. ed. São Paulo: Food ingredients Brasil. p. 28-51.

12. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 2016. Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists. 20. ed. Gaithersburg: AOAC Internacional. 3100p.

13. Guimarães CI. Cenouras Minimamente Processadas com Cobertura de Amido Reforçada com Suspensões de Celulose Micro/nanobrilada Obtidas de Cenoura. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras – Lavras-MG. 2016, 137p.

14. Rodriguez-Amaya DB, Kimura M. Harvest Plus handbook for carotenoid analysis. Washington (DC): International Food Policy Research Institute; 2004. 58 p.

15. Chitarra MIF, Chitarra AB. Pós-colheita de Frutos e Hortaliças. Fisiologia e Manuseio. 2005, 2 ed. Lavras: FAEPE.

16. Chaves JBP. Noções de microbiologia e conservação de alimentos. Viçosa: UFV. 1993. 114 p.

17. Ribeiro EP; Seravalli EAG. Química dos alimentos. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher. 2007. 196p.

18. Rodriguez-Amaya DB; Kimura M; Amaya-Farfan J. Fontes brasilieras de caroteinóides: Tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2008. 99p.

19. Barankevicz GB; Novello D; Resende JTV; Schwarz K; Santos EF. Características físicas e químicas da polpa de híbridos de tomateiro, durante o armazenamento congelado. Horticultura Brasileira. 2015, 33: 07-11.

20. Gallo JAQ; Debeafort F; Callegarin F; Voilley A. Lipidic hydropHobic, pHysical state and distribution effects on the properties of emulsion-based films. Journal of Membrane Science. 2000, 180: 37 – 46.

21. Kader AA; Morris LL; Stevens MA; Albright-Holton M. Composition and flavor quality of fresh market tomato as influenced by some postharvest handling procedures. Journal of the American Society for Horticultural Science. 1978, 103: 6-13.

22. SELEGUINI A, JÚNIOR MJAF, SENO S, SANTOS JI, SILVA KS, LEMOS OL. 2011. Vida útil e qualidade de frutos de tomateiros tratados com paclobutrazol. Revista Ceres. 2011, 58: 470-475.

23. HUERTAS GGC; MORENO NGN; SAURI DE. Conservación refrigerada de chicozapote com calentamiento intermitente. Horticultura Mexicana. 1999, 7: 258.

24. Françoso ILT, Couto MAL, Canniatti-Brazaca SG, Arthur V. Alterações físico-químicas em morangos (Fragaria anassa Duch.) irradiados e armazenados. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 2008, 3: 614-619.

25. Candéo M; Kubaski ET; Sequinel T; Schmidt S; Tebcherani SM. Qualidade pós-colheita de tomates tipo rasteiro com aplicação de soluções de amido, glicerol e poliacetato de vinila por aspersão. Perspectivas da Ciência e Tecnologia. 2016, 1: 17-28.

Capítulo 40

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-40

HIDROCOLOIDES NATURAIS COMO MELHORADORES TECNOLÓGICOS E DE TEXTURA EM IOGURTES DE LEITE DE CABRA: REVISÃO COM FOCO NO USO DE ORA-PRO-NÓBIS

Maria Carolina Gonçalves de Paula; Débora Rodrigues Vieira Toledo; Ellen Godinho Pinto; Dayana Silva Batista Soares; Ana Paula Stort Fernandes; Alessandra Cristina Tomé; Maria do Socorro de Caldas Pinto; Andréia Santos Cezário; Wiaslan Figueiredo Martins*

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: wiaslan.martins@ifgoiano.edu.br*

Resumo: Os hidrocoloides desempenham um papel crucial na indústria alimentícia, especialmente na formulação de iogurtes, devido às suas propriedades de espessamento, gelificação e estabilização. Este artigo revisa os avanços no uso de hidrocoloides para melhorar as propriedades tecnológicas e texturais de iogurtes, com foco no potencial do hidrocoloide extraído de ora-pro-nóbis (OPN). Para a revisão, foram selecionados artigos publicados entre 2010 e 2024 em bases de dados como *PubMed*, *Scopus* e *Web of Science*, utilizando termos de busca como "*hydrocolloids*", "*Pereskia aculeata*", "*goat milk yogurt*" e "*Greek yogurt texture*". Foram incluídos estudos sobre propriedades tecnológicas, texturais e nutricionais de iogurtes contendo hidrocoloides naturais, com ênfase nos que abordam o uso do OPN. A literatura destaca a aplicação de hidrocoloides naturais, como o de OPN, no aprimoramento de atributos sensoriais, estabilidade e consistência de produtos lácteos, incluindo o iogurte caprino tipo grego. Além disso, são discutidos os benefícios do leite de cabra como matéria-prima para produtos lácteos, considerando suas características nutricionais e hipoalergênicas. O uso de hidrocoloides de origem vegetal, como o de OPN, representa uma inovação promissora para o desenvolvimento de produtos saudáveis, sustentáveis e de alta qualidade na indústria de laticínios.

Palavras-chave: hidrocoloide, ora-pro-nóbis, leite de cabra, iogurte grego, inovação tecnológica.

INTRODUÇÃO

Os hidrocoloides são moléculas hidrofílicas de alto peso molecular que desempenham um papel essencial na indústria alimentícia devido às suas propriedades de espessamento, formação de gel, estabilização e melhoria das propriedades reológicas. Estes compostos, cuja denominação vem do grego "hidro" (água) e "kolla" (cola), são caracterizados por grupos hidroxila abundantes (-OH) e outras entidades funcionais, como amino e carbonila, que lhes conferem uma forte capacidade de ligação à água (1,2).

As fontes de hidrocoloides são variadas, indo desde origens vegetais, como goma arábica, pectina e amido, até derivados animais, como gelatina e quitosana (3,4). Além disso, existem hidrocoloides provenientes de produtos microbianos, como gomas xantana e gelana (5) bem como polissacarídeos modificados, como a carboximetilcelulose (6).

A ora-pro-nóbis (OPN) surge como um potencial fonte de hidrocoloides, dado seu alto teor de polissacarídeos e proteínas nas folhas e frutos verdes (7). Assim como a OPN, o iogurte é um alimento reconhecido por suas propriedades funcionais e nutracêuticas, incluindo vitaminas do complexo B, proteínas e micronutrientes essenciais (8). O iogurte é amplamente consumido e comercializado mundialmente (9) e é produzido por meio de fermentação por microrganismos, principalmente *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (10,11) O iogurte grego, por sua vez, destaca-se por sua textura mais espessa e cremosa devido ao processo de sinérese (12).

O leite de cabra, uma matéria-prima rica em lipídios, proteínas e minerais, oferece vantagens nutricionais e hipoalergênicas, sendo fundamental no combate à desnutrição em países subdesenvolvidos (13,14). Por isso, o leite de cabra é uma base promissora para o desenvolvimento de iogurte tipo grego, atendendo à demanda por alimentos práticos e de alta qualidade (15).

Os hidrocoloides enriquecem a textura e a qualidade sensorial do iogurte, contribuindo para propriedades de processamento como formação de gel, espessamento e estabilização (16,17,18). Além disso, os hidrocoloides podem melhorar o valor nutricional do iogurte, substituindo a gordura em produtos desnatados ou adicionando fibras dietéticas que auxiliam a saúde digestiva (19).

Diante disso, a investigação sobre a aplicação de novos hidrocoloides, como os extraídos de OPN, visando melhorar propriedades tecnológicas e texturais do iogurte caprino tipo grego, pode representar um novo caminho para inovação na indústria do iogurte.

MATERIAL E MÉTODOS

Para esta revisão, foram selecionados artigos de periódicos indexados em bases de dados como *PubMed*, *Scopus* e *Web of Science*, publicados entre 2010 e 2024. Os termos de busca incluíram “hydrocolloids”, “Pereskia aculeata”, “goat milk yogurt” e “Greek yogurt texture”. Critérios de inclusão abrangeram estudos sobre propriedades tecnológicas, texturais e nutricionais de iogurtes contendo hidrocoloides naturais. Estudos com foco em ora-pro-nóbis foram priorizados. Dados qualitativos e quantitativos foram sintetizados para análise.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A aplicação de hidrocoloides na produção de iogurte tem se mostrado um avanço significativo na tecnologia de laticínios, particularmente no que diz respeito ao aprimoramento da textura, estabilidade e atributos sensoriais do produto. Hidrocoloides, como polissacarídeos e proteínas, desempenham um papel crucial na melhoria da matriz de gel no iogurte, contribuindo para uma experiência sensorial mais agradável para o consumidor (16).

Os hidrocoloides são amplamente utilizados na produção de iogurte devido à sua capacidade de melhorar a textura e estabilidade do gel, além de interagir com as proteínas caseínas para proporcionar uniformidade e consistência ao iogurte. Por exemplo, a gelatina e a proteína do soro de leite criam uma rede de gel estável, enquanto os alginatos gelificam em condições ácidas (20). A aplicação de hidrocoloides também pode sinergizar com outros ingredientes, como pedaços de frutas, para alcançar uma mistura mais homogênea e uniforme (1).

Além de suas propriedades funcionais, os hidrocoloides também oferecem benefícios nutricionais e à saúde, aumentando o valor nutricional e encapsulando

substâncias bioativas (21). O uso desses agentes estabilizadores contribui para a manutenção da fluidez e uniformidade do leite acidificado pós-homogeneização, além de melhorar a estrutura do gel de leite induzido por ácido e prolongar a vida útil do produto (17).

O ora-pro-nóbis (OPN) tem sido sugerido como uma nova fonte de hidrocoloides, devido à presença de grandes quantidades de polissacarídeos e proteínas em suas folhas e frutos (7). Isso é relevante, considerando que o iogurte é um alimento saudável, rico em proteínas, vitaminas e micronutrientes essenciais (8).

O leite de cabra também é uma matéria-prima promissora, pois possui características hipoalergênicas e é rico em lipídios, proteínas e minerais (15). Dessa forma, o leite de cabra pode ser utilizado para o desenvolvimento de produtos inovadores, atendendo às demandas dos consumidores por alimentos práticos, de alta qualidade e com alto valor biológico.

Diante disso, objetivou-se realizar uma revisão de literatura sobre a aplicação de novos hidrocoloides, como os extraídos de folhas de OPN, para melhorar as propriedades tecnológicas e de textura do iogurte caprino tipo grego como uma nova direção para o desenvolvimento e inovação na indústria do iogurte.

USO DE HIDROCOLOIDES NA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

Os hidrocoloides são amplamente utilizados em diversas indústrias devido às suas diversas propriedades funcionais. No domínio alimentar, eles podem ser classificados em cinco categorias principais: hidrocoloides derivados de plantas, animais, microrganismos, algas e quimicamente modificados. Cada categoria desempenha um papel crucial na melhoria da qualidade dos produtos alimentares (21).

Os hidrocoloides derivados de plantas provêm de diversos recursos naturais, incluindo exsudatos de árvores (como celulose, goma arábica e goma karaya) e constituintes vegetais (como pectina e amido) (22,23,24). Eles são amplamente empregados como espessantes, agentes gelificantes e estabilizantes em geleias, confeitos, laticínios com baixo teor de gordura e produtos de panificação.

No processamento de iogurte, os hidrocoloides desempenham funções integrais em cinco propriedades importantes. A gelificação determina a estrutura e textura do iogurte; o espessamento fornece a viscosidade necessária; a estabilidade sustenta a integridade do produto e a longevidade do prazo de validade; as características reológicas influenciam as qualidades sensoriais do iogurte e a viabilidade de processamento; e a substituição de gorduras oferece alternativas nutricionalmente vantajosas, sem comprometer as propriedades sensoriais. Esses atributos elevam substancialmente os padrões de eficiência e qualidade na produção de iogurte (16).

Hidrocoloides à base de ora-pro-nóbis

Os hidrocoloides de OPN são descritos por Sierakowski *et al*. (5) como um arabinogalactano, um polissacarídeo solúvel em água composto por arabinose, galactose, ramnose e ácido galacturônico, com ramificações proteicas na mucilagem de OPN. Extratos de mucilagem derivados de OPN têm sido estudados para estabilização e emulsificação (24,25), formação e estabilização de nanoemulsões (7), formação de filmes biodegradáveis (26), produção de bebidas lácteas fermentadas (27) e microencapsulação de α-tocoferol (28).

PRODUTOS LÁCTEOS À BASE DE LEITE DE CABRA

O leite e os produtos lácteos de cabra são uma parte importante da dieta humana devido aos seus benefícios para a saúde e alto valor nutricional. Além de características hipoalergênicas, o leite de cabra é rico em lipídios, proteínas e minerais, sendo fundamental no combate à desnutrição, especialmente em países em desenvolvimento (13,14). O leite de cabra é uma matéria-prima promissora para o desenvolvimento de produtos de alta qualidade e valor biológico (15).

O iogurte de leite de cabra é um produto tradicional de países onde alimentos lácteos fermentados se originaram. Ele é uma opção para quem busca benefícios nutricionais superiores aos do leite de vaca ou é alérgico à proteína do leite de vaca. O leite de cabra pode ser usado para produzir os mesmos derivados que o leite de vaca, seguindo processos tecnológicos semelhantes. A legislação brasileira exige que todo leite ou produto lácteo obtido de leite não bovino indique a espécie animal no rótulo (29).

IOGURTE TIPO GREGO

O iogurte tipo grego, também conhecido como iogurte concentrado ou Labneh, é um produto lácteo fermentado produzido pela eliminação do soro do iogurte. Originário do Oriente Médio, ele tem ampla distribuição global devido aos benefícios nutricionais. Muitos estudos investigaram suas propriedades reológicas, microbiológicas, composição e parâmetros de processamento que afetam a produção (30,31).

O iogurte tipo grego é um produto semissólido derivado do iogurte com remoção parcial da água e componentes solúveis. Possui alto teor de sólidos e gordura, com cor creme ou branca, corpo macio, boa espalhabilidade e sabor limpo e ligeiramente ácido (32). Diferentes tipos de leite, como de vaca, ovelha e cabra, podem ser utilizados em sua produção, sendo o leite de vaca e cabra mais comuns (33).

Tradicionalmente, o iogurte grego é produzido coando iogurte natural em sacos de pano até atingir o nível desejado de sólidos totais. No entanto, o método do saco de pano é lento, trabalhoso, anti-higiênico e gera baixos rendimentos. Métodos modernos incluem centrifugação, tecnologia de recombinação e ultrafiltração (32). Assim, o aumento da popularidade desse iogurte levou a um maior interesse na estrutura do produto, especialmente em relação ao tipo de leite e a utilização de hidrocoloides, que desempenham um papel fundamental na melhoria da textura e sabor do iogurte, bem como na melhoria da sua estabilidade e vida útil (34,21).

CONCLUSÕES

Estudo demonstrou que a aplicação de hidrocoloides extraídos da ora-pro-nóbis na produção de iogurte caprino tipo grego tem um grande potencial para melhorar as propriedades tecnológicas e de textura do produto, conferindo-lhe uma consistência mais espessa e uma textura mais suave. A incorporação desses hidrocoloides também mostrou benefícios nas propriedades físico-químicas do iogurte, como maior estabilidade e vida útil, ampliando as possibilidades de inovação no mercado de laticínios.

A pesquisa destaca a relevância do uso de fontes naturais, como a ora-pro-nóbis, para a produção de hidrocoloides, incentivando práticas alimentícias mais sustentáveis e o aproveitamento de recursos naturais locais. Além disso, os resultados contribuem para o avanço do conhecimento científico no campo de produtos lácteos e abrem novas oportunidades para futuras pesquisas e desenvolvimento de novos produtos, beneficiando a indústria alimentícia e a comunidade científica.

A utilização de hidrocoloides naturais pode, ainda, impulsionar o mercado de iogurtes, oferecendo alternativas mais saudáveis e com valor agregado ao consumidor, enquanto promove a sustentabilidade e a valorização dos recursos naturais. Assim, o

estudo não apenas contribui para a inovação no setor de laticínios, mas também fortalece a pesquisa acadêmica sobre o uso de matérias-primas naturais, com impacto significativo na indústria alimentícia e no desenvolvimento de novos produtos no futuro.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro concedido por meio da bolsa de pesquisa. Este incentivo foi essencial para a realização deste estudo, proporcionando os recursos e a motivação necessários para o avanço do conhecimento.

REFERÊNCIAS

1. Yousefi M, Jafari SM. Recent advances in application of different hydrocolloids in dairy products to improve their techno-functional properties. Trends Food Sci Technol. 2019;88:468-83. doi:10.1016/j.tifs.2019.04.015

2. Alam M, Asim S, Jrad Z, et al. Exploring the versatility of diverse hydrocolloids to transform technofunctional, rheological, and nutritional attributes of food fillings. Food Hydrocolloids. 2024;146:109275. doi:10.1016/j.foodhyd.2023.109275

3. Asim S, Clark S, Mora García MB, et al. Advances in gelatin bioinks to optimize bioprinted cell functions. Adv Healthc Mater. 2023;12:2203148. doi:10.1002/adhm.202203148

4. Huang J, Keller JD, Kumar A, et al. A review of wheat starch analyses: Methods, techniques, structure and function. Int J Biol Macromol. 2022;203:130-42. doi:10.1016/j.ijbiomac.2022.01.149

5. Kumar A, Rao KM, Han SS. Application of xanthan gum as polysaccharide in tissue engineering: A review. Carbohydr Polym. 2018;180:128-44. doi:10.1016/j.carbpol.2017.10.009

6. Keller JD. Sodium carboxymethylcellulose (CMC). In Food hydrocolloids. CRC Press; 2020. p. 43–109.

7. Lago AMT, Clark S, Mora García MB, et al. Ultrasound-assisted oil-in-water nanoemulsion produced from Pereskia aculeata Miller mucilage. Ultrason Sonochem. 2019;50:339-53. doi:10.1016/j.ultsonch.2018.09.036

8. Marette A, Picard-Deland E. Yogurt consumption and impact on health: focus on children and cardiometabolic risk. Am J Clin Nutr. 2014;99:1243S-1247S. doi:10.3945/ajcn.113.073379

9. O'Sullivan AM, Sun W, Yousefi M, et al. Seaweed extracts as potential functional ingredients in yogurt. Innov Food Sci Emerg Technol. 2016;37:293-99. doi:10.1016/j.ifset.2016.07.031

10. Nguyen HTH, O'Sullivan AM, Clark S, et al. Differences in the yoghurt gel microstructure and physicochemical properties of bovine milk containing A1A1

and A2A2 β-casein phenotypes. Food Res Int. 2018;112:217-24. doi:10.1016/j.foodres.2018.06.04

11. VIEIRA, E. D. F. et al. Nutritional, rheological, sensory characteristics and environmental impact of a yogurt-like dairy drink for children enriched with lupin flour. International Journal of Gastronomy and Food Science, v. 30, 100617, 2022. https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100617

12. Jrad Z, Keller JD, Kumar A, et al. Potential effects of ultrafiltration process and date powder on textural, sensory, bacterial viability, antioxidant properties and phenolic profile of dromedary Greek yogurt. Int J Food Sci Technol. 2019;54:854-61. doi:10.1111/ijfs.14005

13. Clark S, Mora García MB. A 100-Year Review: advances in goat milk research. J Dairy Sci. 2017;100:10026-44. doi:10.3168/jds.2017-13287

14. Park YW. Goat milk - chemistry and nutrition. In: Handbook of Milk of Nonbovine Mammals. Oxford: John Wiley & Sons Ltd; 2017. p. 42–83. doi:10.1002/9781119110316.ch2.2

15. Pulina G, Marette A, Picard-Deland E, et al. Invited review: Current production trends, farm structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors. J Dairy Sci. 2018;101:6715-29. doi:10.3168/jds.2017-14015

16. Pirsa S, Hafezi K. Hydrocolloids: Structure, preparation method, and application in food industry. Food Chem. 2023;399:133967. doi:10.1016/j.foodchem.2022.133967

17. Sun W, Zhao Y, Fang Y, et al. Applications of polysaccharides as stabilizers in acidified milks. Food Rev Int. 2023;39:601-17. doi:10.1080/87559129.2021.1923732

18. Zhao Y, Sun W, O'Sullivan AM, et al. Application of different hydrocolloids as fat replacer in low-fat dairy products: Ice cream, yogurt and cheese. Food Hydrocolloids. 2023;138:108493. doi:10.1016/j.foodhyd.2023.108493

19. Fang Y, Zhang H, Nishinari K. Food hydrocolloids: Functionalities and applications. Springer Nature; 2021.

20. Manzoor, M., Singh, J., Bandral, J. D., Gani, A., & Shams, R. (2020). Food hydrocolloids: Functional, nutraceutical and novel applications for delivery of bioactive compounds. International Journal of Biological Macromolecules, 165, 554–567. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.09.182.

21. Zang J, He Y, Li Q, Sun D, Liu X. Hydrocolloid application in yogurt: Progress, challenges and future trends. Food Hydrocolloids. 2024;153:110069. doi:10.1016/j.foodhyd.2024.110069.

22. Deshmukh AS, Yadav MP, Hicks KB, Moreau RA. Gum ghatti: A promising polysaccharide for pharmaceutical applications. Carbohydrate Polymers. 2012;87(2):980–986. doi:10.1016/j.carbpol.2011.08.099.

23. Liu Y, Zhang J, Song S, Fan C, Sun Y. A review of cellulose and its derivatives in biopolymer-based food packaging applications. Trends in Food Science & Technology. 2021;112:532–546. doi:10.1016/j.tifs.2021.04.016.

24. Conceição MC, Nunes CG, Ramos HR, Dantas FG, Azeredo HM. Thermal and microstructural stability of a powdered gum derived from *Pereskia aculeata* Miller leaves. Food Hydrocolloids. 2014;40:104–114. doi:10.1016/j.foodhyd.2014.02.015.

25. Lima Junior FA, Ramos HR, Dantas FG, Conceição MC, Azeredo HM. Response surface methodology for optimization of the mucilage extraction process from *Pereskia aculeata* Miller. Food Hydrocolloids. 2013;33:38–47. doi:10.1016/j.foodhyd.2013.02.012.

26. Oliveira NL, Dantas FG, Azeredo HM, Conceição MC. Development and characterization of biodegradable films based on *Pereskia aculeata* Miller mucilage. Industrial Crops and Products. 2018;130:499–510. doi:10.1016/j.indcrop.2019.01.014.

27. Amaral TN, Rocha IF, Cruz AG, Conceição MC, Ramos HR. Blends of *Pereskia aculeata* Miller mucilage, guar gum, and gum arabic added to fermented milk beverages. Food Hydrocolloids. 2018;79:331–342. doi:10.1016/j.foodhyd.2018.01.009.

28. Neves ICO, Dantas FG, Conceição MC, Oliveira NL, Azeredo HM. Effect of carrier oil on α-tocopherol encapsulation in *Pereskia aculeata* Miller mucilage-whey protein isolate microparticles. Food Hydrocolloids. 2020;105:105716. doi:10.1016/j.foodhyd.2020.105716.

29. Cruz AG, Walter EH, Granato D, Faria JA, Bolini HM. Química, bioquímica, análise sensorial e nutrição no processamento de leite e derivados. Rio de Janeiro: Elsevier; 2016.

30. Özer BH, Akın N, Akın M, Kızıloğlu S. Rheology and microstructure of Labneh (concentrated yogurt). Journal of Dairy Science. 1999;82:682–689.

31. Abu-Jdayil B, Jumah RY, Shaker RR. Rheological properties of a concentrated fermented product, Labneh, produced from bovine milk: Effect of production method. International Journal of Food Properties. 2002;5(3):667–679.

32. Nsabimana C, Jiang B, Kossah R. Manufacturing, properties and shelf life of Labneh: A review. International Journal of Dairy Technology. 2005;58(3):129–137.

33. Tamime AY, Robinson RK. Tamime and Robinson's yoghurt: Science and technology. 3rd ed. Chichester, UK: Elsevier Inc. Woodhead Publishing; 2007.

34. Mohameed HA, Abu-Jdayil B, Al-Shawabkeh A. Effect of solids concentration on the rheology of Labneh (concentrated yogurt) produced from sheep milk. Journal of Food Engineering. 2004;61(3):347–352.

Capítulo 41

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-41

PERFIL FÍSICO-QUÍMICO DE VACAS LEITEIRAS DA REGIÃO SUL DO ESTADO DE GOIÁS

Isadora Rocha Ribeiro; Maria Fernanda Alves Mendonça; Guilherme Henrique Salgado; Ana Paula Stort Fernandes*; Dayana Silva Batista Soares; Ellen Godinho Pinto; Wiaslan Figueiredo Martins

**Autor correspondente (Corresponding author) Email: ana.stort@ifgoiano.edu.br*

Resumo: O Brasil tem na agropecuária leiteira uma das suas principais atividades econômicas, sendo considerado o quinto maior produtor mundial de leite. O Estado de Goiás está na sexta posição em relação à captação de leite nacional. É necessário o monitoramento da qualidade físico-química do leite bem como o desenvolvimento de Boas Práticas Agropecuários dos produtores rurais a fim de cumprir a legislação vigente e melhoria constante da qualidade do leite cru. Objetivou-se avaliar a composição físico-química do leite cru de vinte e duas vacas de uma propriedade rural localizada na Região Sul do Estado de Goiás. Verificou-se resultados inferiores aos exigidos pela legislação, principalmente em relação aos teores de gordura, proteína total, sólidos totais e CCS. Tal fato, além de não atender às exigências da legislação impacta diretamente na produção de derivados lácteos, pois proporciona menor rendimento na transformação do leite em produtos. Esses resultados sugerem que novos experimentos precisam ser conduzidos, principalmente em relação à busca por melhorias da qualidade físico-química desse leite.

Palavras-chave: legislação; manejo de ordenha; qualidade do leite

INTRODUÇÃO

De acordo com a Instrução Normativa nº 76 de 26 de novembro de 2018 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) entende-se por leite sem outra especificação, um produto oriundo da ordenha completa de uma vaca sadia e ininterrupta em condições de higiene e com boa qualidade de alimentação (1). Esse documento norteia as diretrizes quanto à identidade e parâmetros de qualidade do leite cru refrigerado a fim de aumentar a produtividade e qualidade dessa matéria-prima produzida no Brasil.

Assim sendo, é necessário o monitoramento da sanidade das glândulas mamárias dos animais bem como o desenvolvimento de Boas Práticas Agropecuários dos produtores rurais a fim de cumprir a legislação vigente e melhoria constante da qualidade do leite cru.

Segundo a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (2), a produção de leite é uma ferramenta importante para a economia e para o desenvolvimento dos países. Além disso, é imprescindível ao desenvolvimento social, pois em todo o mundo, cerca de 150 milhões de famílias trabalham na produção de leite. Essa produção é caracterizada, em sua maioria, por pequenos produtores que vivem em países em desenvolvimento, sendo esta a principal atividade para a subsistência.

O Brasil tem na agropecuária leiteira uma das suas principais atividades econômicas, sendo considerado o quinto maior produtor mundial de leite (2).

Sua produção leiteira foi estimada em 35,30 bilhões de litros em 2021 (3), e se distribui por quase todo o país. As regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul com maior destaque, principalmente Minas Gerais, Goiás, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. O Estado de Goiás está na sexta posição em relação à captação de leite nacional.

A qualidade do leite cru refrigerado produzido nas propriedades produtoras de leite e beneficiado nas indústrias de laticínios precisa ser avaliado periodicamente. Essa avaliação precisa ser realizada em laboratórios credenciados pela Rede Brasileira de Qualidade do Leite (RBQL) (4). Os parâmetros utilizados incluem análises da composição do leite, como a Contagem de Células Somáticas (CCS) e as análises físico-químicas. Os parâmetros a serem analisados e seus limites são determinados pela Instrução Normativa (IN) n° 76/2018 (3) e pela IN n° 77/2018 (4).

Os padrões mínimos estabelecidos para o recebimento industrial do leite com relação à composição química são: 3,0% de gordura, 2,9% de proteína e 8,4% de sólidos não gordurosos (SNG). O número máximo da contagem de células somáticas (CCS) 500.000 células/mL. Com relação à caracterização física, o leite deve apresentar acidez titulável de 14 a 18 °D e deve ser estável em solução alcoólica com no mínimo 72 °GL de etanol (5).

O leite deve apresentar composição físico-química, microbiológica, sensorial e número de células somáticas, que atendam aos parâmetros exigidos pela legislação (6). Sua composição varia de acordo com fatores como raça, idade, saúde da glândula mamária, estágio de lactação, manejo nutricional e estações do ano (7).

Neste trabalho, objetivou-se avaliar a composição físico-química do leite cru de vinte e duas vacas holandesas e girolando recém ordenhadas de uma propriedade rural localizada na Região Sul do Estado de Goiás.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no município de Morrinhos – GO, cidade situada na Região Sul Goiana. De acordo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022), sua população estimada é de, aproximadamente, 51.351 habitantes (2).

As amostras de leite foram coletadas em um único dia do mês de julho de 2024, em uma propriedade rural da região. Participaram do experimento vinte e duas vacas de raças Holandesas e Girolando, que tiveram amostras recolhidas na primeira ordenha do dia.

As alíquotas foram distribuídas em frascos Falcon de 40 mL contendo conservante celular Bronopol®, homogeneizadas e alocadas em caixas isotérmicas contendo gelo. Para análise da composição química do leite foram verificados os teores de gordura, proteína, caseína, lactose, sólidos totais (ST), sólidos não gordurosos (SNG) e contagem de células somáticas (CCS), por métodos de infravermelho utilizando o equipamento Milkoscan 4000 Ò (Foss Electric A/S. Hillerod, Denmark).

Todas as amostras foram enviadas para o Laboratório de Qualidade do Leite (LQL) do Centro de Pesquisa em Alimentos (CPA) da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás (UFG), credenciado pela Rede Brasileira de Qualidade do Leite, onde os ensaios foram realizados em duplicata.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os principais parâmetros utilizados pela maioria dos programas de qualidade do leite, estão fundamentados nos teores de gordura, proteína, lactose e contagem de células

somáticas (CCS), entre outros fatores, o que destaca a necessidade de determinação destes parâmetros para avaliação da matéria-prima e correções nos procedimentos, quando necessário.

De acordo com a Instrução Normativa Nº 76 de 2018 (MAPA), o leite cru refrigerado deve atender aos parâmetros físico-químicos descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros físico-químicos do leite cru refrigerado segundo as Instruções Normativas Nº 76 de 2018.

Componente	**Limite mínimo (g/100g)**
Gordura	3,0
Proteína total	2,9
Lactose	4,3
Sólidos Totais (ST)	11,4
Sólidos não gordurosos (SNG)	8,4

Fonte: BRASIL, 2018

Após a avaliação dos resultados das análises físico-químicas, na Tabela 2 verifica-se os dados referentes aos valores médios dos teores de gordura, proteína, lactose, sólidos totais (ST), sólidos não gordurosos (SNG), contagem de células somáticas (CCS) e caseína das vinte e duas vacas leiteiras. Os resultados foram comparados com os padrões estabelecidos pela IN 76/2018, visto que essas análises permitem a detecção de não conformidades no leite.

Tabela 2 - Valores médios e erro padrão da gordura (g/100g), proteína (g/100g), lactose (g/100g), sólidos totais (ST) (g/100g), sólidos não gordurosos (SNG) (g/100g), CCS (CS/mL) e caseína (g/100g).

Amostra	Gordura (g/100g)	Proteína (g/100g)	Lactose (g/100g)	ST (g/100g)	SNG (g/100g)	CCS (CS/mL)	Caseína (g/100g)
1	3,51±0,01	2,90±0,01	4,55±0,01	11,85±0,04	8,34±0,03	27.000±2.000	2,20±0,01
2	1,48±0,00	3,05±0,00	4,62±0,01	10,17±0,01	8,69±0,01	19.000±1.000	2,37±0,00
3	2,04±0,07	2,79±0,08	4,71±0,13	10,52±0,30	8,48±0,23	4.000±2.000	2,17±0,08
4	1,17±0,00	2,60±0,00	4,18±0,01	8,91±0,01	7,74±0,01	61.000±4.000	1,95±0,01
5	1,80±0,02	2,95±0,01	4,79±0,02	10,56±0,07	8,77±0,05	12.000±1.000	2,31±0,01
6	2,11±0,01	2,46±0,00	3,05±0,00	8,37±0,01	6,26±0,00	288.000±25.000	1,69±0,00
7	2,22±0,00	3,05±0,01	4,35±0,00	10,53±0,00	8,31±0,00	96.000±1.000	2,35±0,00
8	2,78±0,03	3,25±0,00	4,68±0,01	11,76±0,04	8,98±0,01	333.000±3.000	2,59±0,01
9	3,14±0,00	4,01±0,01	4,31±0,00	12,59±0,02	9,45±0,02	7.000.000±65.000	3,14±0,01
10	2,81±0,01	3,36±0,00	4,47±0,01	11,68±0,01	8,87±0,01	354.000±5.000	2,62±0,00
11	1,55±0,00	2,67±0,01	3,80±0,01	8,92±0,01	7,37±0,01	207.000±6.000	1,97±0,01
12	1,33±0,01	2,75±0,00	4,44±0,01	9,51±0,02	8,18±0,01	162.000±15.000	2,13±0,01
13	2,09±0,00	3,50±0,01	4,59±0,00	11,23±0,01	9,14±0,01	295.000±1.000	2,74±0,00
14	2,19±0,00	2,92±0,01	4,80±0,01	10,93±0,03	8,74±0,03	16.000±0.001	2,26±0,01
15	2,39±0,01	3,43±0,00	4,27±0,01	11,22±0,00	8,84±0,01	222.000±5.000	2,70±0,01
16	2,36±0,00	2,95±0,01	4,86±0,01	11,16±0,00	8,80±0,00	54.000±1.000	2,30±0,01
17	1,13±0,01	2,77±0,01	4,70±0,00	9,53±0,01	8,40±0,00	18.000±2.000	2,13±0,00
18	1,44±0,00	3,48±0,00	4,32±0,01	10,34±0,01	8,90±0,01	1.672.000±54.000	2,70±0,00
19	1,96±0,01	3,21±0,01	4,68±0,00	10,82±0,01	8,87±0,01	455.000±5.000	2,51±0,00
20	1,70±0,01	2,68±0,01	3,80±0,01	9,07±0,00	7,38±0,01	3.295.000±1.000	1,94±0,00
21	1,37±0,01	3,43±0,00	4,64±0,01	10,44±0,01	9,07±0,00	5.000±4.000	2,68±0,00
22	2,16±0,01	3,42±0,00	4,67±0,01	11,21±0,01	9,05±0,001	2.000±1.000	2,67±0,01

Com relação aos parâmetros físico-químicos, a legislação vigente preconiza, dentre outros padrões, os valores mínimos de gordura é de 3,0 g/100 g de leite. De acordo com a Tabela 2, foi possível verificar que apenas dois animais tiveram os resultados para esse parâmetro dentro das especificações.

De acordo com Fagan *et al*. (8), a gordura é o componente do leite que possui maior variabilidade. Sua composição varia tanto pela influência genética quanto por fatores nutricionais e ambientais. A gordura do leite possui 95 a 98% de triglicerídeos e apenas 1 a 2% de fosfolipídios. Tal variância depende, também, do animal, sua dieta e do estágio de lactação (9).

Ela é o principal componente energético do leite e um dos principais responsáveis pelo sabor do produto. Altos valores de gordura no leite indicam maior rendimento de derivados elaborados pelas indústrias, como manteiga, queijos, requeijões, sorvetes e cremes.

Essa diminuição na sua concentração pode ser influenciada por alguns fatores como nutrição, manejo, genética e ambiente. Sendo a nutrição como um dos principais fatores, qualquer alteração na dieta animal acarreta alterações no seu ambiente ruminal, principalmente no pH, que reflete diretamente sobre a gordura do leite.

De acordo com Harding (10), por ter menor densidade em relação à proteína e à lactose, a gordura do leite apresenta variações percentuais ao longo da ordenha, aumentando no final desta. Associado a isso, pode-se interpretar que, possivelmente, os níveis de gordura tenham sido menores pois o leite foi coletado nos momentos iniciais da ordenha.

Os níveis de proteína no leite também sofrem influência das estações, estágios de lactação, raças, estado de saúde e frações do leite e são proporcionais à quantidade de gordura, ou seja, quanto maior a porcentagem de gordura maior será a porcentagem de proteína (11). De acordo com a Tabela 2, observa-se que quinze animais tiveram resultados dentro das especificações preconizada pela legislação, ou seja, teores proteicos acima de 2,9 g/100g de leite.

Segundo Dos Santos (12), a composição das proteínas no leite pode estar afetada pelos estágios da lactação, sendo menores nos três primeiros meses e aumentando progressivamente à medida que a lactação avança. A concentração de proteínas do leite pode diminuir quanto maior for o número de lactações da vaca, provavelmente pela menor eficiência das células alveolares nos animais mais velhos.

A lactose é o principal glicídio do leite, é um dissacarídeo composto pelos monossacarídeos D-glicose e D-galactose, o conteúdo de lactose é o componente que menos tem variação (13). O nível de lactose segundo a legislação brasileira (1), pode estar relacionado ao controle da pressão osmótica na glândula mamária, de modo que maior produção de lactose determina maior produção de leite (14).

A gordura do leite diminui quando a produção de leite aumenta, o mesmo comportamento ocorre com a lactose, embora a lactose seja um nutriente menos afetado pelas oscilações do volume do leite (15).

Analisando a Tabela 2, observa-se que apenas quatro animais apresentaram valores de lactose inferiores aos estabelecidos pela legislação.

Em relação aos sólidos totais, das amostras analisadas, dezessete apresentaram resultados inferiores aos exigidos pela legislação, o que é prejudicial às indústrias de laticínios, pois proporciona menor rendimento na transformação do leite em produtos lácteos.

A caseína do leite sofre expressiva redução quando a CCS aumenta, devido à ação de proteases leucocitárias e sanguíneas, o que pode ser observado na Tabela 2. Por outro lado, ao mesmo tempo ocorre aumento das proteínas plasmáticas no leite em decorrência da resposta inflamatória. Dessa forma, a percentagem de proteína total no leite com elevada CCS reduz apenas 1%, em relação à concentração encontrada no leite de vacas sem mastite (16).

Atender aos parâmetros físico-químicos do leite cru previstos pela legislação brasileira é importante e precisa ser considerado para avaliar a qualidade do leite cru na indústria.

Tabela 3 – Comparativo entre os parâmetros de qualidade do leite cru refrigerado preconizado pelas Instruções Normativas Nº 62/2011 e Nº 76/2018

Componente	IN 62/2011 (CS/mL)	IN 76/2018 (CS/mL)
Contagem de Células Somáticas (CCS)	máximo 600.000	máximo 500.000

Fonte: BRASIL, 2018

A contagem celular somática (CCS) tem sido considerada, medida padrão de qualidade, pois está relacionada com a composição, rendimento industrial e segurança alimentar do leite. Para os produtores, possui alta relevância, porque indica o estado sanitário das glândulas mamárias das vacas, podendo sinalizar para perdas significativas de produção e alterações da qualidade do leite (16, 17).

Comparando com a legislação, das amostras analisadas, apenas cinco apresentaram resultados superiores de CCS. Isso representa um bom indicativo de glândulas mamárias saudáveis do restante do rebanho.

A CCS é utilizada para controle em diversos países produtores de leite (18). É necessário avaliar a composição química do leite, a qualidade microbiológica e o isolamento de bactérias relacionadas à mastite, que causam perdas econômicas significativas na indústria de laticínios em todo o mundo.

Entretanto, a infecção da glândula mamária constitui um dos fatores que desempenham maior influência negativa perante a qualidade do leite, resultando no aumento da CCS, constituídas por células de defesa, e descamação do epitélio glandular (19).

CONCLUSÕES

De acordo com a legislação brasileira, as boas práticas agropecuárias se caracterizam por um conjunto de atividades, procedimentos e ações adotadas na propriedade rural com a finalidade de obter leite de qualidade e seguro ao consumidor e que englobam desde a organização da propriedade, suas instalações e equipamentos, bem como formação e capacitação dos responsáveis pelas tarefas cotidianas realizadas.

Os resultados deste estudo sugerem que novos experimentos precisam ser conduzidos, principalmente em relação à busca por melhorias da qualidade físico-química desse leite e sobre a importante relação entre contagem de células somáticas e sanidade do rebanho.

Tais medidas contribuirão para um melhor aproveitamento desse leite para produção de derivados lácteos visando agregação de valor e aumento de renda desses pequenos produtores rurais.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Goiano - Campus Morrinhos, por todo apoio durante a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa nº 76, de 26 de novembro de 2018. Art. 2º Para os fins deste Regulamento, leite cru refrigerado é o leite produzido em propriedades rurais, refrigerado e destinado aos estabelecimentos de leite e derivados sob serviço de inspeção oficial. Diário Oficial da União, Brasília, 26 nov 2018.

2. FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Livestock Primary Data. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/en/#data. Acesso em: 22 nov 2024.

3. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo agropecuário de 2023. Goiás, 2023. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/pesquisa/24/76693. Acesso em: 22 nov 2024.

4. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Instrução Normativa nº 77, de 26 de novembro de 2018. Oficializa os critérios e procedimentos para produção, acondicionamento, conservação, transporte, seleção e recepção do leite cru em estabelecimentos registrados no serviço de inspeção oficial, na forma desta Instrução Normativa e do seu Anexo. Diário Oficial da União, Brasília, 26 nov 2018.

5. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Instrução Normativa nº 62, de 29 de dezembro de 2011. Aprova o regulamento técnico de produção, identidade e qualidade do leite tipo A, o regulamento técnico de identidade e qualidade de leite cru refrigerado, leite pasteurizado e o regulamento técnico da coleta de leite cru refrigerado e seu transporte a granel. Diário Oficial da União, Brasília, 30 dez 2011.

6. Zanela MB, Fischer V, Ribeiro MER. Unstable non-acid milk and milk composition of Jersey cows on feed restriction. Pesq Agrop Bras. 2006; 41:835-840.

7. Dobranić V, Njari B, Samardžija M, Mioković B, Resanović R. The influence of the season on the chemical composition and the somatic cell count of bulk tank cow's milk. Veterinarski Archive. 2008; 78:235-242.

8. Fagan EP, Mores R, Santos L, et al. Fatores ambientais e de manejo sobre a composição química do leite em granjas leiteiras do Estado do Paraná, Brasil. Acta Scientiarum. Animal Sciences. 2010;32(3):309-316.

9. Sousa AS. Leite: Importância, Síntese e Manipulação da Composição. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação Profissionalizante em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015. 35 f.

10. Harding F. Compositional quality: milk quality. Glasgow: Blackie Academic Professional; 1995. 165 p.

11. Maity S, Bhat AH, Giri K, Ambatipudi K. BoMiProt: A database of bovine milk proteins. J Proteomics. 2020;103648.

12. Dos Santos CG, Dallago GM, Dumont MA, de Figueiredo LV, Duarte MR, Boari CA, Castro GH, dos Santos RA. Composition and microbiological quality of raw milk refrigerated in community tanks. Res Soc Dev. 2021;10(11).

13. González FHD. Composição bioquímica do leite e hormônios da lactação. In: González FHD, editor. Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras. Porto Alegre: Ed. UFRGS; 2001.

14. Peres JR. O leite como ferramenta do monitoramento nutricional. In: González FHD, Dürr JW, Fontanele R, editors. Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras. Porto Alegre: Biblioteca Setorial da FVUFRGS; 2001. p. 2.

15. Santos MV, Fonseca LFL. Estratégias para controle de mastite e melhoria da qualidade do leite. Barueri, SP: Manole; 2007. 314 p.

16. Harmon RJ. Physiology of mastitis and factors affecting somatic cell counts. J Dairy Sci. 1994;77(7):2103-2112.
17. Santos MV. Contagem de células somáticas e qualidade do leite e derivados. In: Simpósio Internacional sobre Produção Intensiva de Leite, 5., 2001, Belo Horizonte. Anais... São Paulo: Instituto Fernando Costa; 2001. p. 115-127.

18. Costa HN, et al. Estimativa das perdas de produção leiteira em vacas mestiças Holandês x Zebu com mastite subclínica baseada em duas metodologias de análise. Arq Bras Med Vet Zootec. 2017; 69:579-586.

19. Andrade UVC, Hartmann W, Masson ML. Isolamento microbiológico, contagem de células somáticas e contagem bacteriana total de amostras de leite. ARS Veterinária. 2009;25(3):129-135.

Capítulo 42

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-42

MODELAGEM DO CRESCIMENTO DE BACTÉRIAS AERÓBIAS EM CARNE FRESCA UTILIZANDO O *COMBASE*

César Rodrigues Duarte; Beatriz Aparecida da Silva; Vitória Emilly Souza Rodrigues; Mellyssa Eduarda Silva Dias; Ellen Godinho Pinto; Dayana Silva Batista Soares; Ana Paula Stort Fernandes Wiaslan Figueiredo Martins*

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: wiaslan.martins@ifgoiano.edu.br*

Resumo: O presente trabalho foi modelar o crescimento de bactérias aeróbias deteriorantes em carne bovina fresca armazenada em temperaturas de 0,7 °C, 3,6 °C, 7 °C e 9,6 °C, utilizando o software *ComBase*. Os dados foram obtidos a partir do banco de dados *ComBase* e ajustados pelo modelo primário de Baranyi e Roberts, estabelecendo modelagens primária e secundária. Os resultados mostraram que o modelo apresentou excelente desempenho na descrição do crescimento bacteriano nas condições avaliadas, com valores de R^2 próximos de 1 e Erros Padrão do ajuste próximos de zero. O estudo demonstrou que alterações nas temperaturas de armazenamento influenciam diretamente o crescimento microbiano, reforçando a importância de manter condições adequadas de refrigeração para controlar a deterioração e garantir a segurança alimentar. Dessa forma, o uso de ferramentas de microbiologia preditiva, como o software *ComBase*, mostrou-se essencial para a indústria de alimentos, permitindo prever a vida útil da carne fresca e otimizar estratégias de conservação e distribuição, reduzindo os riscos de contaminação e perdas durante a cadeia produtiva.

Palavras–chave: bactérias aeróbicas; carne fresca; microrganismo

INTRODUÇÃO

De acordo com Almeida *et al.* (1) uma das fontes essenciais de proteína animal consumidas pela população brasileira é a carne bovina. Sendo um dos principais produtos alimentícios relacionados a surtos de Doenças transmitidas por alimentos (DTAs) no mundo (2). Considerando que as DTAs representam um desafio para a saúde pública, é fundamental que as empresas envolvidas na cadeia produtiva da carne adotem medidas preventivas rigorosas para reduzir a contaminação e o crescimento bacteriano (3). Os fabricantes de alimentos implementaram diversos estágios na cadeia de produção da carne bovina com o objetivo de monitorar e controlar a higiene, já que a proliferação de bactérias pode levar à deterioração da carne e apresentar riscos à segurança de alimentos (4).

A carne bovina, com seu pH quase neutro e alta atividade de água, oferece um ambiente favorável para o crescimento bacteriano, o que pode resultar em problemas de qualidade. É essencial que a carne receba um tratamento de conservação logo após o abate do animal (5), a refrigeração é uma das técnicas mais comuns e eficazes para preservar a carne, pois retarda o crescimento de microrganismos e diminui as reações enzimáticas e

químicas que podem comprometer o alimento. Esse processo de resfriamento atua diretamente na redução da atividade bacteriana, uma vez que as temperaturas mais baixas dificultam a multiplicação de microrganismos, como as bactérias patogênicas e as que causam a deterioração da carne (6). Além de limitar a ação de enzimas que aceleram o envelhecimento da carne, a refrigeração também preserva suas características sensoriais, como sabor, textura e cor, o que torna o produto mais atraente e seguro para o consumo. Com o uso da refrigeração, torna-se possível transportar e armazenar carnes por períodos mais longos sem comprometer a segurança alimentar. Dessa forma, essa técnica não apenas facilita a logística de distribuição de produtos perecíveis, mas também garante que o alimento chegue ao consumidor com a qualidade adequada, minimizando o risco de doenças transmitidas por alimentos (7).

Entretanto, o crescimento microbiano na carne está frequentemente relacionado ao fato de que, durante o processo de abate e manipulação nos frigoríficos, podem ocorrer pequenas contaminações que se acumulam ao longo do fluxo de produção. Essas contaminações podem ser atribuídas a diferentes fatores, como manuseio inadequado, falhas nas condições de higiene ou até mesmo ao ambiente do próprio frigorífico, que favorece a proliferação de microrganismos. Segundo Picchi (5), esse processo de contaminação é gradual e pode se intensificar à medida que a carne passa por diversas etapas de processamento.

As bactérias mais comuns associadas à deterioração são as Enterobacteriaceae, *Pseudomonas* spp., as bactérias ácido-lácticas (BAL) e *Brochothrix thermosphacta*, sendo que cada microrganismo tem suas condições ideais para crescimento e as condições de armazenamento influenciam a intensidade com que esses microrganismos causam danos ao alimento (8).

Os microrganismos podem ser classificados de acordo com a temperatura ótima para seu crescimento. Os microrganismos termófilos têm sua temperatura ideal de multiplicação em torno de 60 °C, já os psicrófilos preferem temperaturas mais baixas, com uma faixa ideal de cerca de 10 °C (9). Por outro lado, os mesófilos se desenvolvem melhor em temperaturas intermediárias, entre 20 °C e 40 °C. Além disso, há os psicrotróficos, que são capazes de crescer em temperaturas de refrigeração, abaixo de 7 °C (10,11). Por isso, a temperatura é um fator extrínseco fundamental que afeta diretamente a velocidade de crescimento dos microrganismos.

Para analisar e prever o comportamento dos microrganismos em diferentes condições, a microbiologia preditiva se destaca como uma ferramenta valiosa, permitindo a modelagem e o estudo dos parâmetros que influenciam o crescimento microbiano (12). A microbiologia preditiva baseia-se na análise das diferentes fases do crescimento dos microrganismos, que incluem: a fase lag, onde os microrganismos se adaptam ao novo ambiente; a fase exponencial, caracterizada pelo rápido crescimento das células, especialmente as mais jovens; e a fase estacionária, em que o número de células viáveis e não viáveis permanece constante (13). Ela integra conceitos da microbiologia de alimentos, matemática, estatística e informática para investigar a dinâmica do crescimento microbiano. Com isso, para Schlei *et al.* (13), a criação de softwares que utilizam modelos matemáticos desempenha um papel fundamental na indústria de alimentos, pois, além de oferecerem informações sobre os processos microbiológicos, eles ajudam a prever a vida útil dos produtos e permitem simular a influência de diferentes variáveis.

Portanto, objetivou-se modelar o crescimento de bactérias aeróbias em carne fresca armazenada em diferentes condições isotérmicas, utilizando o *Combase*.

MATERIAL E MÉTODOS

As informações sobre o crescimento em diferentes temperaturas foram coletadas no banco de dados *ComBase* (www.combase.cc), selecionando o alimento da categoria "*Beef*" e o microrganismo "*Aerobic total spoilage bacteria*". Foram escolhidos dados sobre o crescimento (log_{10} UFC/g) de bactérias aeróbias em carne fresca, considerando quatro diferentes temperaturas de armazenamento: 0,7 °C, 3,6 °C, 7 °C e 9,6 °C, mantendo o pH de 5,5 e a mesma atividade de água 0,993.

Os dados foram extraídos do estudo de Zomer (14) intitulado "*Exploratory investigation into the experimental design of shelflife tests with fresh meat as a model system (in Dutch)*", publicado no periódico "*TNO report*". Os autores, nesta pesquisa, avaliaram o processo de desenvolvimento de bactérias aeróbias deteriorantes em carne fresca bovina (CB) ou suína (CS) embaladas em filme plástico de polietileno com alta permeabilidade ao oxigênio. Para uma análise mais biológica da presença de microrganismos e os impactos que eles causam nos alimentos armazenados, foi utilizado o modelo matemático primário. Esse modelo examina a dinâmica do microrganismo ao longo do tempo e utiliza a função sigmoidal de ajuste, proposta por Baranyi e Roberts (15), representado pelas equações 1, 2 e 3, que foram aplicadas para realizar o ajuste às curvas experimentais do crescimento de bactérias aeróbias deteriorantes em carne fresca a diferentes temperaturas.

$$Y(t) = y_0 + \mu_{máx}F(t) - ln\left\{1 + \frac{e^{\mu_{máx}F(t)} - 1}{e^{y_{máx} - y_0}}\right\} \quad (1)$$

$$A(t) = t + \left(\frac{1}{\mu_{máx}}\right) ln\left[e^{(-\mu_{máx}t)} + e^{(-h_0)} - e^{(-\mu_{máx}t - h_0)}\right] \quad (2)$$

$$h_0 = \mu_{máx}\lambda \quad (3)$$

Nas equações, y(t) representa o logaritmo da concentração microbiana N (UFC/g) em um dado tempo t (horas), ou seja, y(t) = log [N(t)]. O parâmetro $\mu_{máx}$ corresponde à velocidade específica máxima de crescimento (h^{-1}); λ indica a duração da fase de latência (h); y_0 é o logaritmo da concentração microbiana inicial, ou seja, y_0 = log (N_0); $Y_{máx}$ refere-se ao logaritmo da população máxima, $Y_{máx}$ = log ($N_{máx}$); h_0 é um parâmetro relacionado ao estado fisiológico das células (adimensional); e F(t) é a função associada ao modelo de Baranyi e Roberts.

O modelo secundário linear (Equação 4) e exponencial (Equação 5) foram utilizado para descrever o efeito da temperatura na velocidade específica máxima de ($\mu_{máx}$), em que a e b são parâmetros empíricos e T representa a temperatura de armazenamento (°C).

$$\mu_{máx} = aT + b \quad (4)$$

$$\mu_{máx} = ae^{(bT)} \quad (5)$$

O ajuste do modelo primário aos dados experimentais de crescimento de bactérias aeróbias em carne fresca foi realizado nas temperaturas de armazenamento de 0,7 °C, 3,6 °C, 7 °C e 9,6 °C, utilizando a ferramenta *DMFit* disponível na plataforma *ComBase*. O processo de ajuste foi feito em uma única etapa, com a obtenção dos parâmetros $\mu_{máx}$, λ,

y_0 e $Y_{máx}$. Para verificar a adequação do modelo primário, foram calculados o Coeficiente de Determinação (R^2) e o Erro Padrão (EP) do ajuste, fornecidos pelo *DMFit*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de crescimento de bactérias aeróbias deteriorantes em carne fresca foram reproduzidas a partir da pesquisa no banco de dados *ComBase*, com o objetivo de verificar a facilidade desse banco de dados em fornecer informações importantes ao analisar o crescimento bacteriano em alimentos, em diferentes cenários de armazenamento, neste caso, nas temperaturas de 0,7 °C, 3,1 °C, 7 °C e 9,6 °C.

O modelo de Baranyi e Roberts foi ajustado aos dados de crescimento utilizando o software *DMFit* do *Combase*. A Figura 1 representa o crescimento de bactérias aeróbias em carne fresca ao longo do tempo, representado em escala logarítmica. Os dados refletem o comportamento típico das populações bacterianas em alimentos perecíveis, destacando as fases de latência, crescimento exponencial e fase estacionária.

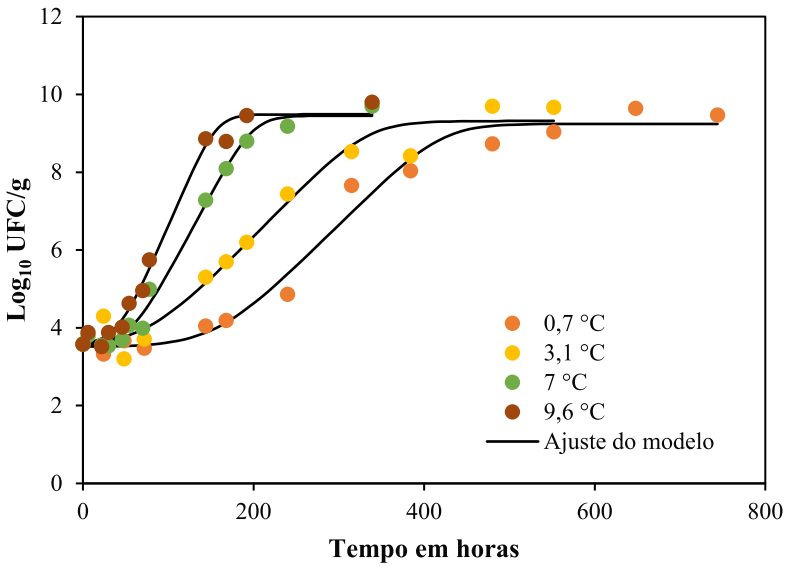


Figura 1 - Curvas de crescimento de bactérias aeróbias em carne fresca e os ajustes do modelo de Baranyi e Roberts aos dados experimentais nas temperaturas de 0,7 °C, 3,1 °C, 7 °C e 9,6 °C de armazenamento. No gráfico, os dados experimentais estão representados pelos símbolos em círculos e a linha na cor azul representa os ajustes do modelo de Baranyi e Roberts.

Tabela 1 - Parâmetros de crescimento estimados pelo ajuste do modelo de Baranyi e Roberts aos dados experimentais no crescimento de bactérias aeróbias em carne fresca artificialmente inoculada a 0,7 °C, 3,1 °C, 7 °C e 9,6 °C e os índices estatísticos de desempenho do modelo.

Temperatura (°C)	**Parâmetros de crescimento**			**Índices estatísticos**	
	$\mu_{máx}$ (1/h)	λ (h)	$y_{máx}$ ($\log_{10}$ UFC/mL)	R^2	Erro Padrão
0,7	0,0218 ± 0,0033	156,26 ± 26,80	9,242 ± 0,205	0,977	0,396
3,1	0,0225 ± 0,0046	76,92 ± 35,00	9,316 ± 0,298	0,959	0,485
7	0,0412 ± 0,0029	55,78 ± 8,09	9,451 ± 0,176	0,99	0,242
9,6	0,0511 ± 0,0049	41,07 ± 6,37	9,485 ± 0,184	0,988	0,269

Inicialmente, observa-se a fase de latência levando em consideração as variações desde a primeira temperatura de cerca 0,0033 h^{-1} para 0,00485 para temperaturas de 0,7 °C a 9,6 °C, respectivamente, onde o crescimento é proporcional a temperatura. Nessa fase, as bactérias estão adaptando seu metabolismo às condições do substrato, ajustando processos bioquímicos como a síntese de enzimas específicas para metabolizar os nutrientes da carne fresca. Esse comportamento é influenciado por fatores como temperatura, disponibilidade de oxigênio, pH, e presença de compostos antimicrobianos naturais na carne, como lactoferrina e enzimas endógenas.

Na fase exponencial analisa-se que o aumento da temperatura é diretamente proporcional a velocidade do crescimento bacteriano, como pode-se observar: O metabolismo aeróbio é predominante, resultando em maior produção de energia e rápida multiplicação celular. No contexto de carne fresca, isso também é um período crítico para a deterioração, com a geração de metabólitos como ácidos orgânicos, compostos sulfurados e aminas biogênicas, que impactam negativamente a qualidade sensorial e a segurança do alimento (1,2,4,14).

A partir de aproximadamente 300 horas, ocorre a transição para a fase estacionária, na qual o crescimento bacteriano se estabiliza. Essa fase reflete o esgotamento de nutrientes essenciais e o acúmulo de produtos metabólicos tóxicos, que inibem a divisão celular. Além disso, a competição entre as bactérias por recursos limitados contribui para a estabilização da população (1,3,15).

De acordo com Silva (16), a microbiologia preditiva é essencial para interpretar e extrapolar os resultados obtidos. Através da modelagem matemática aplicada aos dados experimentais, é possível prever o comportamento de populações bacterianas sob diferentes condições ambientais, como temperatura, atmosfera de armazenamento e níveis de umidade.

Os resultados deste estudo mostram que as condições experimentais que retardaram o início da fase exponencial (aumentando λ) e reduziram a μ_{max} foram as mais eficazes na contenção do crescimento de bactérias aeróbias

A aplicação da microbiologia preditiva permite também prever a vida útil da carne fresca sob diferentes condições de armazenamento, oferecendo informações cruciais para a cadeia de produção e comercialização. Esses resultados reforçam a importância do monitoramento microbiológico e do uso de modelos preditivos como ferramentas indispensáveis para garantir a qualidade e a segurança dos alimentos.

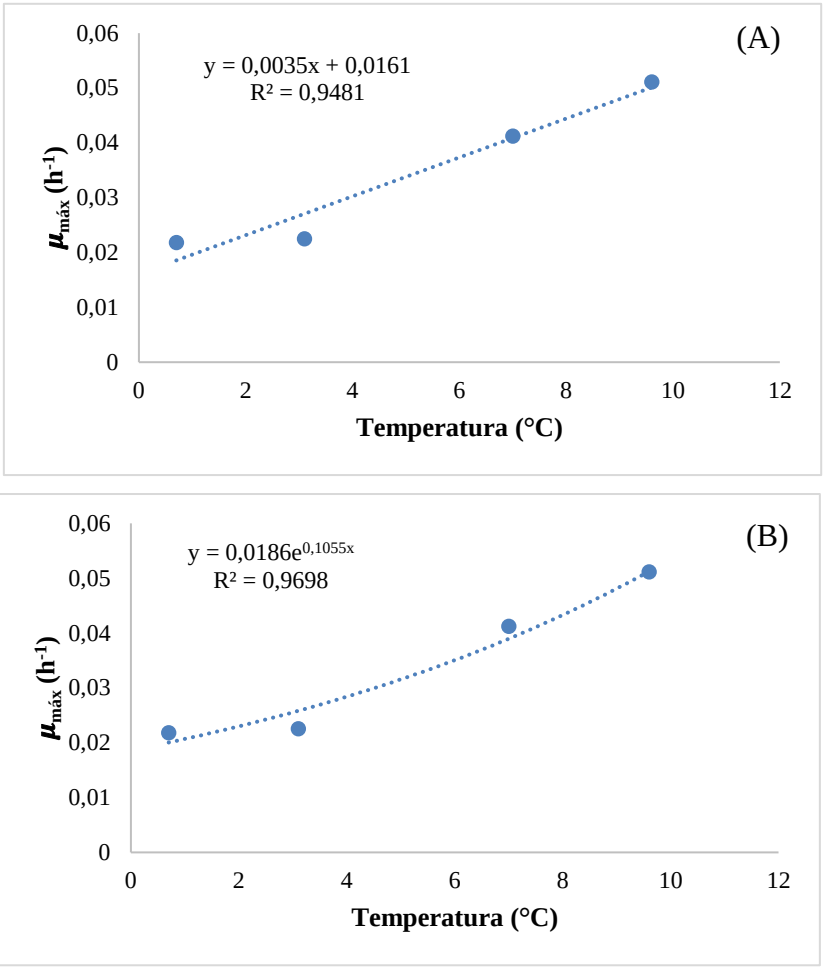


Figura 2 - Representação dos modelos secundários linear (A) e exponencial (B) que representam a influência da temperatura na velocidade específica máxima de crescimento de bactérias aeróbias em carne fresca.

CONCLUSÕES

O modelo primário de Baranyi e Roberts demonstrou desempenho satisfatório ao descrever o crescimento de bactérias aeróbias em carne fresca sob diferentes temperaturas de armazenamento, evidenciando sua adequação para prever o comportamento microbiano em condições reais. Adicionalmente, o modelo secundário linear apresentou alta concordância ao caracterizar o impacto da temperatura na velocidade de crescimento desses microrganismos, reforçando sua aplicabilidade prática. Esses resultados destacam a utilidade de ferramentas baseadas em microbiologia preditiva, como softwares de modelagem, para a indústria de alimentos, fornecendo suporte técnico valioso no monitoramento da vida útil e na garantia da qualidade e segurança microbiológica de carnes e produtos cárneos. Estudos futuros podem explorar a integração desses modelos com dados em tempo real, ampliando ainda mais sua eficácia em cenários industriais.

REFERÊNCIAS

1. Mintel. A indústria de snacks pode aproveitar interesse do consumidor brasileiro por carne [Internet]. 2018 [acesso em 2020 Jun 15]. Disponível em:

https://brasil.mintel.com/blog/noticias-mercado-alimentos-bebidas/a-industria-de-snacks-pode-aproveitar-interesse-do-consumidor-brasileiro-por-carne

2. Almeida BS, Monteiro WA, Bezerra FYP. Perfil microbiológico da carne moída comercializada no município de Juazeiro do Norte, Ceará. Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia. 2015;3(1).

3. Welker CAD, Both JMC, Longaray SM, Soeiro MLT, Ramos RC. Análises microbiológicas dos alimentos envolvidos em surtos de doenças transmitidas por alimentos (DTA) ocorridos no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Revista Brasileira de Biociência. 2010;8(1):44-8.

4. Vidal-Martins AMC, Burger KP, Aguilar CEG, Gonçalves ACS, Grisólio APR, Rossi GAM. Implantação e avaliação do programa de boas práticas de manipulação em açougues do município de São José do Rio Preto-SP. Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal. 2014;8(2):73-86.

5. Ercolini D, Russo F, Nasi A, Ferranti P, Villani F. Mesophilic and psychrotrophic bacteria from meat and their spoiling potential in vitro and in beef.

6. Picchi V. História, ciência e tecnologia da carne bovina. Jundiaí: Paco Editorial; 2015. 452 p.

7. Chesca AC, Peixoto CP, Costa DG, Nascimento HN, Pinto IRA, Guimarães JLP, et al. Levantamento das temperaturas de armazenamento de carnes em açougues e supermercados de Uberaba, MG. Revista Higiene Alimentar. 2001;15(81):51-5.

8. Souza MC, Teixeira LQ, Rocha CT, Ferreira GAM, Lima Filho T. Emprego do frio na conservação de alimentos. Enciclopédia Biosfera. 2013;9(16):1027-46.

9. Ercolini D, Ferrocino I, Nasi A, Ndagijimana M, Vernocchi P, La Storia A, et al. Monitoring of microbial metabolites and bacterial diversity in beef stored under different packaging systems. Applied and Environmental Microbiology. 2011;77:7372-81.

10. Mintel. A indústria de snacks pode aproveitar interesse do consumidor brasileiro por carne [Internet]. 2018 [acesso em 2024 nov 23]. Disponível em: https://brasil.mintel.com/blog/noticias-mercado-alimentos-bebidas/a-industria-de-snacks-pode-aproveitar-interesse-do-consumidor-brasileiro-por-carne

Capítulo 43

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-43

DESENVOLVIMENTO DE MASSAS ALIMENTÍCIAS ISENTAS DE GLÚTEN- UMA REVISÃO

Laura Rocha Carvalho; Vitória Eduarda Malaquias; Vania Silva Carvalho; Suzane Martins Ferreira

**Laura Rocha Carvalho (Corresponding author) – Email: laura.carvalho.estudante@ifgoiano.edu.br*

Resumo: A procura dos consumidores por produtos sem glúten vêm crescendo nos últimos anos, mas o mercado ainda carece de produtos com características sensoriais e tecnológicas agradáveis aos consumidores, principalmente no mercado de massas alimentícias. Nos últimos anos, observou-se um crescimento significativo no mercado de produtos sem glúten e, esse aumento pode ser atribuído à maior acessibilidade a informações sobre nutrição e saúde, ao avanço nos métodos de diagnóstico de distúrbios relacionados ao glúten e à crescente conscientização sobre a doença celíaca. A redução do poder de compra da população tem influência direta sobre suas escolhas alimentares, causando o consumo de alimentos com preço mais acessível e menor valor nutritivo. O objetivo deste estudo é realizar uma revisão da literatura sobre o desenvolvimento de massas alimentícias isentas de glúten e opções de farinhas sem glúten para substituição da farinha de trigo. A elaboração de massas alimentícias isentas de glúten e com adequada composição nutricional a partir de farinhas de banana verde, batata doce, arroz, grão de bico, sorgo, ora-pró-nobis, trigo sarraceno, arroz, quinoa e farinhas mistas pode ser uma alternativa para pessoas com restrições ao consumo de glúten. As massas alimentícias sem glúten, além de serem um alimento básico em muitos países, são versáteis, de baixo custo, e apresentaram boa aceitação em diversas pesquisas. Muitas dessas farinhas obtidas possuem alto valor nutricional comparado a farinha de trigo e propriedades tecnológicas que podem ser exploradas pela indústria de alimentos, possibilitando seu em diversas formulações, conferindo características tecnológicas, nutricionais e sensoriais desejáveis.

Palavras–chave: panificação; celíacos; valor nutricional; desenvolvimento de novos produtos

Abstract: Consumer demand for gluten-free products has been growing in recent years, but the market still lacks products with sensory and technological characteristics that are pleasing to consumers, especially in the pasta market. In recent years, there has been significant growth in the gluten-free product market, and this increase can be attributed to greater accessibility to information on nutrition and health, advances in diagnostic methods for gluten-related disorders, and growing awareness of celiac disease. The reduction in the population's purchasing power has a direct influence on their food choices, causing the consumption of more affordable foods with lower nutritional value. The objective of this study is to conduct a literature review on the development of gluten-free pasta and gluten-free flour options to replace wheat flour. The production of gluten-free pasta with adequate nutritional composition from flours made from green banana, sweet potato, rice, chickpea, sorghum, ora-pro-nobis, buckwheat, rice, quinoa and mixed flours can be an alternative for people with restrictions on gluten consumption. Gluten-free pasta, in addition to being a staple food in many countries, is versatile, low-cost and has been well accepted in several studies. Many of these flours obtained have a high

nutritional value compared to wheat flour and technological properties that can be explored by the food industry, allowing them to be used in various formulations, providing desirable technological, nutritional and sensory characteristics.

Keywords: bakery; celiacs; nutritional value; new product development

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, observou-se um crescimento significativo no mercado de produtos sem glúten e, esse aumento pode ser atribuído à maior acessibilidade a informações sobre nutrição e saúde, ao avanço nos métodos de diagnóstico de distúrbios relacionados ao glúten e à crescente conscientização sobre a doença celíaca (1, 2, 3). Essa demanda crescente e o aumento do consumo de produtos sem glúten são não apenas uma oportunidade para as indústrias, mas também de extrema importância para pessoas com doença celíaca, intolerância não celíaca ao glúten ou alergias às proteínas do glúten, já que o único tratamento disponível é uma dieta livre de glúten. Portanto, esse segmento do mercado de alimentos desempenha um papel fundamental em auxiliar esses consumidores, tanto na manutenção quanto na diversificação de sua dieta (4, 5, 6).

Apesar da expansão do mercado de alimentos sem glúten, os consumidores ainda enfrentam desafios para encontrar produtos que atendam às suas necessidades, devido à menor variedade, preços elevados ou baixa aceitabilidade sensorial e nutricional (5). A dieta rigorosa com produtos isentos de glúten tem levantado preocupações de longo prazo sobre as escolhas alimentares e os hábitos alimentares de pacientes com doença celíaca, pois a farinha de trigo é substituída por farinha de arroz e amidos comercialmente disponíveis, o que resulta em menor consumo de fibras e outros nutrientes (7). Apesar dos avanços significativos no estudo desses alimentos, o desafio tecnológico persiste devido ao papel fundamental do glúten, cuja importância aumenta em produtos que dependem de suas propriedades, especialmente na fabricação de pães e massas (5,8).

A dieta rigorosa com produtos isentos de glúten tem levantado preocupações de longo prazo sobre as escolhas alimentares e os hábitos alimentares de pacientes com doença celíaca, pois a farinha de trigo é substituída por farinha de arroz e amidos comercialmente disponíveis, o que resulta em menor consumo de fibras e outros nutrientes (6). As alergias e intolerâncias alimentares são problemas de saúde pública que vêm se tornando cada vez mais presentes, estima-se que 25% da população mundial terá uma reação adversa alguns alimentos durante a vida (9).

Sobre o consumo de alimentos sem glúten no Brasil que tem registrado um aumento expressivo nos últimos anos, impulsionado por diversos fatores, como a maior conscientização sobre condições de saúde relacionadas ao glúten e a popularização de dietas livres dessa proteína, mesmo entre pessoas sem diagnóstico de intolerância ou doença celíaca. Pesquisas recentes indicam que, além de indivíduos com restrições médicas ao glúten, uma parcela significativa da população tem optado por alimentos sem glúten devido à percepção de que são mais saudáveis ou ajudam na digestão (5,10, 26).

Esse crescimento tem incentivado investimentos no setor alimentício, resultando em maior disponibilidade de produtos em supermercados e lojas especializadas. Apesar disso, a oferta de massas e pães sem glúten no mercado brasileiro ainda enfrenta desafios, como preços elevados, variedade limitada e aceitação sensorial inferior aos produtos convencionais (11).

1.1 Massas alimentícias isentas de glúten

As massas alimentícias e demais produtos de panificação são amplamente populares em todo o mundo e bem aceitas por causa de seus atributos sensoriais e baixo

custo, geralmente ricas em carboidratos, porém com escassez de proteínas, fibras alimentares e outros nutrientes (12), majoritariamente produzidos com farinha de trigo, portanto contêm glúten.

Uma pesquisa encomendada pela Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados (ABIMAPI) (11) mostra que pão e macarrão estão entre os 10 produtos mais consumidos no País. Segundo o levantamento, 44,5% dos brasileiros consomem massas semanalmente (13).

Uma das dificuldades encontradas, é que a principal característica da farinha de trigo aplicada na panificação é sua capacidade de reter gás devido à formação da rede de glúten, assim como sua higroscopicidade, aderência, viscosidade e elasticidade (14). As pesquisas devem focar em desenvolver formulações inovadoras que aumentem o valor nutricional do macarrão, melhorem suas características sensoriais e ofereçam propriedades funcionais comprovadas, resultando em um macarrão mais saudável e sustentável (15).

Com a busca por alternativas ao trigo tem levado ao desenvolvimento de produtos que utilizam farinhas alternativas, de frutas, vegetais entre outros. Entre essas opções, destacam-se a farinha de banana verde e a farinha de batata-doce. Essas farinhas não apenas substituem o trigo como também oferecem benefícios nutricionais adicionais, como maior teor de fibras e amido resistente, promovendo uma melhor saúde intestinal (16).

Farinhas convencionais utilizadas geralmente em produtos panificados são ricas em carboidratos e pobres em proteínas, minerais e fibras. As farinhas obtidas a partir de vegetais, tubérculos são livres de glúten e podem agregar valor nutricional aos produtos, fornecendo fibras, vitaminas, minerais, antioxidantes e pigmentos característicos de cada planta, o que aumenta o valor nutricional e adiciona cor aos produtos. Além disso, essas farinhas melhoram as propriedades tecnológicas dos alimentos, como viscosidade, elasticidade e capacidade de absorver e reter umidade, resultando em alterações na textura, sabor e aroma dos produtos (17).

Dessa forma, agregar valor nutricional a esses produtos através do incremento proteico de farinhas sem glúten em substituição a farinha de trigo é uma alternativa viável, visto que, são produtos de baixo custo de produção e obtenção da matéria-prima, podendo também ser utilizado vegetais na sua integralidade, hortaliças não convencionais de fácil cultivo e subprodutos (18). Outras farinhas como arroz, sorgo, grão de bico, quinoa que também são muito utilizadas como substitutas da farinha de trigo em massas alimentícias, com características sensórias, tecnológicas e nutricionais que atendem aos consumidores (15, 19).

1.1.1 Farinha de arroz

O arroz é um cereal que contém cerca de 75% de carboidratos, 7 a 8% de proteínas e 1,3 a 1,8% de gordura. Os carboidratos em um grânulo de arroz existem principalmente o amido, além de também ser rico em fibras alimentares, minerais e vitaminas, especialmente vitaminas do complexo B (20).

O mercado de produtos massas alimentícias de arroz é um dos mais populares. A qualidade do macarrão de arroz depende principalmente da composição físico-química do amido de arroz, o que contribui para a sua estrutura rede (21). O macarrão de arroz originou-se na China e sua invenção datam de quase 2000 anos, na época do Dinastia Jin Ocidental (de 266 a 316 dC). Muitos outros países, especialmente Países do Sudeste Asiático, como Tailândia e Vietnã, também possuem uma participação significativa do mercado internacional de macarrão de arroz (22).

Muitos estudos têm se concentrado nos fatores que influenciam a qualidade do macarrão de arroz e os métodos necessários para melhorá-los do ponto de vista das matérias-primas, métodos de processamento e o uso de aditivos, fornecendo uma base teórica para a produção industrial de macarrão de arroz de alta qualidade. Porém, são necessários que sejam acrescentados outros componentes para garantir melhor valor nutricional ao produto devido ao baixo teor de proteínas e fibras alimentares em sua composição (22, 23, 24).

A farinha de arroz continua sendo a mais utilizada na produção de massas alimentícias sem glúten devido à sua coloração clara, sabor suave e neutro, baixo teor de alergênicos e gorduras, ótima digestibilidade, facilidade de modificação e baixo (5, 25, 26).

1.1.2 Farinha de grão-de-bico

O grão-de-bico (*Cicer arietinum L.*) é uma leguminosa que possui em média 27,1% (em grãos secos e crus) de proteínas de alto valor nutritivo e boa digestibilidade, 57,9% de carboidratos, 12,4 % de fibras, vitaminas A e B, cálcio, fósforo, ferro e lisina (27), já a farinha obtida através da moagem dos grãos secos do cultivar BRS Cristalino possui em média 15,7% de proteínas, 60,8% de carboidratos, 10,1% de fibras (28), teores mais elevados de proteínas foram encontrados na farinha produzida com os grãos vendidos comercialmente no Paraná, média de 24,4% de proteínas e menor teor de carboidratos 56,1% (29), sendo que esses teores podem variar de acordo com o ambiente, forma de plantio e variedade do grão (14).

A farinha de grão-de-bico pode ser utilizada na produção de pães, sopas, bolos e massas alimentícias, aumentando o teor nutricional desses alimentos, mas para sua melhor aplicabilidade é necessário o estudo de reologia. Rica em proteínas e fibras, a farinha de grão-de-bico é uma excelente opção para massas sem glúten. Estudos recentes mostram que ela pode conferir maior elasticidade e resistência à massa, além de proporcionar um perfil nutricional superior. Contudo, seu sabor característico requer ajustes na formulação para agradar ao paladar dos consumidores (30)

Fernandes *et al.* (31), verificaram que a farinha de grão-de-bico apresenta alta solubilidade em água e capacidade de gelatinizarão, além do seu conteúdo proteico proporcionar um aumento nutricional.

A farinha de grão de bico apresenta teor elevado de proteína e fibra alimentar, respectivamente, 21,2% e 12,4%, a formulação em massa alimentícia instantânea apresentou diminuição do valor energético total, gorduras e sódio em comparação com massas instantâneas ultraprocessadas vendidas comercialmente, outro benefício foi que a ausência de glúten favorece os portadores de doença celíaca (32).

1.1.3 Farinha de batata-doce

A batata-doce (*Ipomoea batatas* Lam.) foi considerada como um alimento de baixo índice glicêmico (IG55) ideal para com consumo por diabéticos, além disso, a farinha de batata-doce e relataram conter grandes quantidades de fibra alimentar (17%) (33,34).

Outro ingrediente promissor é a farinha de batata-doce, que, além de ser naturalmente isenta de glúten, apresenta boa capacidade de absorção de água,

favorecendo a textura das massas. Diversos estudos apontam que a combinação dessa farinha com outras fontes, como farinha de mandioca ou fécula de batata, pode produzir massas de qualidade sensorial semelhante às tradicionais. A farinha de batata-doce também tem ganhado espaço por seu alto valor energético e baixo índice glicêmico, sendo especialmente atrativa para consumidores que buscam alimentos funcionais. Estudos demonstram que essa farinha pode ser usada com sucesso na panificação, embora exija ajustes na formulação para alcançar características sensoriais equivalentes às de produtos à base de trigo (33,34,35,36).

Com objetivo de macarrão de batata-doce como dieta profilática/terapêutica na prevenção ou gerenciamento de condições omo diabetes, condições cardiovasculares e câncer. A lenta digestibilidade do enriquecimento de fibras massa de batata-doce aliada ao elevado teor de amido não digerido torna essas massas alimentos ideais para pessoas diabéticas e obesas (35,36).

1.1.4 Farinha de quinoa

A farinha de quinoa possui em sua composição proteínas de alto valor biológico (12% de proteína com equilíbrio de aminoácido), alto teor de lipídios, fonte de vitaminas e sais minerais, boa quantidade de flavonoides e ácido fenólico, presença de fibras solúveis e insolúveis), pode influenciar positivamente no valor nutricional de um produto que a utilize em sua formulação (26). Uma vantagem deste pseudocereal é que ele se adapta facilmente a diferentes condições climáticas, facilitando seu plantio. Além disso, possui quantidades significativas de flavonoides e ácidos fenólicos. Os derivados fenólicos são agentes antimicrobianos naturais e apresentam-se como bons antioxidantes, reduzindo a quantidade de radicais livres formados e promovendo atividades quelantes de metais. Por sua vez, os polifenóis são benéficos à saúde, prevenindo enfermidades, como câncer e doenças cardiovasculares (37).

Pesquisas tem estudado o macarrão utilizando a farinha de quinoa em sua composição (38,39) e Itusaca-Maldonado *et al.* (40) produziram massa feita com 100% quinoa, que destacou-se pela quantidade de proteína, fibra, gordura, ganho de massa, desempenho de cozimento, absorção de água, índice de inchaço e quantidade mínima de carboidratos. A massa já é melhor em propriedades nutricionais do que a massa tradicional. Não comprometeu a qualidade tecnológica durante o cozimento e, ao mesmo

tempo, apresentou um bom aspeto em termos de cor e a farinha de quinoa se faz promissora em substituição total da farinha de trigo em massas alimentícias sem glúten, no aspecto tecnológico.

1.1.5 Farinha de ora-pro-nóbis

A ora-pro-nóbis (OPN) (*Pereskia aculeata* Miller) é uma planta comestível não convencional rica em proteínas, fibras e minerais (41), originária da América Tropical e utilizada tradicionalmente nas regiões de Minas Gerais e Goiás, mas pouco explorada em outras regiões do Brasil. Nutricionalmente possui consideráveis teores de ferro, cálcio e vitamina C, além de mucilagem, potássio, magnésio, zinco, fibras, manganês, selênio, cobre e excelente fonte de vitamina A (Barreira) e alto teor de proteínas, cerca de 27,8% nas folhas, 13,04% no caule (Gonçalves), sendo que em matéria seca (folhas) os valores proteicos podem ser ainda maiores, entre 28 e 32% (Embrapa). Possui um potencial para produção alimentícia e enriquecimento nutricional, auxiliando no tratamento de anemias, diabetes, obesidade e outras deficiências nutricionais, também possui importante teor antioxidante especialmente quando suas folhas estão amarelas (Hitassomi).

Em farinha processada para aplicação em massa alimentícia, foram encontrados teores de 23,21% de proteínas, 19,12% de cinzas, 44% de carboidratos e 6,93% de fibras. As formulações com a adição de com até 20% de farinha de ora-pro-nóbis (FOPN) obtiveram propriedades tecnológicas positivas, como a redução do tempo de cocção, de absorção de água e de aumento de volume das massas alimentícias e a diminuição da perda de sólidos solúveis na água de cocção conforme o teor era aumentado (42).

Esse comportamento pode ter ocorrido devido à diminuição do teor de glúten das massas que é responsável pela interação entre proteínas e o amido, levando a redução de tempo para o cozimento da massa adicionada do pó de ora-pro-nóbis. Nascimento (43) relata que outro fato importante é a alteração da estrutura viscoelástica da rede de glúten formada, favorecendo a gelatinização precoce do amido, reduzindo o tempo de cocção, devido a possível presença das fibras na composição da FOPN adicionadas na formulação das massas alimentícias.

1.1.6 Farinha de banana verde

A farinha de banana verde (FBV) apresenta propriedades que lhe conferem um grande potencial na indústria de alimentos, e devido ao seu baixo custo e alta disponibilidade da fruta, na forma *in natura*, oferece um mercado favorável aos produtores, sobretudo pequenos produtores rurais familiares. Pode ser amplamente utilizada tanto pela indústria de alimentos (pães, biscoitos, macarrão, etc.) como ingrediente na preparação de pratos prontos, tanto pelas conhecidas características das farinhas de banana tradicionais, quanto por serem uma excelente fonte de amido resistente, compostos fenólicos e antioxidantes, além de apresentarem um potencial como fonte de fitoesterois (14,15, 41). Apesar do processo de obtenção ser bastante tradicional, algumas tecnologias alternativas têm sido observadas. Contudo, mesmo na secagem por convecção tradicional, há controvérsia na definição das condições de operação e na qualidade das farinhas. Portanto, ainda são necessários esforços na melhor compreensão do efeito dos processos nos aspectos sensoriais, físico-químicos e nutricionais das farinhas de banana verde (16, 44).

Em macarrão formulado com FBV por Choo & Aziz (2010) apresentou menores índices glicêmico e de digestibilidade de carboidratos e não apresentaram diferenças

significativas na aceitação sensorial em comparação às amostras controle. Macarrão sem glúten, elaborado com FBV também foi desenvolvido por Zandonadi *et al*. 2012 e, de forma geral, este produto apresentou maior aceitação sensorial (84,5% provadores celíacos e 61,2% provadores sem DC) do que amostras padrão (53,6% para indivíduos sem DC). Não houve diferença significativa entre as amostras com farinha de banana e o padrão em termos de aparência, aroma, sabor e qualidade global, apresentando. A FBV tem se mostrado uma alternativa viável, além de massas alimentícias, como também em pães e bolos sem glúten, proporcionando boa textura e qualidade sensorial. Estudos recentes indicam que, quando combinada com outras farinhas, como a de arroz ou grão-de-bico, pode melhorar a qualidade nutricional dos produtos (15,44,45).

1.1.7 Farinhas mistas

O sorgo é um produto sem glúten, com alta quantidade de compostos fenólicos. Pelo fato de ser um grão de digestibilidade lenta, constituído por amido resistente, pode ser um ingrediente potencial na prevenção de doenças crônicas como diabetes, obesidade e câncer (46). O sorgo possui proteínas que conseguem proporcionar uma massa com propriedades viscoelásticas similares as do glúten, essas proteínas possuem a capacidade de proporcionar uma rede firma e elástica (47).

A qualidade do cozimento das massas mostrou que as formulações com sorgo, arroz e batata podem faça massas de boa qualidade, observando o peso, o tempo de cozimento, aumento de peso, perda de sólidos, volume específico, densidade, rendimento e reduzidos de perdas de sólidos de cozimento. Quando a formulação continha um teor mais elevado de batata (sorgo/arroz/batata 4:2:4), indicadores de qualidade, tais como tempo de cozimento rendimento e densidades apresentaram melhores resultados (48)**.**

A farinha de sorgo ainda pode apresentar bons percentuais de proteínas, fibras e amido resistente. A presença destes compostos mostra que a farinha de sorgo seria uma boa substituição à farinha de trigo, auxiliando na aceitação de produtos de panificação (30). Considerando os resultados obtidos e os critérios estabelecidos, que continham farinha de sorgo (40–50%), farinha de arroz (20–30%) e fécula de batata (25–40%) foram submetidos à análise química e qualidade de cozimento das massas. Os resultados da Análise Descritiva Quantitativa confirmaram a influência do glúten na qualidade sensorial da massa alimentícia, como sua importância para a elasticidade e nas propriedades de coesividade, tamanho molecular, conformação e hidratação da massa (48).

O trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum*), conhecido também de trigo-mourisco, possui grãos comestíveis e se parecem com grãos de cereais, sendo ricos em rutina, proteínas, minerais, vitaminas e compostos fenólicos. Para ser consumido, sua casca exterior tem que ser removida, uma etapa que exige equipamento próprio de moagem, devido à sua forma pouco habitual (19). Já a chia é uma planta herbácea e suas sementes são uma fonte rica de nutrientes, pois possuem uma boa quantidade de fibra dietética, ácidos graxos insaturados e proteínas de elevado valor biológico. A quinoa é uma planta cujo grão é uma fonte rica em proteína de alto valor biológico, além de apresentar elevados teores de ácidos graxos essenciais, boa estabilidade à oxidação, sendo um substituto para a farinha de trigo na produção de alimentos para pessoas intolerantes ao glúten (15). Pieniz *et al.* (19) desenvolveram uma massa alimentícia feita a base de trigo sarraceno, quinoa, arroz e milho e observaram que as formulações, em geral, obtiveram bons resultados e boa aceitabilidade sensorial, sendo a formulação A (receita com maior proporção de farinha de milho e arroz na formulação) recebeu maior índice de aceitabilidade, com melhores médias e maior aceitabilidade em todos os atributos, como sabor, odor, aparência, textura, cor, qualidade geral e intenção de compra.

A elaboração de massas alimentícias isenta de glúten e com adequada composição nutricional a partir de farinhas de banana verde, trigo sarraceno, arroz, quinoa pode ser uma alternativa (farinhas mistas) para pessoas com restrições ao consumo de glúten. As massas alimentícias sem glúten, além de serem um alimento básico em muitos países, são versáteis, de baixo custo, tiveram boa aceitação. Os estudos apresentados mostram que as massas foram viáveis em termos tecnológicos, as matérias-primas estão disponíveis e as massas apresentaram bons resultados sensoriais (15,19).

CONCLUSÃO

A elaboração de massas alimentícias isentas de glúten e com adequada composição nutricional a partir de farinhas de banana verde, batata doce, arroz, grão de bico, sorgo, ora-pró-nobis, trigo sarraceno, arroz, quinoa e farinhas mistas pode ser uma alternativa para pessoas com restrições ao consumo de glúten. A ampliação do acesso das massas alimentícias sem glúten pela população é de extrema importância, seja ampliando a disponibilidade para os consumidores, tanto para qualidade de vida e longevidade. Muitas dessas farinhas possuem alto valor nutricional comparadas a farinha de trigo e propriedades tecnológicas que podem ser exploradas pela indústria de alimentos, possibilitando seu em diversas formulações, conferindo características tecnológicas, nutricionais e sensoriais desejáveis. Nesse contexto, são necessárias mais pesquisas para o desenvolvimento de alimentos com elevada aceitação, comparados aos alimentos preparados com ingredientes que contenham glúten. A inovação na formulação de massas alimentícias e outros produtos sem glúten reflete o compromisso da indústria em atender às demandas crescentes do mercado, equilibrando acessibilidade, valor nutricional e qualidade sensorial.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem: Ao Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos e CNPq pela parceria e pelas bolsas concedidas.

REFERÊNCIAS

1. Capriles VD, Santos FG, Arêas JAG. Gluten-free bread making: improving nutritional and bioactive compounds. J Cereal Sci. 2016; 67:83-91.
2. Santos FG, Aguiar EV, Carpriles VD (2019) Analysis of ingredient and nutritional labeling of commercially available gluten-free bread in Brazil. Int J Food Sci Nut. 2019; 70(5):562-569.
3. Scarton M, Clerici MTPS. Gluten-free pastas: ingredients and processing for technological and nutritional quality improvement. Food Sci Technol.2022; 42: 1-9.
4. Gómez M, Sciarcini LS. Gluten-free bakery products and pasta. In Arranz E, Fernández-Benãres , Rosell CM, Rodrigo L, Peña, AS (Eds.). Advances in the

Understanding of Gluten Related Pathology and the Evolution of Gluten-Free. Omnia Science, 2015.
5. Capriles VD, Marión EVA, Fernández EA , Santos FG, Melo BG, Tagliapietra BL, *et al*. Current status and future prospects of sensory and consumer research approaches to gluten-free bakery and pasta products. Food Res Int. 2023; 173:1-14.
6. Diniz RC, Tavella A, Barros JR, Kitahara SE, Formigoni MLMV. Um estudo sobre diferentes farinhas sem glúten e possíveis aplicações. Revista Científica SENAI-SP. 2023; 2:121-136.
7. Arslan M, Rakha A, Xiaobo Z, Mahmood MA. Complimenting Gluten Free Bakery Products with Dietary Fiber: Opportunities and Constraints. Trends in Food Sci & Tech. ; 2019; 83:194-202.
8. Gasparre N, Rosell CM. Wheat gluten: A functional protein still challenging to replace in gluten-free cereal-based foods. 2023; Cereal Chem, 100:243–255.
9. Berzuino MB, *et al*. Alergia alimentar e o cenário regulatório no Brasil. Rev Eletrôn Farm. 2017; 14:23-36.
10. BVS. Doença celíaca [Internet]. 2020 [Acesso em 23 maio 2023]. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/doenca-celiaca
11. ABIMAPI. Mercado de alimentos sem glúten cresce no Brasil. [Internet]. 2023[Acesso em 23 nov 2024]. Disponível em: https://abimapi.com.br/setor/r-70-bilhoes-setor-de-biscoitos-e-massas-registra-recorde-em-2023/.
12. Aguiar EV, Santos FG, Faggian L, da Silveira Araujo, M, Araújo VA, Conti, AC. An integrated instrumental and sensory techniques for assessing liking, softness and emotional related of gluten-free bread based on blended rice and bean flour. Food Reseacher Internacional. 2022 ;154:1-10.
13. *Ramos Marien. Pão e macarrão estão entre os 10 produtos mais consumidos no país, mostra pesquisa. [Internet] CNN Brasil 16 out. 2023. [Acesso em 16 nov 2024] Disponível em: https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/abimapi-pesquisa-mostra-que-pao-e-macarrao-estao-entre-os-10-produtos-mais-consumidos-no-pais/.*
14. Silva JHF, Ferreira JP, Gomes MHG, Oliveira RL, Ribeiro DS. Evaluation of gluten content in wheat flours produced in the Northeast mills. Rev Bras De Agrotec, 2015;5(1), 68–71.
15. Lopes MA, Jardim FBB, Teixeira EMB. Farinhas alternativas como substituídas da Farinha de Trigo em Massas Alimentícias Isentas de Glúten: Uma Revisão da Literatura. Rev bras de alim func. 2022.
16. Silva EM.; Santos, CL.; Oliveira, J. R. Farinha de banana verde como alternativa funcional na alimentação. Research, Society and Development, v. 11, n. 14, e355111435339, 2022.
17. Prado HAPS, Peixoto JVM, Carvalho VS, Ferreira SM. Aplicação de farinhas isentas de glúten e com alto teor proteico como ingrediente em produtos panificados – Uma revisão. In: Pesquisas e Avanços em Segurança de Alimentos. I Congresso Latino-Americano de Segurança de Alimentos. Jardim do Seridó : Agron Food Academy; 2023, p. 83-94.
18. Santos CA, Tanno FSS, Aruga FH, Teixeira MV, Silva SRC, Silva VA, et al. Desenvolvimento e avaliação de macarrão instantâneo saudável sem glúten [TCC]. Técnico em Nutrição e Dietética. São Paulo: CEETPS; 2021
19. PIENIZ, A. R.; MINETTO, L. G.; REGIS, J. G.; DAHMER, J. F.; VIEIRA, E. L.; VICENZI, R. Desenvolvimento e avaliação sensorial de macarrão sem Glúten. Salão do Conhecimento Unijuí, 2018. Disponível em: https://www.unijui.edu.br/eventos/salo-do-conhecimento-2018-932. Acesso em: 04/10/2021.
20. Ghosh S, Datta K, Datta SK. Rice vitamins. AACC Intern Press. 2019;7:195-220.

21. Wu F, Meng Y, Yang, N., Tao, H., & Xu, X. Effects of mung bean starch on quality of rice noodles made by direct dry flour extrusion. LWT- Food Sci Techn, 2015: 63, 1199–1205.
22. Li et al. 2021. A systematic review of rice noodles: Raw material, processing method and quality improvement Caiming Lia,b,c,d,1, Yuxian Youb,1, Di Chenb, Zhengbiao Gua,b,c, Yuzhu Zhangd, Tod P. Hollere, Xiaofeng Banb, Yan Honga,b,c, Li Chenga,b,c, Zhaofeng Lia,b Trends in Food Science & Technology 107 (2021) 389–400.
23. Moreno, Chaves RT. Desenvolvimento de formulações de pães sem glúten à base de farinhas de grão quebrado de arroz e de grão-de-bico. [Mestrado] Goiânia: Universidade Federal de Goiás; 2019.
24. Diniz RC, Tavella A, Barros JR, Kitahara SE, Formigoni MLMV. Um estudo sobre diferentes farinhas sem glúten e possíveis aplicações. Revista Científica SENAI-SP. 2023;2:121-136.
25. Barbiroli A, Bonomi F, Casiraghi MC, Iametti S, Pagani MA, Marti A. Process conditions affect starch structure and its interactions with proteins in rice pasta. Carbohydr Polym. 2013;92:1865-1872.
26. Herculano, Leiliane FL. et al. Desenvolvimento de pães sem glúten a partir de farinhas pouco exploradas. Braz J Dev. 2021; 7:62905-62924.
27.Fernandes, T. C. R.; Camargos, L. F.; Camilo, P. A.; Jesus, F. G.; Siqueira, A. P. S. Technological characterization of BRS cristalino variety chickpea flour. Journal of food technology, 2022 [Acesso em: 10 abr. 2023];
28. Schubert, S. Utilização de farinha de grão de bico (Cicer arietinum) para a formulação de pão sem glúten [dissertação graduação]. Paraná: UTFPR; 2017.
29.Nascimento, WM. Hortaliças leguminosas. Brasília- DF: Embrapa hortaliças; 2016 [Acesso em: 5 abr. 2023]. ISBN 978-85-7035-589-8. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1054423/hortalicas-leguminosas
30. Oliveira CB, et al. Sensory characteristics of chickpea-based pasta. Int J of Food Sci. 2021; 10(8).
31. Fernandes, T. C. R.; Camargos, L. F.; Camilo, P. A.; Jesus, F. G.; Siqueira, A. P. S. Technological characterization of BRS cristalino variety chickpea flour. Journal of food technology, 2022,25: 1-8.
32. Santos CA, Tanno FSS, Aruga FH, Teixeira MV, Silva SRC, Silva VA, et al. Desenvolvimento e avaliação de macarrão instantâneo saudável sem glúten [TCC]. Técnico em Nutrição e Dietética. São Paulo: CEETPS; 2021.
33. Ferreira LA et al. Use of sweet potato flour in gluten-free Bakery. J Funct Food, 2023.
34. Scarton M, Clerici MTPS. Gluten-free pastas: ingredients and processing for technological and nutritional quality improvement. Food Sci Technol.2022; 42, 1-9.
35. Krishnan JG, Menon R, Padmaja G, Sankarakutty SM, Moorthy SS. Nutritional and Functional Characteristics of Protein-Fortified Pasta from Sweet Potato. Food Nutr Sci. 2011;9:944-955.
36. Krishnan JG, Menon R, Padmaja G, Sajeev MS, Moorthy SN. Evaluation of nutritional and physico-mechanical characteristics of dietary fiber-enriched sweet potato pasta. European Food Research and Technology. 2012;234:467-476
37. Dogan H, Karwe MV. Physicochemical Properties of Quinoa Extrudates. Physicochemical Properties of Quinoa Extrudates. 2003; 9:101-114.
38. Khatri M, *et al*. Optimization and evaluation of quinoa and chia based gluten free pasta formulation Food and Humanity. 2023: 174-179.

39. Demir B, Bilgiçli, N. Utilization of quinoa flour (Chenopodium quinoa Willd.) in gluten-free pasta formulation: effects on nutritional and sensory properties, Food Sci. Technol. Int. 2021;27 (3) : 242–250.
40. Itusaca-Maldonado YM *et al*. Technological and textural properties of gluten-free quinoa-based pasta (Chenopodium quinoa Wild) Heliyon. 2024;10: 1-11.
41. Maciel VBV, Bezerra RQ, Chagas EGL, Yoshida CMP, Carvalho RA. Ora-pro nobis *(Pereskia aculeata* Miller): a potential alternative for iron supplementation and phytochemical compounds. Braz J Food Technol, 2021; 24, 1-13
42. Ferreira AL, Gonçalves VGO, Maradini Filho AM, Carneiro JAS, Francisco CL. Caracterização do pó de ora-pro-nóbis e utilização em massas alimentícias. Open Science Research [Internet] 2022.
43. Nascimento, LEP. Caracterização físico-química do pó de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) e incorporação em massas alimentícias secas. 2020. 80f. [Mestrado] Alegre: Universidade Federal do Espírito Santo, 2020.
44. Silva AA, Junior JLB, Barbosa MIMJ. Farinha de banana verde como ingrediente funcional em produtos alimentícios. Ciência Rural, Santa Maria. 2015; 45: 2252-2258.
45. Zandonadi RP, Botelho RBA, Gandolfi L, Ginani JS, Montenegro FM, Pratesi R. Green Banana Pasta: An Alternative for Gluten-Free Diets. Journal of the academy of nutrition and dietetics. 2012;112:1068-1072.
46. Soares RRA, Vasconcelos CM, Oliveira MV, Minim VPR, Queiroz VAV, Barros F. Starch digestibility and sensory acceptance of gluten free foods prepared with tannin sorghum flour. Pesq. agropec. bras. 2019;54:1678-3921.
47. Zhang Y, Xu M, Zhang X, Hu Y, Luan G. Application of zein in gluten-free foods: A comprehensive review. Food Research International. 2022;160:111722.
48. Ferreira SMR, Mello AP, Anjos MCR, Krüger CCH, Azoubel PM, Alves MAO. Utilization of sorghum, rice, corn flours with potato starch for the preparation of gluten-free pasta. Food Chem. 2016;191:147-151.

Capítulo 44

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-44

A INFLUÊNCIA DO AGENTE LOCAL DE INOVAÇÃO RURAL NA APLICAÇÃO DO CONTROLE GERENCIAL NA PECUÁRIA DE RECRIA NO SUL DO ESTADO DE GOIÁS

Taysa Martins de Oliveira; Mariel Fernanda Camargo Parreira; Maurícia Brandão da Silva; Ellen Godinho Pinto; Dayana Silva Batista Soares; Wiaslan Figueiredo Martins; Ana Paula Stort Fernandes.

**Taysa Martins de Oliveira (Corresponding author) – Email: taysaamartins@gmail.com*

RESUMO: O estudo focou na importância da gestão na pecuária de recria de bovinos e no impacto do Projeto ALI Rural do Sebrae para a implementação de práticas gerenciais. Inicialmente, as propriedades enfrentavam problemas de falta de controle gerencial, o que dificultava a melhoria de processos produtivos e a inserção de novos produtos. Utilizando metodologias como Radar Rural, Canvas, SWOT e Diagrama de Ishikawa, foi possível identificar e priorizar a ausência de gestão como um problema central. O projeto ajudou a evoluir os controles gerenciais, começando com registros manuais em cadernos e planilhas básicas, e avançando para o uso de ferramentas como o caderno de ferramentas do produtor disponibilizado pelo Sebrae. Isso permitiu um registro mais detalhado de saúde, alimentação e custos dos animais. A evolução foi notável entre os nove produtores assistidos, que inicialmente tinham controle limitado ou nenhum controle. Com o suporte dos agentes locais de inovação, foram implementados indicadores para o acompanhamento produtivo do gado de recria. Os benefícios incluíram uma gestão mais eficiente, redução de desperdícios, aumento da produtividade e promoção de práticas sustentáveis. O Projeto ALI Rural demonstrou a importância da inovação e da gestão na melhoria da competitividade e sustentabilidade do setor agropecuário. A assistência direta do Sebrae e dos agentes locais de inovação permitiu aos produtores melhorar seus resultados e buscar avanços contínuos, com oportunidades de parcerias e subsídios em consultorias e serviços.

Palavras-chave: Gestão, inovação e produtividade

INTRODUÇÃO

Na região de Morrinhos, localizada na região sul do estado de Goiás, que engloba localidades como Serrinha, Pipoca, Tijuqueiro e Marcelândia, são regiões atendidas pelo Projeto Ali Rural (Agentes locais de inovação), as atividades econômicas giram predominantemente em torno da criação de gado de corte, leite e da agricultura, com cultivos como soja, milho e tomate. A venda dos bovinos ocorre tanto por meio de leilões, que são eventos importantes para a comercialização dos animais, quanto por vendas diretas realizadas nas próprias propriedades dos criadores. Com uma média de tamanho das propriedades em torno de 40 hectares, as atividades pecuárias e agrícolas são conduzidas por pequenos produtores que desempenham um papel crucial na economia local. Esses agricultores não apenas sustentam suas famílias através dessas práticas, mas também contribuem significativamente para a dinâmica econômica e social da região, promovendo o desenvolvimento sustentável e a diversificação produtiva dentro do

contexto rural de Morrinhos. Entre os produtores assistidos, nove entre quinze estão na atividade de recria de gado. Com um perfil de pequeno produtor e renda bruta anual abaixo de 1,4 milhões. Esses pecuaristas, possuem uma média de rebanho menor que 100 animais por produtor. Diante desse cenário, verifica-se a importância da pecuária de recria na economia local, mas também evidencia os desafios desses produtores frente às condições de gestão para alcançar a melhoria dos índices produtivos.

O produtor rural pode contar com apoios como a assistência técnica de instituições, como a Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária (EMATER) e Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR), e o Sindicato Rural sendo crucial para o sucesso das propriedades rurais, oferecendo suporte em práticas agrícolas, gestão, e questões trabalhistas. A Prefeitura Municipal e o Sebrae contribuem com programas de incentivo e consultorias, enquanto as cooperativas e instituições financeiras facilitam a comercialização e o acesso a crédito. Os produtores também podem vender diretamente ao consumidor ou através de mercados regionais, como leilões. Esse suporte integrado melhora a gestão, práticas agrícolas e a comercialização das propriedades rurais.

Objetivou-se com o presente estudo ressaltar a importância da gestão na atividade da pecuária de recria, e o quanto o projeto pôde auxiliar o produtor para que a gestão fosse colocada em prática. Mostrando os desafios vivenciados pelos produtores e as propostas de solução que foram evoluindo no decorrer do atendimento. A gestão eficiente das propriedades de pecuária de recria é essencial para garantir produtividade, rentabilidade e sustentabilidade. Ela maximiza a produção, controla custos, mantém a saúde animal, planeja a alimentação, assegura práticas sustentáveis e garante conformidade com regulamentações.

Aspectos importantes incluem registro e monitoramento de dados, uso de tecnologia e ferramentas de gestão, manejo nutricional e sanitário, planejamento reprodutivo, treinamento de trabalhadores, e planejamento estratégico. Uma gestão eficaz combina conhecimento técnico, planejamento e tecnologia para alcançar resultados positivos e sustentáveis. É nesse cenário que o papel do ALI Rural se torna importante para auxiliar a gestão nas propriedades de pecuária de recria, assegurando lucro e produtividade ao produtor.

METODOLOGIA

Na execução do projeto, foram adotadas diversas metodologias para identificação e priorização do problema enfrentado pelos produtores de gado de recria em Morrinhos-GO. A seguir, estão descritas como cada uma dessas ferramentas foram utilizadas:

Radar ALI Sebrae: O Radar ALI Sebrae foi utilizado para realizar uma análise detalhada do ambiente de inovação e dos desafios específicos enfrentados pelos produtores de gado de recria. Essa metodologia permitiu mapear as tendências do setor agropecuário, identificar oportunidades de melhoria e compreender os principais obstáculos que limitam o desenvolvimento sustentável das atividades pecuárias na região, é realizado no início e no final do acompanhamento (1), como mostra figura abaixo (Figura 1 e 2).

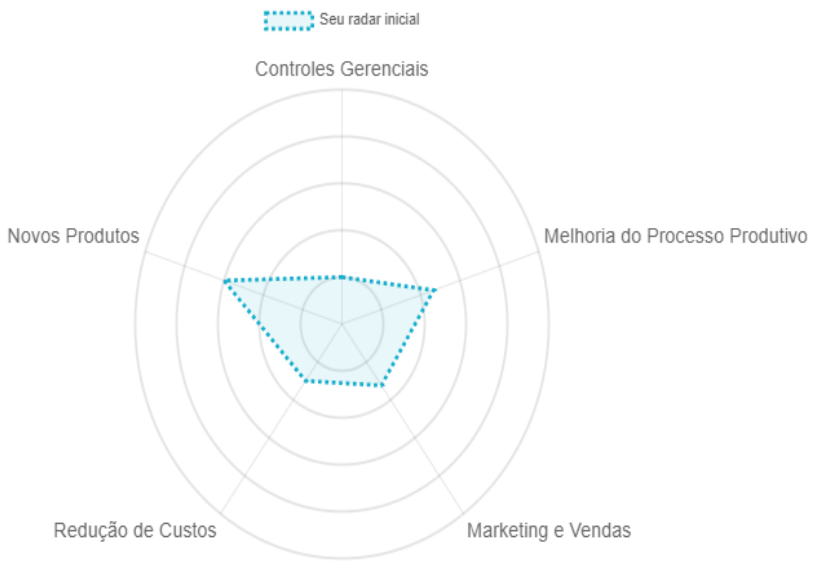


Figura 1. Radar Inicial ALI SEBRAE.

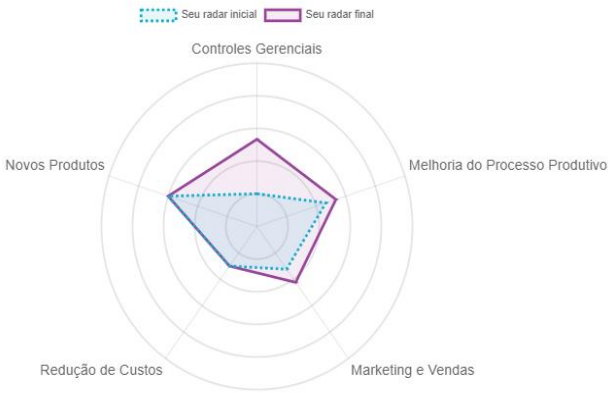


Figura 2. Radar Final ALI SEBRAE.

Canvas: O *Business Model* Canvas (Canvas) foi empregado para estruturar de forma visual e sistemática os diferentes elementos que compõem o modelo de negócio dos produtores de gado de recria. Através dessa ferramenta, foi possível analisar aspectos como segmentos de clientes, propostas de valor, canais de distribuição, relacionamento com clientes, fontes de receita, recursos-chave, atividades-chave, parcerias principais e estrutura de custos (2), como mostra a figura abaixo (Figura 3).

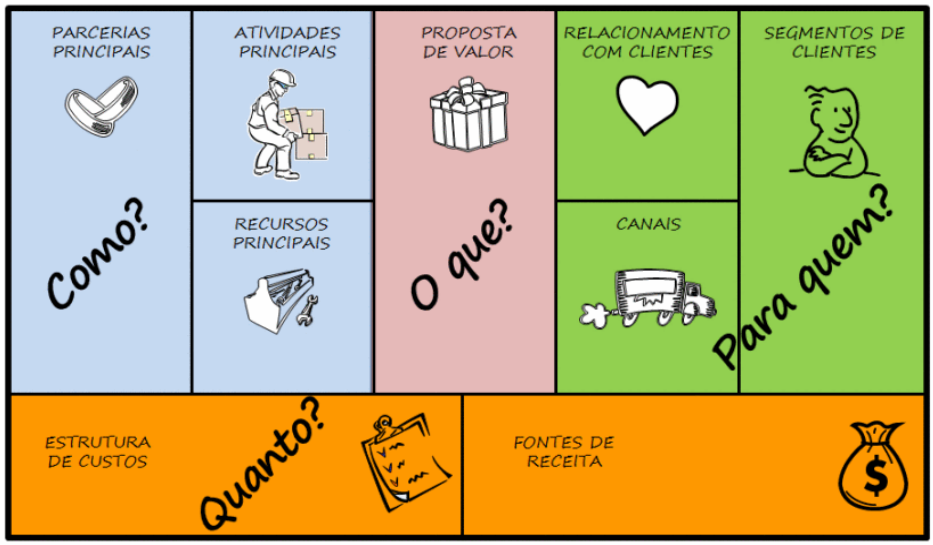


Figura 3. Canvas Sebrae.

SWOT: A análise SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) foi utilizada para identificar e avaliar os pontos fortes e fracos internos dos produtores de gado de recria, bem como as oportunidades e ameaças externas que impactam seu desempenho (3). Essa metodologia proporcionou uma visão abrangente do ambiente competitivo e ajudou na formulação de estratégias eficazes para enfrentar os desafios identificados (Figura 4).

Figura 4. Análise Swot Sebrae.

Espinha de Peixe (Diagrama de Ishikawa): A Espinha de Peixe, ou Diagrama de Ishikawa, foi aplicada para realizar uma análise detalhada das causas e efeitos dos problemas identificados entre os produtores de gado de recria. Essa técnica de análise de causa raiz permitiu identificar as principais categorias de fatores que contribuem para os desafios enfrentados, como questões relacionadas ao manejo, condições climáticas, infraestrutura, mercado e políticas públicas (4). Veja a demonstração na Figura 5.

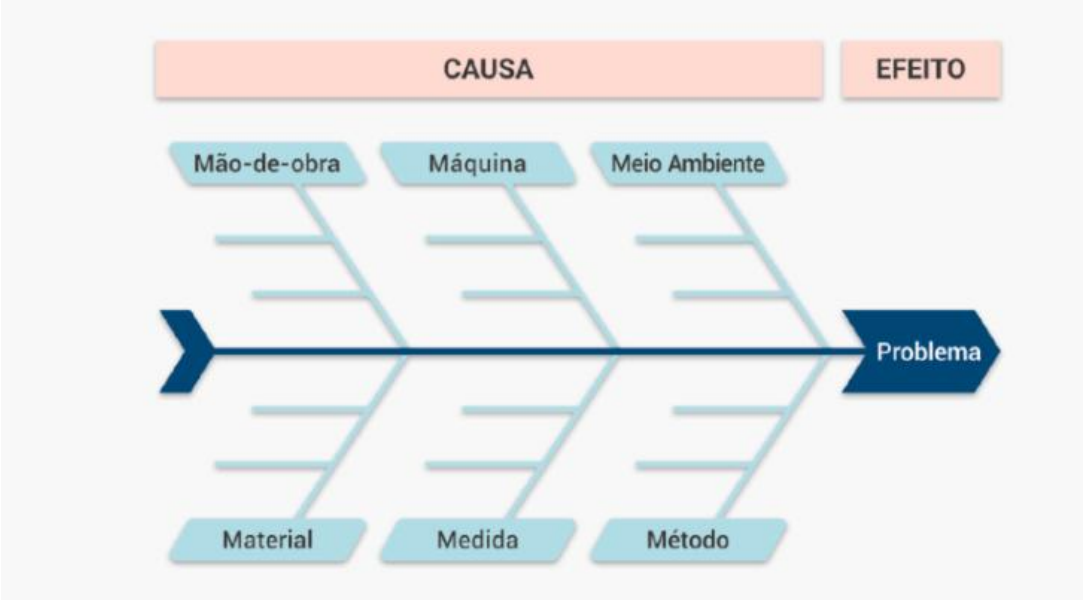


Figura 5. Diagrama de Ishikawa Sebrae.

Caderno de Ferramentas do Produtor Rural: De acordo com o encontrado em Sebrae, 2022, este caderno é uma ferramenta desenvolvida no âmbito do projeto ALI Rural do Sebrae, que visa auxiliar produtores rurais na gestão eficiente de suas propriedades. O Caderno do Produtor Rural tem como objetivos facilitar o registro e a organização das informações relevantes para a gestão da propriedade, fornecer dados precisos que apoiem a tomada de decisões estratégicas e operacionais, monitorar receitas, despesas e investimentos, auxiliar no planejamento das atividades agropecuárias e avaliar o desempenho das atividades para identificar oportunidades de melhoria.

Essas metodologias foram selecionadas e aplicadas de maneira integrada, proporcionando uma abordagem robusta e sistêmica na identificação e priorização dos problemas enfrentados pelos produtores de gado de recria em Morrinhos-GO. A combinação dessas ferramentas facilitou a compreensão do cenário, permitindo a elaboração de estratégias direcionadas para melhorar a sustentabilidade e a competitividade das atividades pecuárias na região.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível, por meio das metodologias Radar Rural, Canvas, SWOT e Diagrama de Ishikawa, identificar e priorizar o problema de falta de controle gerencial nas propriedades de gado de corte assistidas pelo Projeto ALI Rural Sebrae em Morrinhos.

Sendo assim, foi possível implementar a evolução dos controles gerenciais inicialmente através de controle manual, com registros em cadernos e planilhas básicas, focando em indicadores como: taxa de mortalidade e ganho de peso. Posteriormente foi realizada a estruturação, introduzindo ferramentas básicas como caderno de ferramentas do produtor disponibilizado pelo Sebrae e planilhas eletrônicas para um registro mais detalhado de saúde e alimentação, e controle de custos. Na Figura 7, pode-se identificar essa evolução nos nove produtores assistidos pelo Projeto ALI Rural, onde grande parte não possuía nenhum controle ou apenas a quantidade de animais, com o auxílio do Agente foi possível implementar alguns indicadores iniciais para acompanhamento do período produtivo voltado para o gado de recria. Os resultados foram gerados através do radar gerado no início e fim do ciclo de atendimento, levando em consideração os 10 atendimentos realizados e as metodologias implantadas neste período de 8 meses.

Foi utilizado o caderno de ferramentas do produtor rural disponibilizado pelo Projeto, onde é possível fazer o controle financeiro, custos de produção, rastreabilidade dos lotes de gado, registro das vacinas e medicações necessárias, formulação da dieta e demais ações que o produtor julgar necessária. Tornando mais fácil a identificação de gargalos, tomada de decisão e controle da produção. Os resultados nos mostram a importância e eficiência de projetos como esse que visam a agregação de conhecimento e identificação de oportunidades dentro da propriedade através do controle gerencial e tornando possível a continuidade mesmo após o encerramento dos atendimentos, podendo também fazer parcerias com o próprio Sebrae e parceiros na cidade e região que visem agregar aos critérios citados. Os benefícios do Caderno do Produtor Rural incluem a melhoria na gestão, proporcionando uma visão clara e organizada da operação da propriedade; a redução de desperdícios, identificando e eliminando ineficiências; o aumento da produtividade, implementando melhorias baseadas em dados precisos; a promoção de práticas sustentáveis que beneficiam o meio ambiente e a comunidade local. A implementação do controle gerencial garante que o produtor alcance os melhores resultados possíveis dentro das suas condições e busque auxílio de recursos. O Sebrae abre espaço para continuação da assistência em diferentes frentes dentro do Agro, possibilitando subsídio em até 70% em consultorias e serviços.

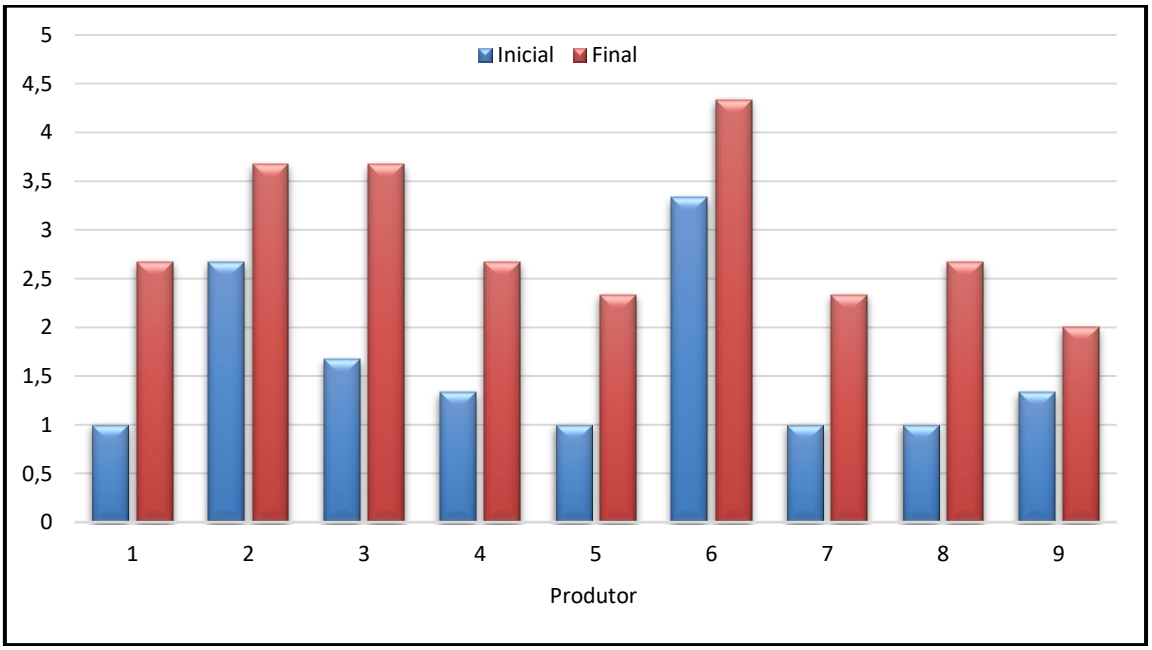


Figura 7. Controles Gerenciais

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A falta de gestão nas propriedades rurais é um desafio crítico que impede a melhoria de processos produtivos, a inserção de novos produtos, a redução de custos, o marketing e as vendas. Sem controle gerencial, é impossível determinar quais ações priorizar de acordo com a situação atual da propriedade.

Nesse contexto, o Projeto ALI Rural do Sebrae se destaca como uma iniciativa essencial. Ao oferecer ferramentas e orientação para a implementação de práticas de gestão eficientes, o projeto possibilita que os produtores evoluam seus indicadores e realizem melhorias profundas em diversas áreas de suas propriedades.

A eficiência do Projeto ALI Rural nas propriedades assistidas demonstra a importância da inovação e da gestão no fortalecimento da competitividade e sustentabilidade do setor agropecuário.

Sendo assim, de acordo com os resultados alcançados por meio do trabalho do agente local de inovação, o Sebrae leva informação e apoio direto aos produtores, promovendo um setor mais produtivo, sustentável e alinhado às demandas do mercado.

AGRADECIMENTOS

Ao SEBRAE GOIÁS pelo apoio e incentivo a práticas em campo que visam aumentar a produtividade e competitividade de agricultores familiares, levando conhecimento e acesso a inovações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1- SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Programa ALI Rural. 2022. Disponível em: https://bit.ly/sebrae_ali_rural. Acesso em: 25 jul. 2024.

2- SEBRAE. Cartilha o quadro de modelo de negócios. 2013. Disponível em: https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/ES/Anexos/ES_QUADROMODELODENEGOCIOS_16_PDF.pdf. Acesso em: 26 jul. 2024.

3- Nakawaga M. Ferramenta: Análise SWOT (clássico): Estratégia e Gestão. Disponível em: https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/ME_Analise-Swot.PDF. Acesso em: 26 maio 2022.

4- Pontes BR. Avaliação de Desempenho: Métodos Clássicos e Contemporâneos, avaliação por objetivos, competências e equipes. 10. ed. São Paulo: LTr, 2008.

Capítulo 45

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-45

ATIVIDADE BACTERICIDA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE CRAVO, HORTELÃ-PIMENTA, MANJERONA E LIMÃO TAHITI SOBRE *Listeria monocytogenes*

Bruna Azevedo Balduino[*1]; Michelle Carlota Gonçalves[1]; Anderson Henrique Venâncio[1]; Mônica Aparecida da Silva[1]; Monique Suela Silva[2];Jéssica Raquel Sales Carvalho de Souza[1];Fernanda Pereira[1];Roberta Hilsdorf Piccoli[1]

**Autor correspondente (Corresponding author) – Email: brunaazevedo.94@hotmail.com*

[1]Departamento de Ciência dos Alimentos/ESAL – Universidade Federal de Lavras (UFLA) Caixa Postal 3037 CEP 37203-202 – Lavras, MG – Brasil
[2]Departamento de Plantas Medicinais Aromáticas e Condimentares/ESAL – Universidade Federal de Lavras (UFLA)
Caixa Postal 3037 CEP 37203-202 – Lavras, MG – Brasil

Resumo: *Listeria monocytogenes* é um patógeno capaz de se desenvolver em superfícies de processamento de alimentos e formar biofilmes, sendo uma grande preocupação para a indústria alimentícia por causar listeriose, devido a ingestão de alimentos contaminados. Os óleos essenciais (OEs) são compostos naturais com potencial para serem utilizados como alternativa aos conservantes sintéticos em alimentos. O objetivo do estudo foi determinar as concentrações mínimas bactericidas (CMB) dos OEs de cravo, hortelã-pimenta, manjerona e limão Tahiti sobre *L. monocytogenes* ATCC 19117. A CMB foi determinada pela técnica de microdiluição em caldo. Preparou-se o caldo TSB acrescido de 0,6% de extrato de levedura (TSB-YE) e 0,5% de Tween 80 para diluição dos OEs que foram utilizados em concentrações variando de 2 a 0,015% (v/v). Realizou-se a inoculação de alíquotas de 10 µL da cultura padronizada nas cavidades da microplaca contendo 150 µL de TSB-YE acrescido de Tween 80 e das concentrações dos OEs com subsequente incubação a 37 °C por 24 h. Após esse período, realizou-se o plaqueamento por microgotas em meio TSA acrescido de 0,6% de extrato de levedura, seguido de incubação das placas. A menor concentração do OE em que não houve crescimento do microrganismo em placa foi denominada CMB. Os OEs de cravo, hortelã-pimenta e manjerona apresentaram ação bactericida, com uma CMB de 0,5%, 1% e 2%, respectivamente, o que demonstra um potencial para serem utilizados como conservantes naturais. Já o OE de limão Tahiti não foi capaz de inibir o crescimento de *L. monocytogenes* nas concentrações utilizadas no estudo.

Palavras–chave: conservantes naturais; patógenos alimentares; segurança dos alimentos

INTRODUÇÃO

As doenças transmitidas por alimentos podem ocorrer devido a ingestão de água ou alimentos contaminados por microrganismos patogênicos como fungos, vírus ou bactérias e suas toxinas, sendo uma séria ameaça à saúde humana nos últimos anos (1, 2).

A contaminação dos alimentos pode ocorrer em diversas etapas da produção, desde a matéria-prima, processamento até o armazenamento e distribuição, seja por baixa qualidade da matéria-prima, falhas no processo de higienização, não aplicação das boas práticas de fabricação, dentre outros vários fatores (2). Desse modo, alguns patógenos como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* e *Listeria monocytogenes* são comumente transmitidos por alimentos e causadores de infecção mesmo em baixas concentrações (1, 3).

Listeria monocytogenes é uma bactéria Gram-positiva, em formato de bastonete, anaeróbia facultativa, não formadora de esporos, que se destaca entre os diversos patógenos alimentares devido sua alta resistência e persistência dentro da indústria alimentícia. Já que é capaz de suportar condições adversas como baixa atividade de água, altas concentrações de sal e amplas faixas de pH e temperatura, o que permite sua sobrevivência por um longo período de tempo dentro da indústria de alimentos e sua aderência às superfícies de processamento podendo levar a formação de biofilmes. Sendo, portanto, um grande desafio para a indústria (4, 5, 6, 7, 8, 9).

O consumo de alimentos contaminados por *L. monocytogenes* pode causar sérios riscos, pois essa bactéria é causadora de listeriose, uma doença de origem alimentar com altas taxas de letalidade que afeta principalmente grupos mais susceptíveis como idosos, mulheres grávidas, recém-nascidos e indivíduos imunocomprometidos. A listeriose pode causar sintomas como uma gastroenterite, meningite, septicemia, nascimento prematuro ou aborto em mulheres grávidas, sendo os principais alimentos associados à contaminação por *L. monocytogenes* carnes e produtos cárneos, peixes, leite cru, produtos lácteos, vegetais e produtos prontos para o consumo (Read to Eat) (6, 10, 11, 12, 13, 14).

Desse modo, é preciso utilizar métodos de conservação dos alimentos que sejam capazes de garantir a segurança e evitar potenciais riscos à saúde do consumidor. Os conservantes sintéticos têm sido amplamente utilizados pela indústria para evitar a contaminação microbiana e as reações de oxidação. No entanto, devido a uma busca cada vez maior dos consumidores por saudabilidade, aumentou-se a procura por produtos que sejam considerados nutritivos, seguros e com rótulo limpo (“clean label”), levando a um aumento das pesquisas por alternativas naturais em substituição aos conservantes sintéticos. Dentre essas alternativas, os óleos essenciais surgem como uma proposta promissora (15, 16, 17, 18, 19, 20).

Os óleos essenciais são uma mistura complexa de compostos naturais, voláteis e odoríferos provenientes do metabolismo secundário de plantas, que podem ser sintetizados por suas diversas partes como flores, frutos, folhas, caules, botões, casca, sementes e raízes. Esses compostos possuem diversas propriedades biológicas como atividades antifúngicas, antioxidantes, antivirais, antiparasitárias, anti-inflamatórias, anticancerígenas e antibacterianas, que permitem sua utilização em diferentes áreas como o setor de cosméticos, medicamentos, alimentos, dentre outros (21, 22, 23, 24, 25).

Os óleos essenciais também são reconhecidos como GRAS (Generally Recognized As Safe) pela FDA (Food and Drug Administration), o que permite sua utilização em alimentos. Isso, associado, principalmente, às suas propriedades antimicrobiana e antioxidante faz com que eles tenham potencial para serem utilizados como conservantes naturais em alimentos para controlar o crescimento de patógenos e microrganismos deterioradores e garantir maior vida útil e segurança dos produtos (24, 26, 27).

Desse modo, conhecendo-se o potencial antibacteriano dos óleos essenciais e seu potencial para serem utilizados como uma alternativa aos conservantes sintéticos em

alimentos, o objetivo do trabalho foi avaliar a atividade bactericida dos óleos essenciais de cravo, manjerona, hortelã-pimenta e limão Tahiti sobre *Listeria monocytogenes* ATCC 19117 com o intuito de que esse trabalho possa contribuir com futuras pesquisas no desenvolvimento de conservantes naturais a base de óleos essenciais.

MATERIAL E MÉTODOS

LOCAL E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado no Laboratório de Microbiologia de Alimentos no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA), na cidade de Lavras-MG, Brasil.

ÓLEOS ESSENCIAIS

Os óleos essenciais de cravo (*Eugenia caryophyllus*), hortelã-pimenta (*Mentha piperita*) e limão Tahiti (*Citrus aurantifolia*) foram adquiridos da empresa Ferquima® e o óleo essencial de manjerona (*Origanum majorana*) foi adquirido da empresa Terra Flor.

MICRORGANISMO, MANUTENÇÃO E PADRONIZAÇÃO DO INÓCULO

A cepa bacteriana utilizada no estudo foi *Listeria monocytogenes* ATCC 19117, cedida pelo Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde (INCQS) da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ) e mantida no Laboratório de Microbiologia de Alimentos do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA.

A cepa de *L. monocytogenes* foi ativada em caldo triptona de soja acrescido de 0,6% (m/v) de extrato de levedura (TSB-YE), seguida de incubação a 37 °C por 24 h. A cultura estoque foi obtida por transferências de alíquotas de 1 mL da cultura ativa para microtubos que foram centrifugados a 7700 xg por 5 minutos. Após a centrifugação o sobrenadante foi descartado e a massa celular obtida foi ressuspensa com adição e homogeneização de 1 mL de meio de congelamento (glicerol: 15 mL; peptona bacteriológica: 0,5 g; extrato de levedura: 0,3 g; NaCl: 0,5 g; água destilada: 100 mL). A cultura estoque foi mantida a -18 °C durante o período de execução do experimento.

A padronização do inóculo a 10^8 UFC/mL foi realizada mediante curva de crescimento, na qual o desenvolvimento do microrganismo foi monitorado por leituras periódicas da absorbância (D.O. 600 nm) em espectrofotômetro (BEL SP-2000) e plaqueamento de alíquotas da cultura em ágar triptona de soja acrescido de 0,6% de extrato de levedura (TSA-YE). As placas foram incubadas a 37 °C por 24 h para posterior quantificação das colônias e padronização das culturas.

Os inóculos foram obtidos pela transferência de alíquotas de 1 mL da cultura estoque para tubos de ensaio contendo 10 mL de TSB-YE e incubação a 37 °C por 24 h. Após esse período, alíquotas de 1 mL das culturas foram transferidas para frascos contendo 100 mL de TSB-YE e incubadas a 37 °C pelo tempo necessário para atingir 10^8 UFC/mL.

DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO MÍNIMA BACTERICIDA

A concentração mínima bactericida (CMB) dos óleos essenciais foi determinada pela técnica de microdiluição em caldo (28), com adaptações, em microplacas de poliestireno com 96 cavidades. Os óleos essenciais foram utilizados nas concentrações de 2; 1; 0,5; 0,25; 0,12; 0,06; 0,03; 0,015% (v/v).

Alíquotas de 10 µL da cultura padronizada foram inoculadas nas cavidades das microplacas contendo 150 µL de TSB-YE acrescido de Tween 80 e das concentrações dos óleos essenciais. As microplacas foram incubadas a 37 °C por 24 h. Após esse período, alíquotas de 10 µL das culturas de cada cavidade foram plaqueadas em TSA-YE empregando-se a técnica de plaqueamento em microgotas e incubadas a 37 °C por 24 h. A menor concentração do óleo em que não houve crescimento do microrganismo em placa foi denominada CMB. O experimento foi realizado com três repetições em triplicata. Foram utilizados um controle negativo contendo TSB-YE acrescido de 0,5% de Tween 80 e das concentrações dos óleos essenciais e um controle positivo, contendo TSB-YE acrescido de Tween 80 e 10 µL da cultura padronizada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações mínimas bactericidas encontradas para os óleos essenciais de cravo, hortelã-pimenta, manjerona e limão Tahiti testados sobre *L. monocytogenes* podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Concentrações mínimas bactericidas dos óleos essenciais sobre *L. monocytogenes*

	Óleos Essenciais			
Concentração (%)	**Cravo**	**Hortelã-pimenta**	**Manjerona**	**Limão Tahiti**
2	-	-	-	+
1	-	-	+	+
0,5	-	+	+	+
0,25	+	+	+	+
0,12	+	+	+	+
0,06	+	+	+	+
0,03	+	+	+	+
0,015	+	+	+	+

Presença de crescimento visível (+); ausência de crescimento visível (-)

Os óleos essenciais de cravo, hortelã-pimenta e manjerona apresentaram atividade bactericida quando testados *in vitro* sobre *L. monocytogenes* ATCC 19117. Sendo o óleo essencial de cravo o que apresentou menor CMB (0,5%) e, portanto, melhor atividade bactericida, seguido dos óleos de hortelã-pimenta (1%) e manjerona (2%). Já o óleo essencial de limão Tahiti não foi capaz de inibir o crescimento da bactéria nas concentrações testadas neste trabalho, sendo necessário avaliar concentrações mais altas do óleo essencial para determinar sua CMB.

No entanto, a utilização de altas concentrações não é recomendada para a aplicação de óleos essenciais como conservantes naturais em alimentos, já que os óleos essenciais possuem forte sabor e odor que podem causar alterações sensoriais indesejáveis no produto (29, 30).

São diversos os fatores que influenciam na eficiência dos óleos essenciais, como o método de extração do óleo, identificação e quantificação dos constituintes químicos, microrganismos alvo e interações com a matriz alimentar (26). Desse modo, é possível perceber que a atividade antibacteriana varia de um óleo para outro, pois está relacionada com a composição do óleo essencial e com a concentração de óleo utilizada.

A ação antimicrobiana dos óleos essenciais não está relacionada a um único mecanismo de ação, mas sim com várias alterações que ocorrem em toda a célula. Os óleos essenciais podem causar alteração do perfil de ácidos graxos e da estrutura da membrana celular, aumento da permeabilidade, extravasamento do conteúdo celular, danos às proteínas de membrana, coagulação do citoplasma, inibição da funcionalidade

da parede celular, inibição da formação de biofilmes, depleção da força próton-motriz e inibição do fluxo de elétrons e síntese de ATP (31, 32).

Cui *et al*. (33) avaliaram o mecanismo de ação do óleo essencial de cravo sobre *L. monocytogenes* e observaram que ele pode agir na estrutura celular e causar danos irreversíveis à membrana celular, ocasionando o vazamento de biomacromoléculas (DNA, ATP e proteína) e enzimas extracelulares (β-galactosidase e fosfatase alcalina), além de inibir a atividade fisiológica de *L. monocytogenes* afetando metabólitos e enzimas-chave do ciclo do ácido tricarboxílico. Os autores também relataram que o eugenol, composto majoritário do óleo essencial de cravo, pode causar mudanças na estrutura do DNA.

Filgueiras e Vanetti (34) também demonstraram uma efetividade do eugenol na produção de listeriolisina O (LLO) por *L. monocytogenes*, já que em seus estudos o crescimento da bactéria na presença de eugenol resultou na inibição de 80 a 100% da produção de LLO.

Somrani *et al*. (35) encontraram valores de concentração mínima inibitória (CMI) de 0,05 mg/mL e 0,1 mg/mL para o óleo essencial de cravo testado sobre *L. monocytogenes* e *Salmonella* Enteritidis, respectivamente. Martins (36) avaliou a atividade antibacteriana do óleo essencial de cravo-da-índia sobre *L. monocytogenes* ATCC 19117 e encontrou uma CMB de 0,3%, valor próximo ao encontrado neste trabalho.

Outros trabalhos têm relatado a ação antibacteriana do óleo essencial de hortelã-pimenta. Ashrafudoulla *et al*. (37) encontraram uma concentração mínima inibitória (CMI) de 62,5 μL/mL do óleo essencial de hortelã-pimenta quando testado sobre *L. monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Salmonella* Typhimuruim. Enquanto Silva *et al*. (38) encontraram uma CMI de 1,84 μg/mL quando testado sobre *S. aureus* e *L. monocytogenes* e valores de concentração mínima bactericida (CMB) de 3,7 e 7,43 μg/mL para *S. aureus* e *L. monocytogenes*, respectivamente.

A ação antilisterial do óleo essencial de manjerona também é relatada em diferentes estudos. Barbosa *et al*. (39) testaram o óleo essencial de manjerona sobre *L. monocytogenes* e encontraram uma CMI de 0,46%. Já Krasniewska *et al*. (40) encontraram uma CMI de 0,9% para o óleo essencial de manjerona quando testado sobre *L. monocytogenes*. Alboofetileh *et al*. (41) desenvolveram filmes nanocompósitos de alginato/argila adicionados de óleos essenciais de manjerona, cravo e canela e observaram que em todas as matrizes de filme o óleo essencial de manjerona foi o que apresentou a maior atividade antimicrobiana e que os filmes contendo 1,5% do óleo essencial de manjerona reduziram a população de *L. monocytogenes*, *E. coli* e *S. aureus* em 6,33, 4,52 e 5,8log, respectivamente.

Embora o óleo essencial de limão Tahiti não tenha apresentado atividade bactericida nas concentrações utilizadas no trabalho, outros estudos tem relatado sua ação antibacteriana. O óleo essencial de limão Tahiti pode agir nas células bacterianas, causando danos na membrana, seguido do vazamento de compostos celulares como proteínas, ácidos nucleicos e íons K^+ e Ca^{2+} e seu principal composto, o limoneno tem demonstrado potencial antimicrobiano relacionado à inibição e regulação enzimática, à interrupção da tradução na síntese de proteínas e à inibição da síntese da parede celular (42).

Han, Zhichang e Chen (43) estudaram a susceptibilidade de *L. monocytogenes* ao limoneno e observaram que este causou a destruição da integridade celular e da parede de *L. monocytognes*, além de agir na permeabilidade da membrana celular, causando o aumento da condutividade e o vazamento de biomacromoléculas intracelulares (ácidos nucleicos e proteínas) e inibir a função do complexo da cadeia respiratória afetando a respiração e o metabolismo energético.

Os diversos compostos presentes nos óleos essenciais estão relacionados com sua atividade antimicrobiana. Segundo Yousefi, Khorshidian e Hosseini (20), timol, carvacrol, eugenol, cinamaldeído, limoneno, carvona, α e β-pineno e ρ-cimeno estão entre os principais compostos dos óleos essenciais que exercem atividade antilisterial por meio de diferentes mecanismos.

Desse modo, conforme observado nesse e em outros trabalhos, os óleos essenciais possuem ação antibacteriana, sendo uma alternativa promissora para serem utilizados como conservantes naturais em alimentos. No entanto, para comprovar a eficácia dos óleos essenciais e utilizá-los como conservantes naturais deve-se considerar também as alterações que a matriz alimentar pode causar em seu mecanismo de ação, sendo necessário testar sua aplicação em algum produto alimentício, além de realizar mais testes com diferentes cepas de microrganismos.

CONCLUSÕES

Os óleos essenciais de cravo, hortelã-pimenta e manjerona apresentaram ação bactericida sobre *L. monocytogenes* ATCC 19117 com valores de CMB de 0,5%, 1% e 2%, respectivamente. O que demonstra o potencial desses óleos para serem utilizados em pesquisas futuras para o desenvolvimento de conservantes naturais. Já o óleo essencial de limão Tahiti não obteve ação sobre *L. monocytogenes* nas concentrações utilizadas neste estudo, sendo necessário realizar mais testes com diferentes concentrações para avaliar sua possível ação bactericida.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal de Lavras (UFLA), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

1. Gao R, Liu X, Xiong Z, Wang G, Ai L. Research progress on detection of foodborne pathogens: The more rapid and accurate answer to food safety. Food Res Int. 2024;193.

2. Schirone M, Visciano P, Tofalo R, Suzzi G. Biological hazards in food. Front Microbiol. 2017;7.

3. Dai G, Yao H, Yang L, Ding Y, Du S, Shen H, Mo F. Rapid detection of foodborne pathogens in diverse foodstuffs by universal electrochemical aptasensor based on UiO-66 and methylene blue composites. Food Chem. 2023;424.

4. Bhunia AK. Foodborne microbial pathogens: mechanisms and pathogenesis. New York: Spring Science Business; 2008.

5. Colagiorgi A, Bruini I, Di Ciccio PA, Zanardi E, Ghidini S, Ianieri A. *Listeria monocytogenes* biofilms in the wonderland of food industry. Pathogens. 2017;6(3).

6. Kawacka I, Olejnik-Schmidt A, Schmidt M, Sip A. Natural plant-derived

chemical compounds as *Listeria monocytogenes* inhibitors in vitro and in food model systems. Pathogens. 2021;10(1).

7. Kocaman N, Sarimehmetoğlu B. Stress responses of *Listeria monocytogenes*. Ank Üniv Vet Fak Derg. 2016;63(4):421-7.

8. Kocot AM, Olszewska MA. Biofilm formation and microscopic analysis of biofilms formed by *Listeria monocytogenes* in a food processing context. LWT. 2017;84:47-57.

9. Roberts BN, Chakravarty D, Gardner JC, Ricke SC, Donaldson JR. *Listeria monocytogenes* response to anaerobic environments. Pathogens. 2020;9(3).

10. Buchanan RL, Gorris LGM, Hayman MM, Jackson TC, Whitinge RC. A review of *Listeria monocytogenes*: An update on outbreaks, virulence, dose-response, ecology, and risk assessments. Food Control. 2017;75:1-13.

11. Radoshevich L, Cossart P. *Listeria monocytogenes*: towards a complete picture of its physiology and pathogenesis. Nat Rev Microbiol. 2018;16(1):32-46.

12. Rafieian-Kopaei M, Saki K, Bahmani M, Ghafourian S, Sadeghifard N, Taherikalani M. Listeriosis phytotherapy: A review study on the effectiveness of Iranian medicinal plants in treatment of listeriosis. J Evid-Based Compl Altern Med. 2017;22(2):278-83.

13. Rodriguez C, Taminiau B, García-Fuentes E, Daube G, Korsakc N. *Listeria monocytogenes* dissemination in farming and primary production: Sources, shedding and control measures. Food Control. 2021;120.

14. Zhu Q, Gooneratne R, Hussain MA. *Listeria monocytogenes* in fresh produce: outbreaks, prevalence and contamination levels. Foods. 2017;6(3).

15. Calo JR, Crandall PG, O'Bryan CA, Ricke SC. Essential oils as antimicrobials in food systems–A review. Food Control. 2015;54:111-9.

16. Ju J, Xie Y, Guo Y, Cheng Y, Qian H, Yao W. The inhibitory effect of plant essential oils on foodborne pathogenic bacteria in food. Crit Rev Food Sci Nutr. 2019;59(20):3281-92.

17. Mutlu-Ingok A, Devecioglu D, Dikmetas DN, Karbancioglu-Guler F, Capanoglu E. Antibacterial, antifungal, antimycotoxigenic, and antioxidant activities of essential oils: An updated review. Molecules. 2020;25(20).

18. Papadochristopoulos A, Kerry JP, Fegan N, Burgess CM, Duffy G. Natural anti-microbials for enhanced microbial safety and shelf-life of processed packaged meat. Foods. 2021;10(7).

19. Rao JJ, Chen BC, McClements DJ. Improving the efficacy of essential oils as antimicrobials in foods: mechanisms of action. Annu Rev Food Sci Technol. 2019;10(10):365-87.

20. Yousefi M, Khorshidian N, Hosseini H. Potential application of essential oils for mitigation of *Listeria monocytogenes* in meat and poultry products. Front Nutr. 2020;7.

21. Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M. Biological effects of essential oils - A review. Food Chem Toxicol. 2008;46(2):446-75.

22. Khayyat SA, Roselin LS. Recent progress in photochemical reaction on main components of some essential oils. J Saudi Chem Soc. 2018;22(7):855-75.

23. Li Y-X, Erhunmwunsee F, Liu M, Yang K, Zheng W, Tian J. Antimicrobial mechanisms of spice essential oils and application in food industry. Food Chem. 2022;382.

24. Pandey AK, Kumar P, Singh P, Tripathi NN, Bajpai VK. Essential oils: Sources of antimicrobials and food preservatives. Front Microbiol. 2017;7.

25. Vergis J, Gokulakrishnan P, Agarwal RK, Kumar A. Essential oils as natural food antimicrobial agents: a review. Crit Rev Food Sci Nutr. 2015;55(10):1320-3.

26. Da Silva BD, Bernardes PC, Pinheiro PF, Fantuzzi E, Roberto CD. Chemical composition, extraction sources and action mechanisms of essential oils: Natural preservative and limitations of use in meat products. Meat Sci. 2021;176.

27. Saeed K, Pasha I, Jahangir Chughtai MF, Ali Z, Bukhari H, Zuhair M. Application of essential oils in food industry: challenges and innovation. J Essent Oil Res. 2022;34(2):97-110.

28. CLSI Clinical and Laboratory Standards Institute. Methods for antimicrobial susceptibility of anaerobic bacteria. 9th ed. Wayne: CLSI document M100; 2019.

29. Hou T, Sana SS, Li H, Xing Y, Nanda A, Netala VR, Zhang Z. Essential oils and its antibacterial, antifungal and anti-oxidant activity applications: A review. Food Biosci. 2022;47.

30. Mukurumbira AR, Shellie RA, Keast R, Palombo EA, Jadhav SR. Encapsulation of essential oils and their application in antimicrobial active packaging. Food Control. 2022;136.

31. Yammine J, Chihib N-E, Gharsallaoui A, Dumas E, Ismail A, Karam L. Essential oils and their active components applied as: free, encapsulated and in hurdle technology to fight microbial contaminations. A review. Heliyon. 2022;8 (12).

32. Zhang L, Piao X. Use of aromatic plant-derived essential oils in meat and derived products: Phytochemical compositions, functional properties, and encapsulation. Food Biosci. 2023;53.

33. Cui H, Zhang C, Li C, Lin L. Antimicrobial mechanism of clove oil on *Listeria monocytogenes*. Food Control. 2018;94:140-6.

34. Filgueiras CT, Vanetti MCD. Effect of eugenol on growth and listeriolysin O

production by *Listeria monocytogenes*. Braz Arch Biol Technol. 2006;49:405-9.

35. Somrani M, Debbabi H, Palop A. Antibacterial and antibiofilm activity of essential oil of clove against *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enteritidis*. Food Sci Technol Int. 2022;28(4):331-9.

36. Martins AP. Atividade bactericida de antimicrobianos naturais sobre *Listeria monocytogenes* inoculada em mortadela [tese]. Lavras: Universidade Federal de Lavras; 2016.

37. Ashrafudoulla M, Mevo SIU, Song M, Chowdhury MAH, Shaila S, Kim DH, Nahar S, Toushik SH, Park SH, Ha S-D. Antibiofilm mechanism of peppermint essential oil to avert biofilm developed by foodborne and food spoilage pathogens on food contact surfaces. J Food Sci. 2023;88(9):3935-55.

38. Silva WMF, Bona NP, Pedra NS, Cunha KD, Fiorentini AM, Stefanello FM, Zavareze ER, Dias ARG. Risk assessment of in vitro cytotoxicity, antioxidant and antimicrobial activities of *Mentha piperita* L. essential oil. J Toxicol Environ Health, Part A. 2022;85(6):230-42.

39. Barbosa LN, Rall VLM, Fernandes AAH, Ushimaru PI, da Silva Probst I, Fernandes Jr A. Essential oils against foodborne pathogens and spoilage bacteria in minced meat. Foodborne Pathog Dis. 2009;6(6):725-8.

40. Kraśniewska K, Kosakowska O, Pobiega K, Gniewosz M. The influence of two-component mixtures from Spanish Origanum oil with Spanish Marjoram oil or coriander oil on antilisterial activity and sensory quality of a fresh cut vegetable mixture. Foods. 2020;9(12).

41. Alboofetileh M, Rezaei M, Hosseini H, Abdollahi M. Antimicrobial activity of alginate/clay nanocomposite films enriched with essential oils against three common foodborne pathogens. Food Control. 2014;36(1):1-7.

42. Oliveira GDS, McManus C, Sousa HADF, Santos PHGDS, Dos Santos VM. A Mini-Review of the Main Effects of Essential Oils from Citrus aurantifolia, Ocimum basilicum, and Allium sativum as Safe Antimicrobial Activity in Poultry. Animals. 2024;14(3).

43. Han Y, Sun Z, Chen W. Antimicrobial susceptibility and antibacterial mechanism of limonene against *Listeria monocytogenes*. Molecules. 2019;25(1).

Capítulo 46

DOI: 10.53934/agronfy-2025-03-46

RESÍDUO DE MARACUJÁ NA DIETA DE RUMINANTES

Santos, Carlos Gabriel Alves; Cezario, Andreia Santos; Salgado, Guilherme Henrique; Dias, Thaylon Pereira;Santos, Marcus Alves; Gonzaga, Ana Maria Pinheiro; Ferreira, Daniely; Santos, Emanuela Vaz; Martins, Wiaslan Figueiredo , Oliveira, Eliandra Maria Bianchini

**Autor correspondente (Corresponding author) –*
Email: carlos.gabriel1@estudante.ifgoiano.edu.br; andreia.cezario@ifgoiano.edu.br; guilhermehensal@gmail.com; thaylon.pereira@estudante.ifgoiano.edu.br; marcus.alves@estudante.ifgoiano.edu.br; ana.pinheiro@estudante.ifgoiano.edu.br; danielly.ferreira@estudante.ifgoiano.edu.br; emanuela.vaz@estudante.ifgoiano.edu.br

Afiliação: Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos

Resumo: Este capítulo de livro teve como objetivo verificar e aplicar informações na área de caprinocultura leiteira. A caprinocultura é uma importante área de produção agropecuária, onde demonstra grande potencial tanto produtivo quanto consumidor. No Brasil a maior parte do rebanho de caprinos está localizado na região nordeste, isto muito pelo fator que os animais terem se adaptado à região e por terem sido trazidos pelos colonizadores, e consequentemente influencia diretamente na situação econômica da região. O leite de cabra possui uma alta aceitabilidade devido suas características nutricionais e digestibilidade, sendo uma alternativa para pessoas com intolerância ao leite de vaca, por ser rico em ácidos graxos de cadeia curta e média. A produção de carne de caprinos é uma fonte importante e acessível para a população nordestina, onde apresenta boas características nutricionais, tanto em teores de gordura, proteína e minerais. Além de oferecer diversificação da pecuária, pode oferecer benefícios econômicos e significativos para pequenos agricultores.

Palavras-chave: agroindústria; co-produto; silagem

1 INTRODUÇÃO

A base da pecuária brasileira está sob a produção de espécies forrageiras, de modo que esta constitui a parte volumosa da dieta animal e com isso possui uma área de mais de 170 milhões de hectares cultivados com pastagens. No entanto, a sazonalidade climática existente no Brasil tem como efeito a diminuição da produção de forragem e consequente redução da produção animal, fato que pode ser minimizado por meio de alternativas para armazenamento do alimento na forma de silagem (Martuscello, 2011; Bezerra et al., 2015).

O estudo da silagem de capim na alimentação de bovinos no Brasil não é recente, mas seu uso somente vem ganhando espaço. O custo da produção animal pode ser menor com adoção de tecnologias apropriadas como a utilização de silagem de capim, entretanto, essa redução pode ser ainda menor utilizando forrageiras que apresentem alta produtividade.

Ainda que os diversos capins, diferentemente do milho, possam apresentar problemas que interfiram na fermentação, eles têm vantagens que os tornam estrategicamente interessantes como reserva de alimento para a seca, na forma de silagem, tais como elevadas produções; perenidade; menor custo por quilograma de matéria seca; baixo risco de perda e maior flexibilidade na colheita (PEREIRA A.V., 2016)[1].

Determinadas espécies forrageiras podem apresentar fatores como alto teor de umidade, baixo teor de carboidrato solúvel e alto poder tampão que, em conjunto, possibilitam a ocorrência de fermentações secundárias possibilitando um ambiente favorável ao desenvolvimento de bactérias do gênero Clostridium. Essas desdobram açúcares, ácido lático, proteínas e aminoácidos em ácido butírico, acético, amônia, gás carbônico e aminas, ocasionando perdas qualitativas e quantitativas na silagem (Guimarães et al., 2011).

Aditivos são produtos comerciais ou não, que, aplicados à forrageira no momento da ensilagem, podem reduzir perdas de nutrientes, estimular ou inibir fermentações, ou ainda no valor nutritivo da planta originalmente ensilada (VILELA, 2024).

Os aditivos ideais para serem utilizados na ensilagem devem possuir alto teor de matéria seca e alta capacidade de absorver água, bom valor nutritivo, boa aceitabilidade, elevando o teor de carboidratos solúveis, que tenha uma fácil manipulação, e uma boa disponibilidade no mercado e com um baixo custo de aquisição (Elyane, 2012). Com a utilização de substratos com grande teor de umidade é necessário a utilização de sequestrantes de umidade para oferecer a melhor qualidade da ensilagem para os animais. O uso desses aditivos absorventes ou sequestrantes de umidade é uma das técnicas com maior recomendação para controlar a produção de efluentes em silagens (Pires et al., 2009).

Os resíduos agroindustriais e do beneficiamento de produtos vegetais podem ser utilizados na alimentação de ruminantes e contam com a vantagem de estarem disponíveis. O maracujá (*Passiflora sp*) cujo resíduo (casca e sementes), oriundo do esmagamento para obtenção do suco, representa um grande potencial para ser utilizado como alimento para animais.

O Brasil é o maior produtor mundial da cultura do maracujazeiro, correspondendo a uma produção total de mais de 600 mil toneladas, com rendimento médio de 15.259 Kg por hectare, de acordo com informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), com destaque para região Nordeste com 64,5% da produção nacional. Dos estados brasileiros, a Bahia e o Ceará estão entre os principais produtores.

A casca de maracujá pode ser utilizada como um volumoso de boa qualidade em dietas de ruminantes, podendo ser fornecida na sua forma natural ou então incorporada ao capim-elefante na forma desidratada. Possui alto teor de fibras e carboidratos não fibrosos e baixo teor de extrato etéreo, sendo uma fonte satisfatória de pectina, proteínas e minerais (Reis et al., 2000). Conhecendo-se a qualidade nutritiva deste coproduto e os baixos custos de aquisição do mesmo é que se torna imprescindível determinar a forma de inclusão dele em dietas para ruminantes.

O capim BRS Capiaçu tem sido utilizado para a produção de silagem em várias regiões do mundo. Isso porque, entre as gramíneas tropicais, a BRS Capiaçu é uma planta com alto potencial de produção em massa por unidade de área e bom valor nutricional (Pereira, Lédo, & Machado, 2017)[2]. É uma forragem com menor custo de produção em comparação com outras culturas perenes e/ou anuais para produção de silagem.

A silagem da BRS Capiaçu apresenta teor de PB inferior ao das silagens de milho e sorgo e superior à da silagem de cana-de-açúcar, e os teores de NDT do capim-elefante são inferiores aos das demais silagens. Todavia, as quantidades totais de PB e de NDT produzidas por unidade de área pela BRS Capiaçu são maiores que aquelas obtidas por milho, cana-de-açúcar e sorgo, devido à maior produtividade do capim (Pereira, A. V. et

al., 2016)[1]. Assim, a silagem de BRS Capiaçu, torna-se uma fonte de suplementação volumosa, com baixo custo e boa qualidade, podendo ser utilizada para animais ruminantes.

Objetivou-se neste capítulo de livro destacar as características e oportunidades da utilização de resíduo de maracujá na alimentação animal.

2 COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA

O coproduto de maracujá, apresenta diversas alternativas na utilização da produção animal, podendo ser oferecido na forma *in natura* ou ser desidratado e adicionado no momento da ensilagem. Na Tabela 1 estão apresentados a composição bromatológica do resíduo de maracujá. O teor de matéria seca do co-produto *in natura*, assemelha-se a recomendação de Kung Junior et al. (2007), segundo os mesmos autores, teores de matéria seca baixo no momento da ensilagem, podem prejudicar a produção dos ácidos e a rápida redução do pH. Isso possibilita o desenvolvimento de microorganismos indesejáveis que utilizam o amido como fonte de energia (KUNG JUNIOR et al., 2014), principalmente leveduras, proporcionando perdas de matéria seca.

Tabela 1. Teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) do Resíduo de Maracujá *in natura* e desidratado

Coproduto	**MS**	**PB**	**FDA**	**FDN**
In natura	30%	11,4%	51,2%	55,8%
Desidratado	85%	13,4%	49,2%	59%

Fonte: Valadares Filho et al., 2018

Podemos observar que os teores de proteína bruta estão acima dos teores encontrados na silagem de milho. CRUZ, et al. (2021)[1] encontraram teores médios de silagem de milho 9,0%, demonstrando um bom potencial de utilização. Segundo Van Soest (1994), os teores de proteína bruta (PB) devem estar acima de 7%, para que não haja prejuízo da utilização da forragem pelos microrganismos ruminais, com consequente limitação ao crescimento microbiano pelo limitado aporte de nitrogênio para a fermentação ruminal. O coproduto, independente da forma como está apresentado, apresenta valores acima do ideal.

A Fibra Insolúvel em Detergente Ácido é um indicador do valor energético da silagem: quanto menor a Fibra insolúvel em Detergente Ácido (FDA), maior o valor energético. Na média, um bom nível de Fibra em Detergente Ácido na silagem de milho fica ao redor de 30%, já que contém maior proporção de lignina, classificação de fibra indigestível (CRUZ, 2021)[1]. Com isso podemos ver que este co-produto possui valores bem elevados quando comparamos a resultados que esperamos, já pré determinados.

Com tudo os teores que estes alimentos apresentam de FDN acabam sendo um pouco além do que se é recomendado, seguindo o que foi dito pela CRUZ (2021)[1], os níveis de fibra em Detergente Neutro (FDN) na silagem de milho variam bastante, porém são considerados bons níveis ao redor de 50%. Co-produtos que contêm alta quantidade de fibra altamente fermentescíveis no rúmen, como casca de soja podem ser adicionados

às dietas para minimizar os efeitos negativos associados à alta quantidade de carboidratos não estruturais (CNE) da dieta (CAÑIZARES et al., 2009).

A forma como o alimento vai ser fornecido ao animal, dependerá da logística como transporte e armazenamento na propriedade até o total consumo animal. Alimentos ricos em água, devido a facilidade com a proliferação de fungos e leveduras porém limita o consumo dessa forma.

3 DESIDRATAÇÃO DO COPRODUTO e UTILIZAÇÃO

Secagem é a operação por meio da qual a água ou qualquer outro líquido é removido de um material. A secagem pode ocorrer devido à pressão atmosférica ou à pressão reduzida em equipamentos conhecidos como secadores a vácuo. A capacidade do ar para eliminar a água de um alimento depende, principalmente, de sua temperatura e de sua umidade relativa. O conteúdo de água de um alimento é o principal fator causador da deterioração por microrganismos e alterações por reações químicas e enzimáticas.

O resíduo de maracujá apresenta cerca de 30% de matéria seca e consequentemente 70% de água, o alto teor de umidade diminuiu sua vida útil. Uma alternativa utilizada é realizar a pré-secagem onde irá tirar grande parte da água presente no alimento e irá conservar o valor nutritivo do mesmo.

Segundo CRUZ 2010², a desidratação consiste em espalhar o co-produto em uma área limpa, expondo o mesmo a uma temperatura média de 37ºC e ao decorrer do dia são realizados revolvimentos com o intuito de que a pré-secagem seja uniforme e mantenha o valor nutritivo do material. Durante a secagem, à noite, a casca é amontoada e coberta, sendo espalhada novamente no dia seguinte. A secagem, ou desidratação completa, ocorre quando o material atinge um teor de 85% de MS.

Observando o trabalho de CRUZ 2010², foram avaliadas quatro diferentes silagens, constituídas de capim-elefante (*Pennisetum purpureum, Schum,*) cultivar Napier e casca de maracujá desidratada (Passiflora edulis sims f. flavicarpa), nas proporções 10%; 20% e 30%, com base na matéria natural (MN). Houve efeito linear crescente da MS ($P<0,05$) a medida em que os níveis de casca de maracujá na silagem de capim-elefante, os autores observaram acréscimo de 0,6 % no teor de MS para cada unidade de casca adicionada.

A silagem de capim com coproduto de maracujá é uma alternativa prática e econômica para melhorar o aproveitamento de resíduos agroindustriais e aumentar a qualidade nutricional do volumoso. Essa mistura pode beneficiar especialmente ruminantes em períodos de escassez de alimentos.

O coproduto de maracujá (como cascas ou sementes) é rico em fibras, alguns açúcares e minerais, complementando o perfil nutricional do capim. Pode contribuir com energia digestível e melhorar o consumo voluntário. Quando combinado com capins de alto teor de umidade, o coproduto pode ajudar a equilibrar a matéria seca da silagem, evitando perdas durante o processo fermentativo. A inclusão de até 30% do coproduto na matéria seca é considerada segura, promovendo uma fermentação adequada e uma maior aceitabilidade.

Bonfá (2015) estudou-se o coproduto da extração da polpa do maracujá, a casca do maracujá *in natura* , adicionada ao capim-elefante durante a ensilagem, nas proporções de 0,0%; 12,5%; 25,0%; 37,5% e 50,0%. A inclusão de níveis crescentes da CM propiciou decréscimo nos teores de MS das silagens. Esse fato ocorreu devido ao baixo teor de MS

presente no co-produto no momento da ensilagem, evidenciando que, quanto maior o nível de inclusão da CM, maior o teor de umidade adicionado ao material. No entanto, a inclusão do coproduto até o NI de 11% superou o teor de 30% de MS da silagem, teor considerado como mínimo para que o processo fermentativo dentro dos silos seja satisfatório e as silagens sejam de boa qualidade (McDonald, 1981).

A adição de coproduto de maracujá como sequestrante de umidade, melhora o perfil fermentativo da silagem devido o aumento no teor de matéria seca, os teores a serem utilizados, serão em função do teor de matéria seca do material a ser ensilado.

4 FATORES ANTINUTRICIONAIS

O resíduo de maracujá, como cascas e sementes, geralmente não apresenta compostos altamente tóxicos, mas pode conter fatores antinutricionais que exigem atenção na formulação de dietas para animais.

O co-produto contém compostos fenólicos, como flavonoides e taninos, que podem afetar negativamente a digestibilidade e a aceitabilidade da dieta em níveis elevados. Esses compostos podem ligar-se às proteínas, reduzindo sua disponibilidade para os animais (AZEVEDO,2011).

As sementes têm alto teor de gordura, o que pode limitar a inclusão em dietas ruminantes. Níveis elevados de lipídeos podem interferir na fermentação ruminal e na digestão de fibras. A lignina, presente em fibras em detergente neutro (FDN) de resíduos de cascas, é pouco digestível, o que pode reduzir o consumo de matéria seca pelos animais (AZEVEDO,2011).

RUPOLHO (2006) avaliou em seu trabalho o efeito da umidade e do período de armazenamento hermético na contaminação natural por fungos e a produção de micotoxinas em grãos de aveia observou em faixas com 9%, 12%, 15%, 18% e 21%, e foi possível observar que nos grãos de aveia armazenados a 9% e a 12% de umidade as equações de regressão não foram significativas, sendo verificado uma contaminação dos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* relativamente baixa durante o período de armazenamento estudado. Já nas umidades de 15%, 18% e 21% de armazenamento as equações de regressão foram significativas (p£0,05), exceto para *Fusarium*. As maiores incidências dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* ocorreram na umidade de 18%, seguindo-se de 21% e 15%. Para o gênero *Fusarium*, a maior incidência foi verificada em grãos armazenados com 21% de umidade.

5 UTILIZAÇÃO NA DIETA DE RUMINANTES

Estudos indicam que resíduos de maracujá podem ser incluídos na dieta em níveis de até 20 a 30% da matéria seca total sem impactos negativos no desempenho animal (AZEVEDO, 2011). Esse limite pode variar dependendo do tipo de resíduo (casca, polpa ou sementes), do processamento e do tipo de ruminante (bovinos, caprinos, ovinos, etc.).

A cultura do maracujá surge como mais uma alternativa de fruta na alimentação de ruminantes Alves et al. (2015) relata que o maracujá fresco é um excelente alimento para bovinos em crescimento, pois proporciona alto consumo e ganho de peso, mesmo quando fornecido como único alimento. Como este alimento sendo um co-produto apresenta um menor valor de aquisição, ele deve ser obtido durante o período de seca do

ano, onde apresenta uma menor produção de forragem para a demanda necessária para os animais.

Já Cruz et al. (2013)[3] em estudos com 16 ovinos, Santa Inês, observou que a inclusão da casca do maracujá na dieta de cordeiros melhora a qualidade da carne e parâmetros nutricionais. Para Pazdiora et al. (2021) o estudo com 20 ovinos, confinados em baias individuais, alimentados duas vezes ao dia, com dietas que receberam a inclusão da casca de maracujá nas proporções de 0; 25; 50; 75 e 100% em substituição ao grão de milho.O consumo de matéria seca foi maior (P<0,0001) para os ovinos que receberam resíduo de maracujá (1170,6g dia^{-1}), seguido do tratamento com feno de tifton (962,7g dia^{-1}), e apresentou efeitos sobrepostos para o resíduo de abacaxi (693,8g dia^{-1}), acerola (644,2g dia^{-1}) e cupuaçu (452,9g dia^{-1}) , Silva et al. 2019 observaram o aumento do consumo e ganho de peso em comparação à silagem do milho.

6 CONCLUSÃO

O resíduo de maracujá pode ser utilizado na dieta de ruminantes devido ao seu bom valor nutritivo, comparado aos grãos de cereais que já são ofertados para os animais. A forma como vai ser oferecido (*in natura,* peletizado ou silagem), irá variar conforme a disponibilidade do produtor, porém, deve ser assegurado a viabilidade econômica.

7 REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, José Augusto Gomes et al. Consumo, digestibilidade total, produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio em dietas com subprodutos de frutas para ruminantes. SciELO, 2011.
- BEZERRA, H. F. C. et al. Degradabilidade ruminal in situ de silagens de capim-elefante aditivadas com farelo de milho e inoculante da microbiota autóctone. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 16(2), 265-277, 2015. doi.org/10.1590/S1519-99402015000200001.
- BONFA, C. S. et al. Silagem de capim-elefante adicionada de casca de maracujá. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, 2015.
- CAÑIZARES, G.I.L.; RODRIGUES, L.; CAÑIZARES, M.C. Metabolismo de carboidratos não estruturais em ruminantes. Archives of Veterinary Science, v.14,n.1, p.63-73, 2009.
- [2]CRUZ, Braulio C.C. et al. Composição bromatológica da silagem de capim-elefante com diferentes proporções de casca desidratada de maracujá (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa*). *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 2010.
- [1]CRUZ, José Carlos et al. Milho para Silagem. EMBRAPA, 2021.
- [3]CRUZ, S. Cristiane Leal et al. Centesimal composition and physicochemical parameters of meat from Santa Inês lambs fed with passion fruit peel. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(4), 1977-1988, 2013.

- ELYANE, et al. Aditivos proteicos sequestrantes de umidade na ensilagem de gramíneas tropicais. 2012.
- GUIMARÃES FILHO, C. C.; MONTEIRO, K. D.; DEMINICIS, B. B. Utilização de silagem de capim para alimentação de ruminantes. *Pubvet*, 5(36), 1231-1237, 2011.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção brasileira de maracujá. Nordeste: IBGE, 2021.
- Kung, L. Jr., M. C. Windle, and N. Walker. 2014. The effect of an exogenous protease on the fermentation and nutritive value of highmoisture corn. J. Dairy Sci. 97:1707–1712.
- MARTUSCELLO, J. A. et al. Produção de biomassa e morfogênese do capim-braquiária cultivado sob doses de nitrogênio ou consorciado com leguminosas. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 12(4), 923-934, 2011.
- McDONALD, P. (Ed). *The biochemistry of silage*. New York: John Wiley & Sons, 1981. 226 p.
- PAZDIORA, R. D. et al. Digestibilidade, comportamento ingestivo e desempenho de ovinos alimentados com resíduos de agroindústrias processadoras de frutas. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 71, 2093-2102, 2019.
- [2]PEREIRA, A. V. et al. BRS Capiaçu: cultivar de capim-elefante de alto rendimento para produção de silagem. Embrapa Gado de Leite, 2016.
- [1]PEREIRA, A. V.; LEDO, F. J. da S.; MACHADO, J. C. BRS Kurumi and BRS Capiaçu - New elephant grass cultivars for grazing and cut-and-carry system. *Crop Breeding And Applied Biotechnology*, 17(1), 59-62, 2017.
- [3]PEREIRA, O. G.; RIBEIRO, K. G.; OLIVEIRA, A. S. Produção e utilização de silagem de capim no Brasil. *IV Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem*, Anais, 249-277, Viçosa, UFV, 2008.
- PIRES, et al. Efeitos de absorventes de umidade e de aditivos químicos e microbianos sobre o valor nutritivo, o perfil fermentativo e as perdas em silagens de capim-marandu. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(2), 230-239, 2009.
- REIS, J. dos et al. Composição química e digestibilidade de silagens de resíduo de maracujá, de capim elefante "cameroon" e de suas misturas. *Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 30, Rio de Janeiro, Anais, 483, 1993.
- RUPOLHO, Galileu et al. Efeito da umidade e do período de armazenamento hermético na contaminação natural por fungos e a produção de micotoxinas em grãos de aveia. SciELO, 2006.
- SENA, Janaina A. B. et al. Intake, digestibility, performance, and carcass traits of rams provided with dehydrated passion fruit (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) peel, as a substitute of Tifton 85 (*Cynodon spp.*). *Small Ruminant Research*, 129, 18-24, 2015.

- SILVA, Jardenia Maria Pereira et al. Digestibilidade, comportamento ingestivo e desempenho de ovinos alimentados com resíduos de agroindústrias processadoras de frutas. SciELO, 2019.
- VALADARES FILHO, S.C., LOPES, S.A. et al., CQBAL 4.0. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Ruminantes. 2018. Disponível em: www.cqbal.com.br.
- KUNG JUNIOR, L.; SCHMIDT, R.J.; EBLING, T.E., HU, W. The effect of Lactobacillus buchneri 40788 on the fermentation and aerobic stability of ground and whole high-moisture corn. Journal of Dairy Science, v.90, n.5, p.2309-23147, 2007.

ISBN 978-658506223-7

VII SEMANA de ALIMENTOS

Inovações e Desafios na Produção Agroindustrial de Alimentos

Agronfy