



INSTITUTO FEDERAL
Sudeste de Minas Gerais

Campus
Rio Pomba



Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos

***Contribuições para a área de alimentos:
experiências do MPCTA, campus Rio Pomba***



Organizadores

Vanessa Riani Olmi Silva

Aurélia Dornelas de Oliveira Martins

Wellington Cristina Almeida do Nascimento Benevenuto

Maurilio Lopes Martins

Eliane Maurício Furtado Martins

Bruno Gaudereto Soares

Augusto Aloísio Benevenuto Júnior

1ª Edição - Volume 6

Organizadores

Vanessa Riani Olmi Silva
Aurélia Dornelas de Oliveira Martins
Wellington Cristina Almeida do Nascimento Benevenuto
Maurilio Lopes Martins
Eliane Maurício Furtado Martins
Bruno Gaudereto Soares
Augusto Aloísio Benevenuto Junior

Contribuições para a área de alimentos: experiências do Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos, *campus* Rio Pomba

1ª Edição

Volume 6

Rio Pomba – MG
IF Sudeste MG – 2024

2024 Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais

Campus Rio Pomba

Qualquer parte desta publicação pode ser reproduzida, desde que citada a fonte.

Publicado no Brasil – ISBN: 978-65-996404-8-3

Contribuições para a área de alimentos: experiências do Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos, *campus* Rio Pomba

Reitor do IF Sudeste MG

André Diniz de Oliveira

Diretor Geral do *Campus* Rio Pomba

José Manoel Martins

Diretora de Pesquisa e Pós-Graduação

Larissa Mattos Trevizano

Coordenador do Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Maurilio Lopes Martins

Capa

Bruno Gaudereto Soares

Imagem do tema da capa gerada por Microsoft® Copilot®, em 11 de outubro de 2024.

Formatação

Aurélia Dornelas de Oliveira Martins, Bruno Gaudereto Soares, Eliane M. Furtado Martins.

Revisores

Janaína Maria Batista de Sousa, Jhonatan Faria da Costa, Patrícia Rodrigues Condé, Nataly de Almeida Costa, Rafaela Teixeira Rodrigues do Vale, Renata Cristina de Almeida B. Campos.

**Ficha Catalográfica elaborada pela Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação -
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais
/ *Campus* Rio Pomba**

Bibliotecária: Ana Carolina Souza Dutra CRB 6 / 2977

C764

v.6

Contribuições para a área de alimentos: experiências do Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos, *Campus* Rio Pomba. / organizadores Vanessa Riani Olmi Silva (*et al.*) – Rio Pomba, 2024.

161p.; il

E-book

ISBN: 978-65-996404-8-3

1. Manipulação de Alimentos. 2. Tecnologia de alimentos. I. Martins, Maurílio Lopes. II. Martins, Eliane Maurício Furtado. III. Benevenuto Júnior, Augusto Aloísio. IV. Silva, Vanessa Riani Olmi. V. Martins, Aurélia Dornelas de Oliveira. VI. Benevenuto, Wellingta Cristina Almeida do Nascimento. VII. Soares, Bruno Gaudereto. VII. Título.

CDD:664

IF Sudeste MG *Campus* Rio Pomba

Av. Dr. José Sebastião da Paixão, s/nº - Bairro Lindo Vale – 36180-000 – Caixa Postal 45 – Rio Pomba – MG

www.ifsudestemg.edu.br/riopomba - Fone: (32) 3571-5400

Sumário

PREFÁCIO.....	I
AUTORES.....	III
CAPÍTULO 1	6
Cupuaçu: beneficiamento e processos de secagem	
CAPÍTULO 2	26
Sanitizantes químicos utilizados na indústria de alimentos com ênfase em dióxido de cloro	
CAPÍTULO 3	52
Caracterização e proposição de tratamento da água residuária da lavagem de caju: uma alternativa sustentável na Região do Seridó-RN	
CAPÍTULO 4	67
Secagem em leite de espuma: estudo sobre propriedades tecnológicas do processamento de polpas de frutas	
CAPÍTULO 5	89
Desafios no desenvolvimento de pão doce isento de glúten e lactose	
CAPÍTULO 6	103
Cupuaçu e proteína de soja: potencial para carrear microrganismos probióticos e seu efeito no câncer colorretal	
CAPÍTULO 7	129
Uso de farinha do resíduo do processamento de acerola na elaboração de barras de frutas	
CAPÍTULO 8	146
Matriz vegetal como carreadora de probióticos: ênfase em ervilha e sua relação com a saúde de idosos	



Prefácio

É com muita alegria que a equipe do curso de Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos publica esta obra, cujo objetivo é divulgar as pesquisas realizadas pelo Programa de Pós-Graduação do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, campus Rio Pomba.

Este livro foi escrito por professores e mestres profissionais e apresenta temas relevantes relacionados à Ciência e Tecnologia de Alimentos. É direcionado a profissionais da área, estudantes de graduação e pós-graduação, pesquisadores e professores.

Nesse sexto volume, intitulado “Contribuições para a Área de Alimentos: Experiências do Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campus Rio Pomba”, estão presentes oito capítulos oriundos das revisões de literatura das dissertações defendidas no Programa. Temas das linhas de pesquisa, Processamento de Alimentos e Desenvolvimento de Produtos e Segurança de Alimentos e Gerenciamento Ambiental, pertencentes ao Programa são abordados. Esses temas incluem assuntos da área de frutas como: beneficiamento e secagem de cupuaçu; secagem em leito de espuma de polpas de frutas; farinha do resíduo do processamento de acerola na elaboração de barras de frutas e matriz vegetal como carreadora de probióticos, com ênfase em ervilha e também em cupuaçu e proteína de soja. Além disso, são abordados temas relacionados a sanitizantes químicos utilizados na indústria de alimentos, caracterização e proposição de tratamento da água residuária da lavagem de caju, bem como desafios no desenvolvimento de pão doce isento de glúten e lactose.

Agradecemos a todos da equipe envolvida na organização deste e-book, além dos professores do Programa, à Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação pela concessão de bolsas a discentes e docentes, e à Pró-reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação pelo apoio por meio de editais com bolsa para pesquisadores e discentes, além de recurso financeiro para aquisição de material de consumo para as pesquisas.





INSTITUTO FEDERAL
Sudeste de Minas Gerais

Campus
Rio Pomba



Esperamos que esta obra, que consiste no sexto volume, possa lhes ser útil e venha contribuir com informações relevantes para a sua carreira profissional.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Prof. Maurilio Lopes Martins

Coordenador do Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos





Autores

Afonso Mota Ramos

Docente do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa.
e-mail: amotaramos@gmail.com

Ana Carolina Moura de Sena Aquino

Credencial: Docente do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos do IF Santa Catarina.
e-mail: ana.carolina@ifsc.edu.br

Ana Carla Alves Pelais

Docente do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade do Estado do Pará.
e-mail: ana.pelais@uepa.br

André Narvaes da Rocha Campos

Docente do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos do IF Sudeste MG, campus Rio Pomba.
e-mail: andre.campos@ifsudestemg.edu.br

Anthonioni Peron Dal Sasso

Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pelo IF – Sudeste MG, Campus Rio Pomba.
e-mail: anthonioni.sasso@ifro.edu.br

Aurélia Dornelas de Oliveira Martins

Docente do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos do IF Sudeste MG, campus Rio Pomba
e-mail: aurelia.dornelas@ifsudestemg.edu.br

Bruno Ricardo de Castro Leite Júnior

Docente do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa.
e-mail: bruno.leitejr@ufv.br

Cleuber Raimundo da Silva

Docente do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos do IF Sudeste MG, campus Rio Pomba
e-mail: cleuber.raimundo@ifsudestemg.edu.br

Christiano Vieira Pires

Docente do Departamento de Engenharia de Alimentos da UFSJ, Campus Sete Lagoas.
e-mail: christianov@ufs.br

Eliane Maurício Furtado Martins

Docente do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos do IF Sudeste MG campus Rio Pomba
e-mail: eliane.martins@ifsudestemg.edu.br

Érica Nascif Rufino Vieira

Docente do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa.
e-mail: ericanrv@yahoo.com.br





INSTITUTO FEDERAL
Sudeste de Minas Gerais

Campus
Rio Pomba



Fabiana de Oliveira Martins

Docente do Departamento de Tecnologia de Alimentos do IF Sudeste MG, campus Rio Pomba.
e-mail: fabiana.martins@ifsudestemg.edu.br

Fernanda Machado Baptestini

Docente do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal do Espírito Santo
Campus Alegre
e-mail: fernanda.baptestini@ufes.br

Flaviane Capobiango Bicalho Barbosa

Discente do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos do IF Sudeste MG, campus
Rio Pomba
e-mail: flavecapobiango@yahoo.com.br

Gabriel Henrique Horta de Oliveira

Professor do IF Sudeste MG, campus Manhuaçu
e-mail: gabriel.oliveira@ifsudestemg.edu.br

Isandra de França Medeiros

Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pelo IF Sudeste MG, campus Rio Pomba.
e-mail: isandramde@gmail.com

Janaina Maria Batista de Sousa

Professora do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos do IF Sudeste MG, Campus
Rio Pomba.
e-mail: janaina.sousa@ifsudestemg.edu.br

Kamila Ferreira Chaves

Pós doutoranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos, UFES, Alegre, ES
e-mail: kamila.fc@gmail.com

Leandro Fagundes Mançano

Técnico em Alimentos e Laticínios do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da
Fonseca Campus Valença-RJ; Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pelo IF Sudeste MG,
campus Rio Pomba
e-mail: leandro.mancano@cefet-rj.br

Luciene Dias Santos Silva,

Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pelo IF Sudeste MG, campus Rio Pomba
e-mail: llucienediassantos@gmail.com

Maurício Henriques Louzada Silva

Docente do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos do IF Sudeste MG, Campus
Rio Pomba.
e-mail: mauricio.louzada@ifsudestemg.edu.br

Maurilio Lopes Martins

Docente do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos do IF Sudeste MG, Campus
Rio Pomba.
e-mail: maurilio.martins@ifsudestemg.edu.br

Mirielle Teixeira Lourenço

Mestranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos na Universidade Federal de Viçosa, UFV.
e-mail: mirielle.lourenco@ufv.br





INSTITUTO FEDERAL
Sudeste de Minas Gerais

Campus
Rio Pomba



Nataly de Almeida Costa

Docente do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos do IF Sudeste MG, campus Rio Pomba.

e-mail: natalyalmeida20@gmail.com

Onofre Barroca de Almeida Neto

Docente do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos do IF Sudeste MG, campus Rio Pomba.

e-mail: onofre.neto@ifsudestmg.edu.br

Roselir Ribeiro da Silva

Prof.do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos do IF Sudeste MG, campus Rio Pomba.

e-mail: roselir.silva@ifsudestemg.edu.br

Rosimarlani de Oliveira Gonçalves

Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pelo IF Sudeste MG, campus Rio Pomba.

e-mail: rosimarlani@yahoo.com.br

Thamiris Carla Campos Santos

Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pelo IF Sudeste MG, campus Rio Pomba.

e-mail: thamirisccsantos@gmail.com

Tiago Bratiliéri dos Santos

Estudante do Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas Amazônicos da Universidade Federal de Rondônia, Campus de Rolim de Moura.

e-mail: tiago.bratilieri@unir.br

Vanessa Riani Olmi Silva

Docente do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos do IF Sudeste MG, campus Rio Pomba

e-mail: vanessa.riani@ifsudestemg.edu.br

Vanessa Caroline de Oliveira

Doutoranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos na Universidade Federal de Viçosa

e-mail: vanessa.c.oliveira@ufv.br

Vanice Lopes Anacleto

Discente do Bacharelado em Ciência e Tecnologia de Alimentos do IF Sudeste MG, campus Rio Pomba.

e-mail: vanicelopesmkn15@gmail.com





Capítulo 1

CUPUAÇU: BENEFICIAMENTO E PROCESSOS DE SECAGEM

Anthonioni Peron Dal Sasso
Aurélia Dornelas de Oliveira Martins
Christiano Vieira Pires
Janaina Maria Batista de Sousa
Maurício Henriques Louzada Silva
Tiago Bratiliéri dos Santos
Vanessa Riani Olmi Silva

1. INTRODUÇÃO

O cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) é uma das numerosas frutas nativas da Amazônia brasileira. É uma fruta valiosa, fonte de matéria-prima devido às suas características sensoriais, como sabor e aroma, que são muito apreciadas pelos consumidores. Além disso, o cupuaçu pode ser utilizado na produção de uma variedade de produtos, como geleias, sorvetes, sucos, biscoitos, outros, e essa demanda tem crescido ao longo do tempo (Pereira *et al.*, 2017; Pereira; Abreu; Rodrigues, 2018; Costa *et al.*, 2018).

Em relação à composição do fruto, a polpa representa cerca de 37% do peso total, enquanto as sementes correspondem de 15% a 20%, a placenta 3% e a casca 45% (Souza, 2007; Silva; Pierre, 2021). No entanto, as sementes, que representam uma parte significativa do fruto, são frequentemente descartadas ou usadas para outros fins, como a produção de mudas, ração ou adubo (Silva; Durigan; Carvalho, 2018; Nascimento *et al.*, 2020).

As amêndoas do cupuaçu possuem alto valor nutritivo, com uma composição (em base seca) que inclui aproximadamente 50% de lipídios, 20% de proteínas, 15,9% de carboidratos, 9,6% de fibras e 3,6% de cinzas (Nascimento *et al.*, 2020). As amêndoas frescas têm cerca de 84% de umidade e um teor de gordura de aproximadamente 60% do peso seco (Azevedo; Kopcak; Mohamed, 2003). A gordura é composta principalmente por triacilgliceróis, incluindo os ácidos palmítico (11,25%), linoleico (2,39%), araquídico (7,97%), esteárico



(38,09%) e oleico (38,79%) (Quast; Luccas; Kieckbusch, 2011). Para produzir a gordura de cupuaçu, as amêndoas são geralmente fermentadas, secas, torradas, moídas e prensadas, resultando em aproximadamente 45% de gordura e um resíduo conhecido como torta, que corresponde a cerca de 55% (Salgado *et al.*, 2011).

A gordura de cupuaçu tem sido utilizada em uma variedade de produtos na indústria farmacêutica, cosmética e, nos últimos anos na indústria de alimentos, especialmente na confeitaria (Medeiros *et al.*, 2006; Oliveira; Genovese, 2013).

O processo de obtenção da gordura de cupuaçu geralmente envolve três etapas: pré-tratamento, extração e refino. O pré-tratamento começa após o despulpamento e inclui fermentação, secagem e moagem das amêndoas. A secagem pode ser realizada de forma natural, em que as sementes são expostas ao sol, ou de forma artificial, usando fornos, estufas com temperaturas controladas ou liofilizadores. A secagem é essencial para reduzir o teor de umidade das sementes, podendo afetar sua qualidade e propriedades físicas. Uma secagem inadequada pode causar alterações na composição e qualidade do óleo (Quequeto, 2018; Andrade, 2021).

Na maioria das vezes, a extração do óleo feita de forma mecânica, através da prensagem das amêndoas, ou utilizando solventes. Um desafio comum na extração do óleo de cupuaçu é a resistência da casca das sementes. O processo de refino é realizado para remover resíduos e melhorar as características sensoriais do óleo. Embora a extração mecânica produza óleo de alta qualidade, o rendimento é relativamente baixo em comparação à extração química (Azevedo; Kopcak; Mohamed, 2003; Silva; Durigan; Carvalho, 2018).

Apesar do potencial da semente de cupuaçu em sua composição química, há poucos estudos sobre o efeito da secagem na composição e qualidade do óleo obtido. Estudos científicos sobre a extração e avaliação das características físico-químicas e sensoriais do óleo de cupuaçu podem contribuir com informações importantes para seu melhor aproveitamento na indústria de alimentos, como ingrediente funcional e também no desenvolvimento de novos produtos, cooperando assim, para uma agricultura familiar mais sustentável (Cavalcanti; Albuquerque; Meireles, 2016).



2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Amazônia e a fruticultura

O bioma da Amazônia (Figura 1), é um grande conjunto de ecossistemas que abrange a bacia hidrográfica do Rio Amazonas e a Floresta Amazônica, além de se estender por vários outros países da América do Sul. A maior biodiversidade da Amazônia encontra-se no Brasil, totalizando mais de 40.000 espécies de plantas, das quais 75 % são endêmicas (Fernández, 2019)

Figura 1- Imagem representativa do bioma amazônico



Fonte: Hugo, 2023.

Dentre a ampla pluralidade de plantas da região amazônica, existe uma grande diversidade de espécies frutíferas. Em relação às características botânicas, estas são conhecidas, mas pouco estudadas no que se refere às propriedades agronômicas, agroindustriais e químicas (Ramos *et al.*, 2020).

A parte brasileira da região Amazônica contém uma diversidade de espécies frutíferas e possui o mais precioso conjunto destas. Contando com aproximadamente 220 espécies de plantas produtoras de frutos comestíveis, corresponde a 44 % da diversidade dos frutos nativos do Brasil. Estes frutos, podem ser caracterizados como consideráveis fontes de nutrientes, usados na alimentação humana para proteger a saúde da população contra numerosos males. Desta maneira, a compreensão das espécies e a caracterização das



propriedades funcionais desses frutos, segundo a sua própria diversidade biológica, configuram um importante desafio para sua valorização (Grigio, 2017; Mota; Seruffo; Rocha, 2020).

A fruticultura na região Amazônica vem se expandindo, especialmente na última década, por intermédio de produtos regionais que se destacam pelo sabor exótico e particularizado (Fernández, 2019). A lavra e a domesticação das frutíferas nativas tem sido incentivado pelo comércio de consumo fundado na recente busca por insumos alimentares, farmacêuticos e de cosméticos de origem não artificial (Pacheco *et al.*, 2021).

Um número limitado de espécies frutíferas nativas está restrito à produção extrativista. Existe pouco conhecimento sobre técnicas de manejo que permitam o cultivo dessas espécies, possibilitando a colheita de frutos em escala comercial (Clement *et al.*, 2015).

Ao entender o comportamento de espécies frutíferas nativas apoiado em produções em áreas de cultivo, seria possível lapidar o manejo e o delineamento da atividade do pomar, como definir o tipo e em qual tempo realizar a poda, período de colheita e a eficiência na produtividade (Carpentieri-Pípolo *et al.*, 2008).

Dentre os produtos regionais com melhores potencialidades econômicas, salientam-se as frutas nativas, óleos essenciais, óleos vegetais, corantes naturais, fito medicamentos, resinas e fibras que são provenientes de frutos como açaí, piquiá, camu-camu, cupuaçu e bacuri (Lamarão *et al.*, 2020)

2.2. Cupuaçuzeiro

Pertencente à Família Malvaceae, está naturalmente dividido nas florestas tropicais brasileiras, especialmente nos estados do Amazonas, Pará, Maranhão, Rondônia e Acre, no mesmo momento em que lavouras comerciais podem ser vistas em outros estados, como na Bahia, por exemplo. Demais países tropicais, localizados na América do Sul, como Costa Rica, Colômbia, Equador, Guiana Francesa, Guiana e Suriname, também cultivam essa árvore (Pugliese *et al.*, 2013; Mournet *et al.*, 2020).

Theobroma grandiflorum, popularmente conhecido como Cupuaçu, começou a ser cultivado comercialmente a partir do início da década de 1980. Antes, quase a totalidade do cupuaçu produzido era de forma extrativista e semi-





extrativista. Contudo nos últimos decênios, a área cultivada com esta espécie apresentou ampliação significativa (Pereira; Abreu; Rodrigues, 2018). Em 2017, dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), demonstraram a produção nacional do cupuaçu através da publicação do Censo Agropecuário (Tabela 1).

Tabela 1. Dados da produção brasileira de cupuaçu

Território (Região/Estado)	Área Colhida (ha*)	Quantidade Produzida (t**)
Nacional	13504	21240
Região Norte	9590	14620
Acre	71	402
Amapá	472	722
Amazonas	3924	6002
Pará	4143	4965
Rondônia	654	2146
Roraima	287	274
Tocantins	39	109
Demais Estados	3902	6611
Bahia	3715	6297
Espírito Santo	37	109
Maranhão	55	33
Mato Grosso	91	152
Rio de Janeiro	4	20
Nacional	13504	21240

Fonte: IBGE, 2017. *ha - Hectare; **t – Tonelada.

O Cupuaçuzeiro (Figura 2), possui seu tamanho bastante variado. Na natureza a árvore pode atingir até 20 metros de altura e 45 cm de diâmetro do caule. Nos plantios, este tamanho varia de 6 a 8 metros e sua copa pode atingir 7 metros de diâmetro. Normalmente o cupuaçuzeiro floresce de dois a três anos após o plantio, todavia, todas as plantas sombreadas florescem mais tarde (Pereira; Abreu; Rodrigues, 2018)



Figura 2 - Imagem que representa o cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*)



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.3. Cupuaçu: fruto do cupuaçuzeiro

O fruto do cupuaçuzeiro é uma baga, apresenta coloração marrom, é aveludado e alongado, possui de 10 a 40 cm de comprimento, diâmetro de 9 a 15 cm e peso médio 1 a 2 kg (Figura 3). Sua casca (epicarpo) é rígida e lígnea, revestida por uma camada com aspecto de pó ferrugíneo que, quando raspada expõe a epiderme de coloração verde. A casca também é constituída do mesoendocarpo (camada mais interior), de cor branco amarelada, com aproximadamente 7 mm de espessura. Em média os frutos contêm entre 20 a 50 sementes envoltas por uma polpa consistente (Jorge, 2011; López, 2015).

A polpa e sementes são utilizadas nas indústrias de alimentos e de cosméticos. As cascas podem ser utilizadas como fertilizantes e possuem 0,72 %, 0,04 %, 1,5 %, de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente, além de serem utilizadas como matéria-prima para artesanatos na região amazônica (Mournet *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2020)



Figura 3- Imagem representativa do fruto do cupuaçuzeiro



Fonte: Elaborado pelo autor.

O fruto possui elevado potencial econômico devido às suas características sensoriais como aroma, sabor e textura, além do seu alto valor nutricional e aplicações variadas na indústria (Faber; Yuyama, 2015). Devido ao seu sabor específico e elevada acidez, a polpa de cupuaçu é utilizada como ingrediente na fabricação de sorvetes, sucos, creme, néctar, compota, doces, licores, geleias, pudim, biscoito, recheios para trufas de chocolates dentre outros produtos

2.4. A polpa de cupuaçu

A polpa ou purê do cupuaçu é constituída por uma mucilagem que circunda (abraça) as amêndoas e de acordo com a Instrução Normativa (IN) nº 1 de 07 de janeiro (Brasil, 2000), define como polpa ou purê de cupuaçu o produto não fermentado e não diluído, obtido da parte comestível do cupuaçu, exceto semente, através de processo tecnológico adequado, com teor mínimo de sólidos totais. Estabelece como composição sensorial, a coloração do purê ou polpa, branco ou branco amarelado, sabor levemente ácido e aroma próprio, sendo sua sua composição físico-química apresentada na Tabela 2.



Tabela 2. Parâmetros físico-químicos da polpa de cupuaçu estabelecidos pela IN nº 1/2000 do MAPA (Brasil, 2000).

	Mínimo	Máximo
Sólidos solúveis em °Brix, a 20 °C	9,00	-
pH	2,60	-
Acidez total expressa em ácido cítrico (g/100g)	1,50	-
Ácido ascórbico (mg/100mg)	18,00	-
Açúcares totais naturais do cupuaçu (g/100g)	6,00	-
Sólidos totais (g/100g)	12,00	-

Fonte: Brasil, 2000.

A acidez da polpa e o elevado conteúdo de pectina são atributos que favorecem a produção de néctares, geleias, compotas e guloseimas. Entretanto, a polpa tem sido utilizada em produtos como iogurtes. Costa *et al.* (2015) utilizaram a polpa do cupuaçu, para produzir iogurte com leite de cabra. Segundo os autores, ao comparar o produto com a elaboração de iogurte com leite de vaca, houve uma maior dificuldade em obter uma boa textura quando comparado ao com leite de cabra. Também observaram que a presença do elevado teor de pectina presente na polpa melhorou a textura do leite de cabra, sendo uma interessante estratégia tecnológica para a indústria de leite caprino. A polpa do cupuaçu pode ser utilizada para a produção de vinho de frutas. Estudo mostra que a fruta possui potencial para ser aproveitada na produção de bebidas fermentadas, com aceitação pelos consumidores (Duarte *et al.*, 2010).

Alimentos com apelos funcionais foram desenvolvidos a partir da polpa, como uma bebida probiótica, elaborada por Pereira *et al.* (2017). Para os autores, o fruto se mostrou um excelente substrato para fermentação por microrganismos probióticos, pois sua composição (açúcares naturais e ácidos orgânicos) forneceu um ambiente adequado para o desenvolvimento desses microrganismos.

2.5. Amêndoa do cupiaçu

Ao despertar interesse no mercado nacional e internacional, o cupuaçu se apresenta como alternativa de matéria-prima para diversos produtos (Dias *et al.*, 2019). Por pertencer a mesma família do cacauieiro (*Theobroma cacao* L.), as



amêndoas do cupuaçu apresentam características botânicas e atributos químicos parecidos com as do cacau (Silva *et al.*, 2018).

Com percentual médio de 15 a 20 % de semente, comumente, são rejeitados pela agroindústria. Contudo, este rejeito aparentemente sem utilidade, demonstrou potencial uso das amêndoas do cupuaçu na produção de um chocolate semelhante ao do cacau (Santos Filho; Toro, 2020).

Descrito como subproduto da obtenção de polpa de cupuaçu, a amêndoa é rica em proteínas (9 a 12 %) e gordura (57 a 61 %). Devido ao elevado teor de gorduras, sua digestibilidade, características sensoriais e químicas se assemelham a da manteiga de cacau. Estudos com a amêndoa de cupuaçu vem sendo efetuadas para utilização em produtos alimentícios, por seu valor nutricional, e perfil de ácidos graxos, com destaque para os ácidos oleico e esteárico (Agostini *et al.*, 2021).

As etapas de processamento das amêndoas de cupuaçu são semelhantes ao beneficiamento das amêndoas de cacau: fermentação, torrefação, moagem e prensagem para obter a gordura. A partir da massa desengordurada, produz-se o cupuaçu em pó. A coloração muda de um creme bege para um caramelo avermelhado. Os atributos sensoriais, como sabor e aroma, da amêndoa fermentada, quando comparada a amêndoa de cacau, não apresentou diferenças significativas (Pereira; Abreu; Rodrigues, 2018).

2.5.1. Composição físico-química da amêndoa de cupuaçu

Santos Filho e Toro (2020), em estudos com amêndoas de cupuaçu, obtiveram sua composição físico-química (Tabela 3) e de macro/micro nutrientes (Tabela 4). O cupuaçu apresentou resultados interessantes para os macros/micros nutrientes que trazem benefícios a saúde humana.



Tabela 3. Parâmetros físico-químicos das amêndoas de cupuaçu.

Parâmetros	Resultados
Umidade (%)	8,3 ± 0,4
Matéria seca (%)	91,7 ± 0,4
Gordura (%)	49,15 ± 1,1
pH	5,66 ± 0,01
Proteína (*)	9,75 ± 0,02
Cinzas (%)	2,5 ± 0,3
Açúcares redutores (%)	1,21 ± 0,02
Açúcares Total (%)	1,32 ± 0,02
Açúcares não redutores (%)	0,11 ± 0,01

Legenda: (*) resultados expressos em base seca.

Fonte: Santos Filho; Toro, 2020.

Tabela 4. Composição dos macros e micro nutrientes da amêndoa do cupuaçu em base seca.

Macro Nutrientes	
N (g/Kg)	17,35 ± 0,23
P (g/Kg)	3,01 ± 0,04
K (g/Kg)	8,47 ± 0,002
Na (g/Kg)	0,14 ± 0,001
Ca (g/Kg)	1,02 ± 0,06
Mg (g/Kg)	2,62 ± 0,10
Micro nutrientes	
Fe (g/Kg)	57,63 ± 0,59
Zn (g/Kg)	47,33 ± 0,06
Cu (g/Kg)	31,09 ± 0,20
Mn (g/Kg)	10,55 ± 0,42

Fonte: Santos Filho; Toro, 2020.

Cohen e Jackix (2009) caracterizaram e identificaram o percentual de ácidos graxos da gordura do cupuaçu (Tabela 5).

Tabela 5. Composição percentual de ácidos graxos da gordura de cupuaçu.

Ácidos Graxos	Gordura de Cupuaçu
Ácido mirístico (C14:0)	0,08
Ácido palmítico (C16:0)	11,25
Ácido palmitoleico (C16:1)	0,40
Ácido esteárico (C18:0)	38,09
Ácido oleico (C18:1)	38,79
Ácido linoleico (C18:2)	2,39
Ácido araquídico (C20:0)	7,97
Ácido linolênico (C18:3)	0,22
Ácido behênico (C22:0)	0,74



Saturados (%)	58,13
Monoinsaturados (%)	39,19
Poliinsaturados (%)	2,61

Fonte: Cohen e Jackix, 2009.

2.6. Secagem das amêndoas de cupuaçu

Uma das técnicas mais antigas utilizadas pelo ser humano para a conservação de alimentos é a secagem. O procedimento é comum e consiste na retirada da água de um produto por evaporação, impedindo a deterioração e redução do valor comercial, aprimorando o produto. Com isso, a oferta de um produto novo no mercado, pode atrair novos investimentos para a produção e beneficiamento agrícola, face as vantagens monetárias que derivam da modificação do produto (Souza, 2011).

A secagem da amêndoa do cupuaçu, se inicia após a fermentação, podendo ser realizada ao sol ou por aquecimento. O método utilizado dependerá das condições de clima e disponibilidade de recursos do produtor. Objetiva-se com essa etapa a diminuição do teor de umidade das amêndoas e volatilização dos ácidos, elevando os valores do pH. Nesta fase são requeridos cuidados a fim de evitar contaminação por microrganismos que podem se desenvolver nesse meio, como os agentes de putrefação e fungos tóxicos, que alteraram o sabor da amêndoa (Santos Filho; Toro, 2020).

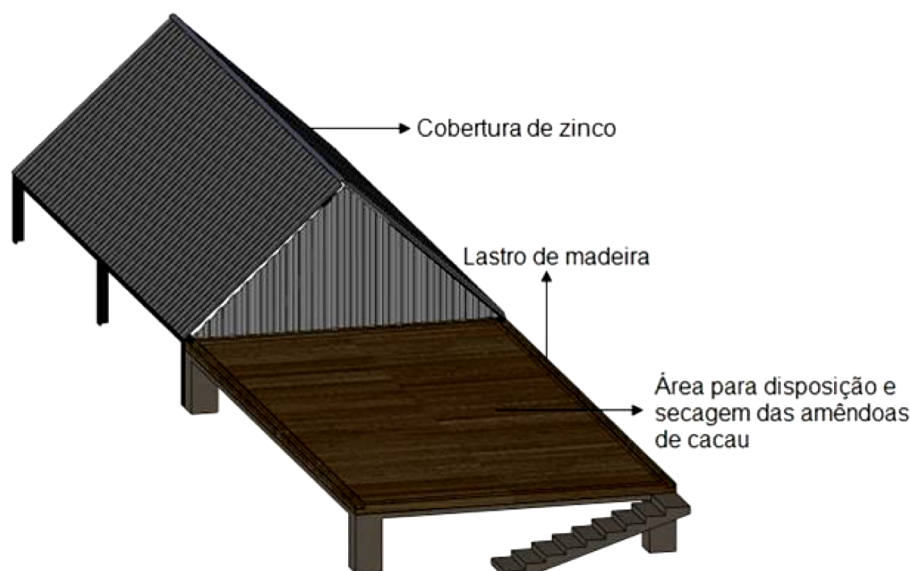
2.6.1. Secagem natural

A secagem natural é realizada por meio da ação direta dos raios solares. Neste processo são utilizadas barcaças (Figura 4), onde se espalham as sementes de cupuaçu no lastro, com o auxílio de um rodo de madeira, com o intuito de expor as amêndoas à radiação solar nas mais diversas posições, ocasionando na perda de maneira uniforme. As sementes espalhadas no lastro da barcaça devem conter espessura máxima de 5 cm, para melhor revolvimento, que nos primeiros dias deve ocorrer a cada hora. Nos primeiros dias a noite, deve-se juntar as amêndoas em montículos, a fim de reduzir a superfície em contato com o ar, para evitar a proliferação de bolores brancos. A secagem será completa entre seis a



dez dias a depender das condições de insolação, até obter umidade residual próxima de 6 % (Jorge, 2011).

Figura 4 – Ilustração da barcaça utilizadas para secagem das amêndoas de cupuaçu.



Fonte: Sales, Soglia e Girotto (2019).

2.6.2. Secagem artificial

Na secagem artificial, pode ser utilizado secadores que possuem como fonte de calor lenha, gás, diesel, dentre outros, ou estufa elétrica com circulação forçada de ar. É uma alternativa para os agricultores/indústrias, principalmente na região amazônica onde a safra do cupuaçu coincide com a época mais chuvosa do ano. A secagem artificial requer cuidado especial, pois, o aumento da temperatura deve ocorrer lentamente sem ultrapassar 55 °C, mantendo-se por todo o período de secagem que será completo em torno de 30 horas e com umidade em 6 % (Jorge, 2011).

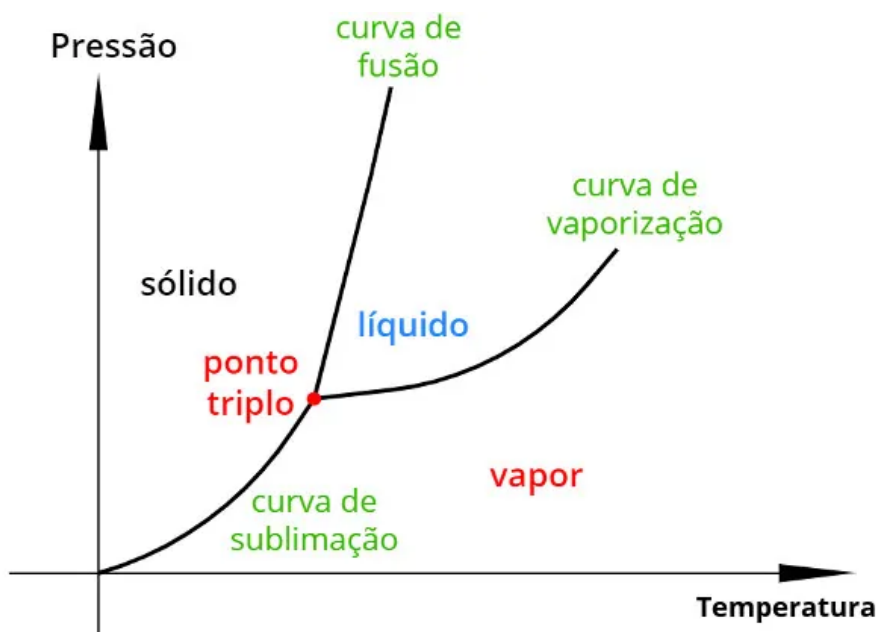
2.6.3. Liofilização

A liofilização, também conhecida como criosecação ou criodesidratação (*freeze-drying*), é um processo de desidratação onde a água ou outro solvente presente no produto, anteriormente congelado, passa do estado sólido diretamente para o estado gasoso (sublimação), em condições específicas de



pressão e temperatura. Para isto torna-se essencial que a temperatura e a pressão parcial de vapor d'água, estejam abaixo às do ponto triplo (Figura 5), isto é, 0,0099 °C e 4,58 mmHg (Souza, 2011).

Figura 5 – Gráfico que representa o diagrama de fases com o ponto triplo da água.



Fonte: Helerbrock, 2023.

Os produtos liofilizados atestam qualidade superior quando comparados aos produtos obtidos por outros processos de secagem. Um fator considerável é a dureza estrutural proporcionada pela substância congelada quando ocorre a sublimação. Essa rigidez previne o declínio da matriz porosa remanescente posterior a secagem. Ao reidratar o produto liofilizado, este preserva sua estrutura original. Já os alimentos liofilizados há uma pequena perda nas suas características sensoriais, aroma e sabor. As reações de degradação e modificações no produto, comumente ocorridas em outros processos de secagem, são minimizados pelo uso de baixas temperaturas e vácuo (Zotarelli, 2014).

A primeira etapa neste processo é congelar a amostra, para formar cristais de gelo. Em seguida, a amostra congelada é submetida a um ambiente de vácuo onde ocorre diminuição da pressão de vapor do solvente congelado presente no material. O calor é aplicado no ambiente, onde remove a água contida na amostra pelo processo de sublimação. Isso evita que a fase líquida da água seja congelada, e é completamente essencial baixar a pressão parcial da água a um



nível inferior da pressão do ponto triplo. O ponto triplo é o ponto onde três fases, líquida, sólida e vapor, coabitam numa determinada temperatura e pressão. Pelo condensador o vapor d'água presente na amostra passa, evitando a reabsorção pela amostra ou a saturação do ambiente da câmara (Dallariva, 2021).

Os elementos que constituem os liofilizadores são: câmara de vácuo, fonte de calor, condensador e bomba de vácuo. A câmara de vácuo (onde é acondicionada a amostra) objetiva a diminuição da pressão, para que não ocorra fusão de gelo. A fonte de calor tem como finalidade suprir o calor latente de sublimação. Alguns modelos, como os de bancada, não apresentam essa função. O condensador é formado por serpentinas de refrigeração que convertem vapores diretamente em gelo (executando a chamada sublimação inversa), possuindo dispositivos de descongelamento automatizados, a fim de manter a área máxima de serpentina livre aumentando a eficiência do processo. Como o maior consumo de energia ocorre na refrigeração dos condensadores, estes dispositivos proporcionam economia no processo de liofilização. A bomba de vácuo tem por finalidade a remoção dos vapores não condensáveis (Ribeiro, 2012).

Por agregar alto valor, os alimentos liofilizados, são produtos que retêm imensa parte dos nutrientes originais, por empregarem baixas temperaturas no beneficiamento. Os produtos liofilizados são mais porosos, e se expostos em ambiente úmido, podem reidratar com maior velocidade, sendo essa característica indesejável na maioria dos casos (Ochoa-Martínez *et al.*, 2012). Ao comparar o custo operacional pode-se notar que este é expressivamente maior, frente aos produtos secos obtidos por outros métodos, devido às baixas taxas de secagem e uso do vácuo. Para minimizar os custos de operações, necessita-se de pesquisas, ofereçam produtos liofilizados a um preço competitivo. Considerando os aspectos nutritivos e sensoriais, devem-se investigar a qualidade final do produto, para garantir alimentos seguros e nutritivos aos consumidores (Dallariva, 2021).

Souza (2011) reportou que as técnicas de liofilização empregadas no beneficiamento da polpa de cupuaçu desidratada, resultou em um produto de qualidade superior aos obtidos por outras técnicas como a secagem convectiva.



2.7. Processo mecânico de extração da gordura das amêndoas de cupuaçu

A extração mecânica se dá pela compressão das amêndoas, feita por um eixo giratório de forma contínua, ou por um cilindro hidráulico manual. As prensas mecânicas disponíveis no mercado, possibilitam controlar a pressão e a temperatura do sistema para maximizar a obtenção do óleo, com controle diferenciado para cada tipo de semente. Este processo de extração mecânica não é de uso exclusivo para amêndoas de cupuaçu, mas para outras sementes, como a andiroba, oleaginosa popular no norte do país e nas sementes de uva. Algumas sementes exigem aplicação de calor, com temperaturas aproximadas a 50 °C e outras podem ser prensadas a frio (Pighinelli, 2010; Barbosa; Rocha; Peiter, 2020).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cupuaçu, como uma fruta nativa da Amazônia brasileira, tem se destacado não apenas por suas características sensoriais únicas, como sabor e aroma, mas também pelo seu potencial como fonte de matéria-prima versátil. A composição das sementes de cupuaçu revela sua relevância como ingrediente funcional, com quantidades significativas de lipídios, proteínas, carboidratos, fibras e cinzas.

Os procedimentos de obtenção do óleo de cupuaçu envolvem etapas de pré-tratamento, extração e refino, sendo a secagem das amêndoas um passo crucial que requer cuidados para preservar a qualidade do óleo final. A resistência da casca das sementes representa um desafio na extração.

É evidente que há um vasto potencial não explorado nas amêndoas de cupuaçu, tanto em termos de aproveitamento nutricional quanto de aplicações na indústria de alimentos. Investir em pesquisas científicas detalhadas sobre a secagem, composição e qualidade do óleo de cupuaçu pode abrir portas para novas oportunidades na indústria de alimentos. Isso pode incluir o desenvolvimento de produtos inovadores e saudáveis, bem como a criação de ingredientes funcionais que atendam às demandas dos consumidores por alimentos nutritivos e saborosos.

Além disso, a conscientização sobre a importância da utilização eficiente dos recursos, como o cupuaçu, pode contribuir para o fortalecimento da



agricultura familiar na região amazônica, promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis. Em conjunto, essas perspectivas podem não apenas enriquecer a indústria de alimentos, mas também apoiar a conservação da biodiversidade e o desenvolvimento socioeconômico das comunidades locais.

4. REFERÊNCIAS

AGOSTINI, J. S.; BIASI, R. P.; TANSINI, K. K.; BOCCA, M. F. Physical, chemical and microbiological characterization of cupuassu seed during fermentation. **Scientific Electronic Archives**, v. 13, n. 3, p. 36-45, mar. 2021.

ANDRADE, E. G. **AJUSTE DE MODELOS MATEMÁTICOS NA SECAGEM DE SEMENTES DE GIRASSOL (*Helianthus annuus* L.)**. 2021. Monografia (Bacharelado em Agronomia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, 2021.

AZEVEDO, A. B. A. de.; KOPCAK, U.; MOHAMED, R. S. Extraction of fat from fermented Cupuaçu seeds with supercritical solvents. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 27, n. 2, p. 223-237, out. 2003.

BARBOSA, J. E. P.; ROCHA, V. R. da; PEITER, A. S. Extração de óleo do ouricuri (*Syagrus coronata*) utilizando a prensagem mecânica. **Brazilian Applied Science Review**. Curitiba, v. 4, n. 6, p. 3458-3466, nov./dez. 2020.

BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Vegetal. Instrução Normativa nº 1, de 07 de janeiro de 2000. Aprova o Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta. **Diário Oficial da União**, Brasília, 10 de janeiro de 2000. Seção 1., p. 54-58.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; NEVES, C. S. V. J.; BRUEL, D. C.; SOUZA, S. G. H. de; GARBÚGLIO, D. D. Frutificação e desenvolvimento de frutos de aceroleira no Norte do Paraná. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 7, p. 1871-1876, out. 2008.

CAVALCANTI, R. N.; ALBUQUERQUE, C. L. C.; MEIRELES, M. A. A. Supercritical CO₂ extraction of cupuassu butter from defatted seed residue: Experimental data, mathematical modeling and cost of manufacturing. **Food and Bioproducts Processing**, v. 97, p. 48-62, jan. 2016.

CLEMENT, C. R.; DENEVAN, W. M.; HECKENBERGER, M. J.; JUNQUEIRA, A. B.; NEVES, E. G.; TEIXEIRA, W. G.; WOODS, W. I. The domestication of Amazonia before European conquest. **Proceedings of the royal society B**, v. 282, n. 1812, p. 1-9, 2015.

COHEN, K. de O.; JACKIX, M. de N. H. **Características químicas e física da gordura de cupuaçu e da manteiga de cacau**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. 20 p.



COSTA, M. P.; FRASÃO, B. S.; SILVA, A. C. O.; FREITAS, M. Q.; FRANCO, R. M.; CONTE-JUNIOR, C. A. Cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) pulp, probiotic, and prebiotic: Influence on color, apparent viscosity, and texture of goat milk yogurts. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 9, p. 5995-6003, 2015.

COSTA, R. S. da; TEIXEIRA, C. B.; ALVES, T. V. G.; RIBEIRO-COSTA, R. M.; CASAZZA, A. A.; ALIAKBARIAN, B.; CONVERTI, A.; SILVA JÚNIOR, J. O. C.; PEREGO, P. Optimization of spray drying conditions to microencapsulate cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) seed by-product extract. **Natural Product Research**, v. 33, n. 18, p. 2600-2608, abr. 2018.

DALLARIVA, K. L. P. **Secagem e caracterização da grama de trigo (*Triticum aestivum* L.) por cast-tape drying e liofilização**. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Pato de Minas, 2021.

DIAS, J. D. M.; ABREU, V. K. G.; PEREIRA, A. L.F.; LEMOS, T. de O.; SANTOS, L. H. dos; SILVA, V. K. L. da; MOTA, A. S. de B. Desenvolvimento e Avaliação das Características Físico-químicas e da Aceitação Sensorial de Doce em Massa de Cupuaçu. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 36, n. 1, jan./jun. 2019.

DUARTE, W. F.; DIAS, D. R.; OLIVEIRA, J. M.; TEIXEIRA, J. A.; SILVA, J. B. de A. e; SCHWAN, R. F. Characterization of different fruit wines made from cacao, cupuassu, gabioba, jaboticaba and umbu. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, p. 1564-1572, 2010.

FABER, M. A.; YUYAMA, L. K. O. Functional dietary cereal bar based an amazon fruits. **Journal of nutrition & food sciences**, v. 5, n. 2, 6 p., 2015.

FERNÁNDEZ, I. M. **Bioprospeção de frutas cultivadas na Amazônia com potencial de compostos bioativos, capacidade antioxidante e estudomicrobiológicos**. 2019. Tese (Doutorado em Biotecnologia). Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2019.

GRIGIO, M. L. **Atributos qualitativos e funcionais do camu-camu e elaboração de produtos com potencial funcional**. 2017. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Conservação). Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2017.

HELERBROCK, R. **Ponto Triplo da água**, disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/ponto-triplo-da-agua.htm>. Acesso em: 10 de julho de 2023.

HUGO, V. Amazônia – O que é, características, importância, mapa e devastação. **Conhecimento Científico**, 2023. Disponível em: <https://conhecimentocientifico.r7.com/amazonia/>. Acesso em: 09 de agosto de 2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html. Acesso em: 10 de agosto de 2021.

JORGE, L. H. de A. **Dossiê técnico: cultivo e beneficiamento do cupuaçu**. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – Senai, Manaus, 24 p., jul. 2011.



LAMARÃO, C. V.; GOMES, M. L. de S.; MARTINS, G. A. S.; ROLIM, C. S. dos S.; YAMAGUHI, K. K. de L.; SARAIVA-BONATTO, E. C.; SILVA, C. C., JÚNIOR, V. F. da V. Antioxidantes inorgânicos em frutos amazônicos. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 12237-12253, mar. 2020.

LÓPEZ, P. A. B. **Avaliação da cadeia produtiva do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) schum.) nos municípios de Itacoatiara, Presidente Figueiredo e Manaus**. 2015. Dissertação (Mestrado em Agricultura no Trópico Úmido). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2015.

MEDEIROS, M. L.; AYROSA, A. M. I. B.; PITOMBO, R. N. de M.; LANNES, S. C. da S. Sorption isotherms of cocoa and cupuassu products. **Journal of Food Engineering**, v. 73, p. 402-406, 2006.

MOTA, L. S. da S.; SERUFFO, H. H. da R.; ROCHA, C. A. M. da. Prospecção Tecnológica de *Theobroma grandiflorum*: mapeamento de tecnologias geradas a partir do Cupuaçu. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 13, n. 3, p. 733-744, jun. 2020.

MOURNET, P.; ALBUQUERQUE, P. S. B. de; ALVES, R. M.; SILVA-WERNECK, J. O.; RIVALLAN, R.; MARCELLINO, L. H.; CLÉMENT, D. A reference high-density genetic map of *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng) and QTL detection for resistance to witches' broom disease (*Moniliophthora perniciosa*). **Tree Genetics & Genomes**, v. 16, n. 89, 2020.

NASCIMENTO, F. C. da C.; SOUZA, J. M. L. de; YOMURA, R. B. T.; VASCONCELOS, M. A. M. de; NASCIMENTO, M. M. do. Estabilidade da torta parcialmente desengordurada de amêndoas despêculadas de cupuaçu. In: SEMINÁRIO DA EMBRAPA ACRE DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO, 2., 2019, Rio Branco, AC. **Anais [...]** Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2020. p. 59-63.

OCHOA-MARTÍNEZ, C. I.; QUINTERO, P. T.; AYALA, A. A.; ORTIZ, M. J. Drying characteristics of mango slices using the Refractance Window™ technique. **Journal of Food Engineering**, v. 109, n. 1, p. 69-75, mar. 2012.

OLIVEIRA, T. B. de; GENOVESE, M. I.; Chemical composition of cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) and cocoa (*Theobroma cacao*) liquors and their effects on streptozotocin-induced diabetic rats. **Food Research International**, v. 51, n. 2, p. 929-935, mai. 2013.

PACHECO, A. de A.; REIS, A. A. dos; SANTOS, P. P. dos; FILHO, D. G. de F.; PRADO, A. F. do. Análise do cultivo experimental de ubaia (*Eugenia patrisii* Vahl. - *Myrtaceae*): uma frutífera nativa da Amazônia. **Brazilian Applied Science Review**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 86-99, jan./fev. 2021.

PEREIRA, A. L. F.; ABREU, V. K. G.; RODRIGUES, S. Cupuassu – *Theobroma grandiflorum*, In: RODRIGUES, S.; SILVA, E. de O.; BRITO, E. S. de (ed.). **Exotic Fruits: Reference Guide**, 1. ed., Academic Press, 2018, p. 159-162.

PEREIRA, A. L. F.; FEITOSA, W. S. C.; ABREU, V. K. G.; LEMOS, T. de O.; GOMES, W. F.; NARAIN, N.; RODRIGUES, S. Impact of fermentation conditions on the quality and sensory properties



of a probiotic cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) beverage. **Food Research International**, v. 100, p. 603-611, out. 2017.

PIGHINELLI, A. L. M. T. **Estudo da extração mecânica e da transesterificação etílica de óleos vegetais**. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

PUGLIESE, A. G.; TOMAS-BARBERAN, F. A.; TRUCHADO, P.; GENOVESE, M. I. Flavonoids, Proanthocyanidins, Vitamin C, and Antioxidant Activity of *Theobroma grandiflorum* (Cupuassu) Pulp and Seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, n. 11, p. 2720-2728, 2013.

QUAST, L. B.; LUCCAS, V.; KIECKBUSCH, T. G. Physical properties of pre-crystallized mixtures of cocoa butter and cupuassu fat. **Grasas y Aceites**, v. 62, n. 1, p. 62-67, jan./mar. 2011.

QUEQUETO, W. D. **Qualidade fisiológica e perfil de ácidos graxos do óleo bruto de sementes de Niger após a secagem**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2018.

RAMOS, A. A. G.; LUZ, C. G.; BORGES, F. F.; COSTA, P. C. R. da; RODRIGUES, Y. O. de S.; RAMOS, Y. B.; FONSECA, Y. da C. Caracterização físico-química e microbiológica do umari (*Poraqueiba Sericea*). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 6, p. 40744-40752, jun. 2020.

RIBEIRO, P. F. F. de A. e. C. **Processo de liofilização de produtos alimentares perecíveis**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2012.

SALES, J. H.; SOGLIA, L. V. de M.; GIROTTO, P. H. S. Sistema de secagem via energia solar e acumulador de calor para amêndoas de cacau. **Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão**. Paranaguá, PR, v. 4, n. 4, out. 2019.

SALGADO, J. M.; RODRIGUES, B. S.; DONADO-PESTANA, C. M.; DIAS, C. T. dos S.; MORZELLE, M. C. Cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) peel as potential source of dietary fiber and phytochemicals in whole-bread preparations. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 66, p. 384-390, set. 2011.

SANTOS FILHO, A. F.; TORO, M. J. U. Estudo bioquímico da fermentação do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum). **Científic@ - Multidisciplinary Journal**, v. 7, n. 2, dez. 2020.

SILVA, J. de L. da; DURIGAN, M. F. B.; CARVALHO, G. F. Métodos para extração de óleo das sementes da *Theobroma grandiflorum* como oportunidade a agroindústria familiar. **Revista Ambiente: Gestão e Desenvolvimento**, v. 11, n. 1, p. 266-277, dez. 2018.

SILVA, L. S. da; PIERRE, F. C. Aplicabilidade do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (willd. Ex spreng.) Schum.) em produtos e subprodutos processados. **Tekhne e Logos**, Botucatu, v. 12, n. 1, p. 19-33, abr. 2021.



SILVA, R. J. S.; ALVES, R. M.; GRAMACHO, K. P.; MARCELLINO, L. H.; MICHELI, F. Involvement of structurally distinct cupuassu chitinases and osmotin in plant resistance to the fungus *Moniliophthora perniciosa*. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 148, p. 142-151, mar. 2020.

SOUZA, A. das G. C. Boas Práticas Agrícolas da Cultura do Cupuaçuzeiro, Manaus: **Embrapa Amazônia Ocidental**, 2007. 60 p.

SOUZA, V. C. **Efeito da liofilização e desidratação em leite de espuma sobre a qualidade do pó de polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*)**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2011.

ZOTARELLI, M. F. **Produção e caracterização de manga desidratada em pó por diferentes processos de secagem**. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.



Capítulo 2

SANITIZANTES QUÍMICOS UTILIZADOS NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS COM ÊNFASE EM DIÓXIDO DE CLORO

Flaviane Capobiango Bicalho Barbosa
Vanice Lopes Anacleto
Maurício Henriques Louzada Silva
Onofre Barroca de Almeida Neto
André Narvaes da Rocha Campos
Kamila Ferreira Chaves
Aurélia Dornelas de Oliveira Martins

1. INTRODUÇÃO

A eficiência da higienização na indústria alimentícia é essencial em toda a linha de produção para que os riscos microbiológicos sejam controlados nos alimentos.

A sanitização complementa o procedimento de higienização, assegurando a qualidade microbiológica das superfícies. Deve ser realizada, de preferência, imediatamente antes do uso de superfícies, equipamento e utensílios, pois, após as etapas de limpeza, pode ocorrer a multiplicação de microrganismos indesejáveis que não foram eliminados. Dessa forma o procedimento de sanitização visa à eliminação dos microrganismos patogênicos até atingirem contagens indicadas para que uma superfície seja considerada condições higiênicas para o processamento de alimentos (Andrade, 2008).

Os sanitizantes possuem pelo menos um ingrediente ativo com atividade antimicrobiana, o que faz deles agentes microbicidas. Porém, geralmente, os sanitizantes possuem uma ampla faixa de atividade, como bactericida, virucida, esporicida, levedocida e fungicida (Visconti *et al.*, 2021). O uso correto de sanitizantes conforme preconizado pelas legislações vigentes não garante a eliminação completa de bactérias patogênicas, uma vez que muitas estirpes apresentam tolerância a diferentes agentes sanitizantes, da mesma forma que apresentam resistência a antibióticos (Capita *et al.*, 2019). Embora alguns sanitizantes sejam bactericida, virucida, esporicida, levedocida e fungicida, há



alguns casos em que eles são tolerantes a algumas estirpes como por exemplos, os resistentes a antibióticos.

Uma das preocupações básicas relacionadas à produção de alimentos é quanto ao uso de sanitizantes inofensivos ao consumidor. Cada substância e produto químico devem ser avaliados no contexto específico da produção de alimentos. Como alguns produtos de limpeza e sanitizantes químicos apresentam toxicidade residual, cuidados específicos devem ser tomados durante o processo de higienização para minimizar esses riscos, como usar equipamentos de proteção individual e realizar enxágue adequado quando necessário (Bernardi; Garcia; Copetti, 2019).

Na indústria de alimentos, o tipo de sanitizante a ser utilizado deve ser escolhido com base na sua atividade antimicrobiana, ação sobre equipamentos e superfícies, tratabilidade dos efluentes industriais gerados e, também, sobre os operadores. E, para a sua implementação, devem ser determinadas as condições de uso como concentração, tempo de contato e temperatura para melhor desempenho do produto (Costa *et al.*, 2016; Palmorio *et al.*, 2021).

A busca por sanitizantes químicos que sejam mais eficientes com amplo espectro de ação, que reajam menos com a matéria orgânica e que provoque menos corrosão em equipamentos e utensílios é, portanto, um desafio atual e constante na indústria de alimentos. Assim surge o dióxido de cloro como uma alternativa eficaz e promissora, uma vez que possui essas características e possui o cloro como princípio ativo (Meireles *et al.*, 2016; Andres, 2022). Além disso possui maior poder de sanitização agindo sobre uma variedade de microrganismos em menor tempo de contato dificultando a resistência microbiana frente ao sanitizante (Andres, 2022).

Para a remoção de microrganismos frequentemente são utilizados produtos químicos à base de cloro, que se sobressai perante os demais sanitizantes, pois em qualquer dos seus diversos compostos, destrói ou inativa parcela significativa dos microrganismos causadores de doenças, sendo que esta ação se dá à temperatura ambiente e em tempo relativamente curto. Entretanto, estudos realizados apontaram que a adição de cloro livre à água pode ocasionar reação com matéria orgânica e formação de compostos organoclorados como os trihalometanos (THM), potencialmente carcinogênicos (Hassenberg *et al.*, 2021; Sunti *et al.*, 2022).



Os trihalometanos que são os subprodutos formados a partir de compostos clorados, são cancerígenos e prejudiciais ao meio ambiente. Além disso, devido a questões de segurança e eficácia, o uso de cloro para a esterilização de produtos minimamente processados foi banido em países como Bélgica, Suíça e Holanda. Assim, diversas alternativas químicas, como o dióxido de cloro, ozônio, água eletrolisada, óleos essenciais, dióxido de carbono de alta pressão e ácidos orgânicos foram identificados ou propostos (Deng *et al.*, 2020).

Singh *et al.* (2021) mostraram que o dióxido de cloro (ClO₂) tem sido cada vez mais usado para sanitização em embalagens de alimentos, alimentos e outros produtos do ramo alimentício por apresentar forte efeito antimicrobiano com impacto mínimo no meio ambiente.

Diante do exposto, pretende-se relatar os principais patógenos na indústria de leite e derivados e descrever os sanitizantes químicos utilizados na indústria de alimentos com ênfase em dióxido de cloro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Alimentícias Patógenos na indústria de leite e derivados

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) instituiu a RDC nº 724, de 1º de dezembro de 2022 que estabelece os padrões microbiológicos para alimentos e a IN 161 de 1º de julho de 2022 que estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. Ambas legislações relatam que os principais microrganismos contaminantes em produtos lácteos são enterobactérias (principalmente a *Salmonella* spp.), *Staphylococcus* spp., *Listeria monocytogenes*, coliformes termotolerantes, além dos bolores e leveduras (Brasil, 2022a; Brasil, 2022b).

Leite e derivados fornecem ambientes favoráveis para o crescimento de muitos microrganismos devido à sua composição de nutrientes (HASSANI *et al.*, 2022). A intoxicação alimentar devido a patógenos é um grande problema de saúde pública em todo o mundo, com os países gastando muitos recursos para supri-la. As infecções alimentares bacterianas são uma fonte de preocupação para os países desenvolvidos e em desenvolvimento. Na Europa, *Salmonella* sp. e *Campylobacter* sp. são as causas mais importantes de doenças transmitidas por alimentos (Ehuwa *et al.*, 2021).



Estudos mostraram que nos últimos 17 anos os principais agentes envolvidos em surtos de doenças transmitidas por alimentos no Brasil foram *Salmonella* spp., *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* (Brasil, 2019).

Em seus estudos, Siqueira *et al.* (2021) isolaram bactérias de leite e derivados e encontraram *Bacillus* 38,75%, *Staphylococcus* 21,56%, *Listeria* 12,30%, *Pseudomonas* 7,80%, *Streptococcus* 4,36%, *Enterococcus* 2,11%, e *Acinetobacter* com 1,71%. Além desses microrganismos constatou-se que em torno de 11,41% pertenciam aos mais variados gêneros de microrganismos.

Fabiano, Aguera e Prado (2020) relataram que entre as bactérias, *Escherichia coli* é um dos principais patógenos associados a doenças transmitidas por alimentos podendo estar presente em indústrias alimentícias sem condições higiênicas adequadas ou por meio de biofilme, pois são capazes de aderir e multiplicar na superfície de diversos utensílios industriais que estão em contatos com alimentos, como o vidro e o aço inoxidável.

Já Shamloo *et al.* (2019) citaram que existem vários agentes como bactérias, vírus e parasitas que causam doenças transmitidas por alimentos, sendo um dos agentes bacterianos mais prevalentes *Listeria* spp., especialmente *Listeria monocytogenes*, que pode causar doenças graves em humanos e animais por meio do consumo de leite e outros produtos lácteos contaminados. A bactéria pode contaminar diversos produtos como leites e queijos, carnes cruas e processadas e outros alimentos prontos para o consumo. Ademais, o microrganismo é capaz de permanecer por anos na indústria, devido à sua capacidade de aderir em superfícies como aço inoxidável, poliestireno e vidro, propiciando a ocorrência de contaminação cruzada (Jordan; McAuliffe, 2018).

O desenvolvimento de resistência a sanitizantes pode reduzir a capacidade de combater eficazmente doenças bacterianas infecciosas, portanto entender a eficácia dos sanitizantes e seus usos são essenciais para a indústria de alimentos (Bland *et al.*, 2022).

2.2. Higienização na indústria de alimentos

No Decreto nº 9.013 o processo de higienização dentro das indústrias de alimentos é definido como o procedimento que consiste em duas etapas distintas: limpeza e sanitização. A limpeza é a remoção física de agentes químicos, inorgânicos ou de outro material indesejável das superfícies das



instalações, dos equipamentos e dos utensílios e a sanitização é aplicação de agentes químicos aprovados pelo órgão regulador da saúde ou de métodos físicos nas superfícies das instalações, dos equipamentos e dos utensílios, posteriormente aos procedimentos de limpeza, com vistas a assegurar nível de higiene microbiologicamente aceitável (Brasil, 2017).

A remoção da sujidade por meio de agentes químicos e simultaneamente forças mecânicas como a utilização de detergentes específicos, água de boa qualidade e escovas de diversos tamanhos e formatos, assim como esponjas, são necessários para remover eficientemente os microrganismos e esporos bacterianos aderidos à superfície (Andrade, 2008; Didouh *et al.*, 2022).

Uma das tarefas mais desafiadoras em qualquer linha de processamento da indústria de laticínios segundo Siqueira *et al.* (2021) é a manutenção de condições sanitárias adequadas que é comprometida com a alta disponibilidade de nutrientes presentes nos produtos lácteos e oxigênio que favorece o crescimento microbiano.

Cabe ressaltar que superfícies mais porosas podem ser mais críticas, necessitando de mais cuidado dos profissionais durante os procedimentos de sanitização e na escolha dos agentes sanitizantes. É o caso das superfícies de granito, que podem apresentar falhas na uniformidade, facilitando o acúmulo de microrganismos e dificultando o processo de sanitização segundo os estudos de Dutra *et al.* (2022).

A eficácia dos procedimentos de higienização requer o comprometimento do setor de qualidade da empresa com a saúde pública e com a identidade do produto destinado ao comércio, desenvolvendo ferramentas práticas de fiscalização, monitoramentos diários, além de capacitações direcionadas aos funcionários quando se fizer necessário (Guimarães; Ferreira; Soares, 2018).

2.3. Sanitizantes químicos usados em indústria de alimentos

Sanitizantes são produtos que reduzem o número de bactérias a níveis seguros, de acordo com as normas de saúde (Silva, 2017). A escolha do princípio ativo dos sanitizantes e das concentrações a serem empregadas para higienização nas indústrias alimentícias é uma etapa importante para se obter a máxima eficácia de um determinado produto (Bernardi *et al.*, 2018).



Os sanitizantes mais utilizados em superfícies de equipamentos e utensílios nas indústrias alimentícias brasileiras são aqueles que possuem princípios ativos dos grupos quaternários de amônio, compostos liberadores de cloro ativo, compostos à base de ácido peracético, iodo e derivados (Srey *et al.*, 2018; Donaghi *et al.*, 2019).

O sanitizante ideal deve ter amplo espectro de ação contra bactérias, vírus e fungos, devem ser de ação rápida para economia de tempo além de possuir hidrossolubilidade e durabilidade. Deve ser estável, ecológico, não tóxico, não corrosivo, e seguro ao manipulador. Tal sanitizante não existe na prática real e, portanto, é importante escolher uma combinação adequada para se obter tais requisitos. O mecanismo de ação dos sanitizantes sobre os microrganismos geralmente pode ser dividido em quatro categorias como, desnaturação de proteínas, danos na membrana, dano de ácidos nucleicos e inibição da atividade metabólica (Juszkiewicz; Walczak; Woźniakowski, 2019; Vargová *et al.*, 2020).

Quadro 1 - Modo de ação e alvo dos principais sanitizantes químicos utilizados na indústria de alimentos.

Sanitizante	Modo de ação	Alvo	Autor
Quaternário de Amônio	Inativação de Enzimas	Ácidos Nucleicos e Proteínas	Lima <i>et al.</i> , 2017.
Peróxido de Oxigênio	Oxidação, bactericida	Lipídios, Proteínas e DNA	Vasconcelos Jr.; Silva, 2019.
Biguanida	Bactericida para formas vegetativas de bactérias gram-positivas e negativas.	Membrana Citoplasmática	Tortoga, 2017.
Álcool	Dissolve as membranas lipídicas dos microrganismos, assim inativando-os	Destruição da parede celular do microrganismo	Jing <i>et al.</i> , 2020.
Iodo	Inibe a síntese de proteínas ou componentes celulares	Alteração na membrana celular microbiana.	Tortoga, 2017; Jing <i>et al.</i> , 2020.
Ácido Peracético	Desnaturação de proteínas e enzimas	Aumento de permeabilidade da parede celular e rompimento de ligações da membrana.	Banach <i>et al.</i> , 2020.
Dióxido de Cloro	Oxidação de DNA, RNA e proteínas.	Destruição fosfolipídica, transferência de elétrons. Proteínas nas membranas celulares reagem com o ClO_2 , causando a interrupção do metabolismo celular.	Ofori <i>et al.</i> , 2018; Maldonado, 2021; Praeger <i>et al.</i> , 2018.



Cloro	Oxidação	Destruição oxidativa de proteínas e DNA.	Goda et al., 2017.
-------	----------	--	--------------------

Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim para um processo de sanitização eficaz, é necessário levar em consideração uma série de fatores relacionados ao produto a ser utilizado como concentração e tempo de exposição. Também se deve observar o local a ser aplicado, presença de matéria orgânica, microrganismos presentes como a carga microbiana e o tipo de microrganismo (Lin et al., 2020). De acordo com Becker (2018), a escolha do sanitizante vai muito além da premissa básica de seu uso permitido para a produção de alimentos. Os autores relatam que é importante levar em consideração o que melhor se adapta ao tipo de matéria-prima e processos, de modo que os riscos microbiológicos sejam controlados para garantir o máximo de eficiência nos processos de higienização, com o mínimo de impacto no ambiente e no alimento.

A eficiência das técnicas de sanitização é afetada por alguns fatores como o sanitizante aplicado, concentração, período de tempo, microrganismos envolvidos, pH, temperatura, umidade relativa, alimentos que permanecem na superfície e tipo de superfície a ser higienizada (Lee; Ryu; Kim, 2020).

Dentre os agentes utilizados no processo de sanitização, merecem destaque os compostos clorados por apresentarem baixo custo, alta eficiência na sanitização e efeito duradouro residual (Zhou et al., 2016a).

Menegaro et al. (2016) afirmaram que 70% das empresas utilizam o hipoclorito de sódio na sanitização de equipamentos e utensílios, sendo que os demais sanitizantes utilizados são o ácido peracético (20%) e a biguanida (10%). Em relação à sanitização das instalações (pisos, tetos e paredes), observa-se que, 60% do produto mais utilizado nas indústrias de alimentos também é o hipoclorito de sódio, além disso, 20% utilizam o ácido peracético e os demais (20%) utilizam outros produtos como a biguanida e o quaternário de amônio.

Orgãos internacionais como o Codex Alimentarius e a Food and Drug Administration dos Estados Unidos introduziram normas para evitar as possibilidades de contaminação dos alimentos por meio agentes de limpeza. Contudo, pesquisas devem ser realizadas para determinar o limite de segurança da maioria dos agentes de limpeza na indústria alimentícia (Lebelo et al., 2021).



2.3.1. Compostos clorados

O cloro é o sanitizante mais utilizado para reduzir a veiculação de doenças hídricas e por microrganismos contaminantes dos alimentos porque é efetivo contra uma variedade de microrganismos (Neuman; Rosa, 2018; Schmidt, 2018; Copetti, 2023).

Os compostos clorados são agentes oxidantes fortes e germicidas de amplo espectro que possuem uma variedade de modos de ação. Eles atuam nas membranas microbianas, oxidam enzimas sulfidrilas, impedem a síntese de DNA e danificam o DNA, oxidam componentes respiratórios, inibem a síntese de proteínas e agem por uma combinação de fatores agindo simultaneamente (Neuman; Rosa, 2018; Schmidt, 2018).

Fuzawa *et al.* (2019) mostraram em seus estudos que no caso de vírus, o cloro livre danifica os capsídeos virais, permitindo o acesso de cloro livre ao RNA viral para danificar os genomas virais e fazendo ele perder sua capacidade de se ligar aos receptores do hospedeiro, sendo 29 mg.L⁻¹ de cloro livre durante 1 minuto de exposição o suficiente para inativar o microrganismo.

Compostos como o hipoclorito de sódio (NaOCl), o dióxido de cloro e o cloro são sanitizantes aquosos à base de cloro mais empregados. Como modo de ação, em presença de água, esses compostos produzem ácido hipocloroso (HOCl) e outras espécies reativas de cloro que danificam simultaneamente vários componentes celulares de bactérias (Zamuner *et al.*, 2020).

O cloro apresenta atividade mesmo em baixas temperaturas, tem baixo custo, permanece minimamente na forma de resíduos ou películas em superfícies, apresenta completa solubilidade em água, são efetivos contra inativação de bactérias, fungos e dependendo do pH da solução contra esporos bacterianos (Mazhar *et al.*, 2020).

No entanto, há uma preocupação crescente quanto à reação do cloro com a matéria orgânica, devido à formação de compostos organoclorados (por exemplo, trihalometanos), que são altamente cancerígenos (Corato, 2019; Gan *et al.*, 2019; Ozdemir, 2021). Consequentemente, em alguns países da Europa seu uso já foi banido (Maireles *et al.*, 2016). Porém estudos mostraram que o dióxido de cloro (ClO₂) tem sido cada vez mais usado para sanitização em embalagens de alimentos, alimentos e outros produtos do ramo alimentício por



apresentar forte efeito antimicrobiano e não reagir com a matéria orgânica (Singh *et al.*, 2021).

2.3.1.1. Hipoclorito de sódio

O hipoclorito de sódio surgiu como o primeiro sanitizante para uso em descontaminação ambiental em indústria de alimentos e estudos da sua eficiência na redução microbiana datam a década de 1920. Contudo desvantagens do uso desse produto logo foram apontadas entre elas, problemas de estabilidade e eficácia, que duram apenas alguns minutos, além de possuir um conhecido potencial corrosivo em concentrações elevadas (Menegaro *et al.*, 2016), podendo causar danos a pele (Macedô, 2017).

Contudo, dentre os diversos sanitizantes o hipoclorito é o mais utilizado em equipamentos e utensílios nas indústrias alimentícias devido ao seu baixo custo, fácil acesso e disponibilidade no comércio aliado à sua eficiência (Menegaro *et al.*, 2016; Macedô, 2017).

2.3.1.2. Dióxido de Cloro

O dióxido de cloro foi descoberto em 1811 por Sir Humphrey Davy e tem sido aplicado ao tratamento de água para sanitização, pré-oxidação e degradação de micropoluentes (Han *et al.*, 2021).

É um gás amarelo-esverdeado à temperatura ambiente com pontos de fusão e ebulição de $-59\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $11\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Sua solubilidade em água é de $8\text{ g} / \text{L}^{-1}$ a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, como produtos de decomposição existem os íons clorito (ClO_2^-) e clorato (ClO_3^-) (Cavero, 2020).

Em comparação com a sanitização com cloro, a sanitização com dióxido de cloro pode reduzir a formação de subprodutos de sanitização com halogenados orgânicos, uma vez que o produto geralmente reage com a matéria orgânica por meio de uma via de transferência de elétrons (Gan *et al.*, 2019).

Devido à sua alta capacidade oxidativa (2,5 vezes a do cloro), o dióxido de cloro é eficaz na inativação microbiana em concentrações tão baixas quanto $0,1\text{ mg.L}^{-1}$ com tempo de contato mínimo (Praeger *et al.*, 2018). Portanto, a eficiência de esterilização e a segurança do dióxido de cloro são mais vantajosas que o



cloro, assim esse produto tem sido adotado como uma alternativa à sanitizações (DENG *et al.*, 2020). O dióxido de cloro é o bactericida clorado com uso em expansão mais rápida para descontaminar produtos alimentícios (Chen; Hung, 2017).

Ambos, dióxido de cloro gasoso ou em solução aquosa, provaram ser eficazes contra um amplo espectro de microrganismos, incluindo bactérias, fungos, esporos, biofilmes e vírus (Prager *et al.*, 2018; Vincenti *et al.*, 2019), apresentando um amplo espectro de atuação sobre patógenos, sendo um dos mais eficientes sanitizantes químicos (Zhou *et al.*, 2016b). O produto pode inibir ou destruir microrganismos em concentrações variando de 1 a 100 mg.L⁻¹ que produziu potente atividade antiviral, inativando em torno de 99,9% dos vírus com um tratamento de 15 segundos para sensibilização (Georgiou, 2021).

Os autores Teixeira *et al.* (2018) recomendaram o uso de solução de dióxido de cloro na concentração de 50-70 mg.L⁻¹ por 15 minutos na higienização de tanques de leite, já que não haverá a necessidade de se proceder ao enxágue, uma vez que esse composto clorado não é afetado pela matéria orgânica e é rapidamente volatilizado.

Sun *et al.* (2017) mostraram resultados onde indicam que na concentração de 2 mg.L⁻¹ de dióxido de cloro o sanitizante não controla adequadamente as populações microbianas, e recomenda seu uso a partir de 4 mg.L⁻¹. Para os mesmos autores à medida que a concentração do sanitizante aumentou de 10 para 100 mg.L⁻¹ e o tempo de reação de 1 para 5 min, a população média de biofilmes de *Salmonella Enteritidis* sobreviventes diminuiu em todas as superfícies de contato com alimentos (aço inoxidável, silicone borracha e plástico).

Nos estudos de Van Haute *et al.* (2017) a demanda de cloro foi mais de 10 vezes maior que a demanda de dióxido de cloro. A dosagem de 5 mg.L⁻¹ de dióxido de cloro após 2 min de tempo de contato inativou bactérias psicrótróficas, incluindo bolores, a níveis indetectáveis (redução >3 log) após 2 min e reduziu *Escherichia coli* a níveis indetectáveis (redução >5 log) em 3 min. Uma dose de 70 mg.L⁻¹ de cloro (cloro livre residual após 2 min) não teve sucesso em inativar os fungos a níveis indetectáveis. Os autores constataram que relação à dose de sanitizante, o dióxido de cloro é mais eficiente que o cloro livre na sanitização da alface minimamente processada.



O dióxido de cloro diminui a geração de trihalometanos, pois, ao reagir com a matéria orgânica, não produz cloro gasoso nem hipoclorito. Além disso, não reage com amônia, o que evita a formação de cloraminas potencialmente tóxicas (Freire *et al.*, 2019).

Wei *et al.* (2018) mostraram que o dióxido de cloro pode remover ou degradar pesticidas, incluindo inseticidas e herbicidas em produtos agrícolas frescos e também presentes na água. Segundo os autores, o dióxido de cloro degradou esses compostos principalmente por meio da reação de oxidação, em vez da reação de substituição do cloro, sem produzir quaisquer subprodutos clorados. Portanto, o dióxido de cloro parece uma alternativa melhor do que outros compostos de cloro na etapa de sanificação (Chen *et al.*, 2020).

A tabela 1 apresenta estudos da utilização do dióxido de cloro em diferentes concentrações e tempos, bem como em diferentes matrizes alimentícias e superfícies.



Tabela 1. Concentrações do dióxido de cloro utilizadas em matriz alimentícia ou superfícies.

Concentração do ClO ₂ (mg.L ⁻¹)	Estado físico	Temperatura (°C)	Tempo (min.)	Microorganismo avaliado	Matriz alimentícia ou superfície	Resultado em reduções decimais (Log UFC/g)	Autores
2	Gasoso	25	5	Norovírus murino1(MNV-1)	Superfície de Aço Inoxidável	3,00	Yee et al., 2020.
4	Gasoso	25	-	Salmonella ssp	Amêndoas	1,46	Wang et al., 2019.
5	Líquido	25	3	Escherichia coli	Alface	5,00	Van Haut et al., 2017.
5	Líquido	25	1	Escherichia coli	Água de lavagem para legumes	5,00	Banach et al., 2018.
5	líquido	25	20	Salmonella ssp	Batata doce	2,14	Luu et al., 2020.
5	Gasoso	55 e 60	240	Salmonella ssp	Amêndoas	4,00	Wang et al., 2019.
30	-	4	1	Salmonella Typhimurium	Água para tratamento de carcaças de frango	5,00	Rossi et al., 2020.
30	Líquido	25	1	Escherichia coli	Água de lavagem	1,10	Hassernberg; Praeger; Herppich, 2021.
30	Líquido	25	2	Samonella enterica	Água de lavagem	2,00	Hassernberg; Praeger; Herppich, 2021.
30	Líquido	25	1	Listeria monocytogenes	Água de lavagem	1,70	Hassernberg; Praeger; Herppich, 2021.
50	Líquido	-	30	Escherichia coli	Páprica	4,11	Kim; Song, 2017.
50	Líquido	-	30	Salmonella Typhimurium	Páprica	3,61	Kim; Song, 2017.
100	Líquido	-	5	Salmonella Enteritidis	Superfície de Aço Inoxidável	6,55	Byun et al., 2021.
100	Líquido	-	5	Salmonella Enteritidis	Silicone e borracha	6,68	Byun et al., 2021.
100	Líquido	-	5	Salmonella Enteritidis	Plástico	6,60	Byun et al., 2021.
100	Líquido	-	5	Salmonella Enteritidis	Pele de frango	1,33	Byun et al., 2021.
100	Líquido	25	-	Leveduras e fungos	Morango	1,5 0	Contini et al., 2018.

Fonte: Elaborado pelo autor.



2.4. Mecanismo de ação do dióxido de cloro

Como sanitizante, o dióxido de cloro tem um amplo espectro de atividade afetando a célula de várias formas ao difundir-se para o seu interior. Estudos indicam ainda a interferência do dióxido de cloro na permeabilidade da membrana exterior e citoplasmática das células. Esta alteração resulta na libertação, por parte da célula, de componentes vitais (Ofori *et al.*, 2018).

Para Caverio (2020), a estrutura e a reatividade molecular do dióxido de cloro determinam uma alta reatividade sobre as proteínas e aminoácidos, explicando assim sua efetividade biológica inibitória contra diferentes microrganismos.

O dióxido de cloro é utilizado como sanitizante devido as suas propriedades de agente oxidante, pois recebe facilmente os elétrons transferidos pelas moléculas orgânicas e, como resultado, é reduzido ao íon clorito ClO^- (Maldonado, 2021).

Assim, existem várias maneiras pelas quais o dióxido de cloro pode afetar as células dos microrganismos, levando à sua morte, como mostra o Quadro 2.

Quadro 2 - Mecanismo de ação do dióxido de cloro.

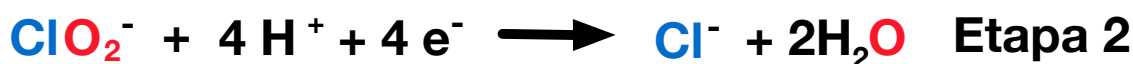
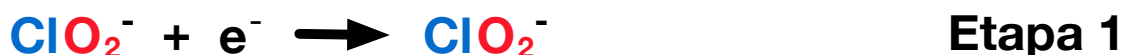
Modo de ação	Alvo	Autor
Oxida grupos sulfidríla sensíveis em proteínas da superfície celular	Danos à membrana e aumento da permeabilidade da membrana externa	Praeger <i>et al.</i> (2018) Maldonado (2021) Malka e Park (2022)
Inibe o transporte de nutrientes através da parede celular	Inibe o crescimento da célula e causa sua destruição	Andres <i>et al.</i> (2022); Vicenti <i>et al.</i> (2019)
Desorganiza a estrutura da membrana e aumento da sua permeabilidade	Perca das funções estruturais básicas, levando a célula morte	Liu <i>et al.</i> (2023)

Fonte: Elaborado pelo autor

A reação química do dióxido de cloro é complexa em comparação com a de outros compostos clorados devido à sua alta reatividade (Figura 1) (Chuang *et al.*, 2022).



Figura 1- Redução do dióxido de cloro



Na primeira etapa, o dióxido de cloro é reduzido a clorito após aceitar um elétron e depois reduzido ao aceitar quatro elétrons adicionais e quatro átomos de hidrogênio. Este processo de duas etapas permite sequestrar um número maior de elétrons de microrganismos em comparação com outros oxidantes. Isso significa que o dióxido de cloro terá um efeito corrosivo reduzido nas superfícies às quais é aplicado, tendo ao mesmo tempo uma maior capacidade de ação sanitizante. A razão pela qual os agentes oxidantes como o dióxido de cloro são preferidos aos sanitizantes não oxidantes é devido à sua eficácia comprovada contra esporos bacterianos e outros microrganismos em tempos de contato curtos (Andrés, 2022).

2.5. Formas de obtenção do dióxido de cloro

Normalmente, o dióxido de cloro é produzido usando um método à base de ácido ou eletrolítico. No método à base de ácido, o dióxido de cloro é produzido pela mistura de materiais iniciais, como clorito de sódio e ácido clorídrico, clorito de sódio e tricloreto férrico, ou clorito de sódio e cloro gasoso. No método eletrolítico, os reagentes são cloreto de sódio aquoso ou solução salina saturada e hipoclorito de sódio (Ma *et al.*, 2017; Monteiro *et al.*, 2021).

De acordo com Grundfos (2015), todos os processos para produção de dióxido de cloro utilizam soluções ácidas de clorito de sódio (NaClO_2) ou clorato de sódio (NaClO_3). Os autores ainda destacaram que a nível industrial comumente se emprega o clorato de sódio para produção em grandes quantidades. A nível laboratorial, o dióxido de cloro é geralmente gerado usando oxigênio (O_2), cloro (Cl_2) ou ácido hipocloroso (HClO) para oxidar o clorito de sódio.

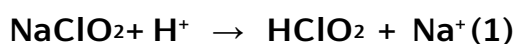


Para Kawata *et al.* (2021) o dióxido de cloro geralmente é produzido quando o clorato de sódio ou clorito de sódio em condições altamente ácidas é reduzido usando ácido clorídrico, ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio. Nesse processo, o ácido cloroso (HClO_2) é um intermediário da reação e mostra-se desproporcional quando o dióxido de cloro é produzido sob várias condições. O dióxido de cloro deve sempre ser produzido em seu local de uso, devido a sua rápida decomposição (Han *et al.*, 2021).

Buckley *et al.* (2020) produziram gás ClO_2 por combinação de NaClO_2 em pó e ácido cítrico, e avaliaram quantitativamente a produção de ClO_2 sob diferentes condições de temperatura. O NaClO_2 em pó e o ácido cítrico liberaram significativamente menos gás ClO_2 em baixas temperaturas e exigiram água para produzir o gás, indicando que a umidade poderia afetar a quantificação da produção de gás ClO_2 .

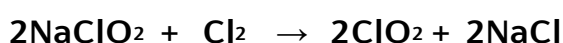
Após os procedimentos realizados por Cunha *et al.* (2023), em pH 0 o clorito é transformado em dióxido de cloro instantaneamente. Já em pH 3 o clorito é transformado em dióxido de cloro lentamente.

É bem conhecido que em uma solução ácida de NaClO_2 , ClO_2 é formado pelas seguintes reações:



Segundo Tang *et al.* (2018) o clorito de sódio (NaClO_2) é difícil de decompor no ambiente alcalino, porém a medida que o pH do líquido diminui gradualmente o NaClO_2 é decomposto em condições ácidas.

Ao longo de todo o processo de reação, a concentração de Cl_2 , é muito menor do que o de ClO_2 , o que indicava que o cloro gasoso emitido através da reação de oxidação esta principalmente na forma de ClO_2 como pode se observar na reação:



Apesar de serem encontradas rotas utilizando ácido sulfúrico para a produção do dióxido de cloro, a mais comum é a aplicação de ácido clorídrico, chamada de reação ácido-clorito, conforme a reação abaixo (Banach, 2018).



As rotas que possuem gás cloro, são mais vantajosas, devido aos rendimentos superiores quando comparado a capacidade sanitizante do próprio gás cloro aplicado diretamente na superfície ou matriz alimentícia (Banach, 2018).

2.6. Quantificação da concentração do dióxido de cloro

Existem diversas metodologias que possibilitam a determinação da concentração de cloro residual livre, dentre as quais podem ser citadas a iodométrica, amperométrica e a colorimétrica. O método iodométrico é adequado para a medição das concentrações de cloro total superior a 1,0 mg L⁻¹. O método de titulação amperométrica é considerado o método mais preciso para a determinação de cloro livre ou combinado, pois é pouco afetado por agentes oxidantes comuns e pelas condições da amostra, mas não é tão simples como os métodos colorimétricos, o que requer maior habilidade do analista (APHA, 2017).

A iodometria é um método de análise química baseado na titulação para obtenção das concentrações de dióxido de cloro e outras espécies cloradas. Esse método determina dióxido de cloro, cloro gasoso e outros óxidos de cloro (Qi et al., 2020).

O método DPD (Diethyl-p-Phenylenediamine) colorimétrico é operacionalmente mais simples para a determinação de cloro residual livre, quando comparado a titulação amperométrica (Soares et al., 2016). O teste é feito adicionando um comprimido de reagente a uma amostra de água e a intensidade da cor é comparada a uma tabela de cores padrão para determinação da concentração de cloro na água. Quanto mais intensa a cor, maior a concentração de cloro na água (APHA, 2017).



2.7. Testes laboratoriais de sanitizantes químicos

A avaliação da eficiência dos sanitizantes é bastante complexa, principalmente em razão dos inúmeros fatores que poderão afetá-la. Desse modo, a natureza e o tipo de superfícies tratadas, a concentração e natureza dos resíduos, o tipo de microbiota contaminante da superfície, a concentração e o período de contato do sanitizante com a superfície são apenas algumas das variáveis que poderão afetar, em menor ou maior grau, a eficiência dos sanitizantes (Silva, 2017).

As comprovações da eficácia microbiológica dos sanitizantes químicos são necessárias, e uma das formas de se confirmar isso é por meio de testes laboratoriais. Deve-se frisar que apenas a determinação do princípio ativo dos sanitizantes comerciais ou de suas soluções diluídas para uso rotineiro no processo de sanitização não é suficiente para definir a atividade antimicrobiana, pois produtos que originam soluções sanitizantes com a mesma concentração de princípio ativo, poderão apresentar eficiência diferente sobre microrganismos (Andrade, 2008).

Para Costa *et al.* (2016), a efetividade de sanitizantes é um fator primordial para o controle de contaminações de natureza microbiana na indústria de laticínios. Assim, é fundamental a definição das condições ideais de uso destes produtos.

O sistema de controle de qualidade microbiológica para a avaliação dos saneantes consiste no reconhecimento do perfil de sensibilidade microbiana. A atividade dos sanitizantes pode ser avaliada a partir do crescimento de halos de inibição em milímetros por meio da técnica de difusão em ágar (Rodrigues *et al.*, 2021).

Segundo a norma do Comitê Europeu de Normatização, a eficácia do sanitizante é expressa pela redução logarítmica obtida entre o controle positivo e a população testada exposta ao produto. Para ser considerado um saneante eficiente, este deve ser capaz de reduzir, no caso de fungos, três unidades logarítmicas da quantidade inicial de microrganismos recuperados no controle positivo (European Standard, 2017).

Os desafios para a eficácia dos sanitizantes podem incluir a natureza dos alvos biológicos (bactérias, fungos, leveduras, esporos e vírus), a necessidade de concentrações mais baixas para se tornar econômicos e seguros, natureza física



e química das superfícies contaminadas, restrições nos tempos e temperaturas de contato, presença de matéria orgânica e outras substâncias de barreira ou neutralizantes (incluindo biofilmes) e uso da pré-limpeza (Wales et al., 2021).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para assegurar a qualidade e segurança dos produtos alimentícios é fundamental a adoção de programas bem elaborados de higienização industrial. A higienização é um procedimento higiênico-sanitário que visa garantir a obtenção de superfícies, equipamentos e ambientes com características adequadas de limpeza e baixa carga microbiana residual, evitando a contaminação de ambientes, produtos e superfícies.

A escolha do sanitizante a ser utilizado deve ser precedida de uma análise detalhada, levando em consideração alguns aspectos como toxicidade, poder de corrosão, efeito residual desejável no alimento, ser seguro e atóxico para os manipuladores e também ao meio ambiente, promover uma rápida destruição dos microrganismos, fácil manuseio e principalmente possuir um valor econômico favorável.

Um dos principais sanitizantes proposto a ser utilizados como alternativa ao cloro nos diversos segmentos industriais é o dióxido de cloro. Apresenta propriedades como um oxidante altamente eficaz; segurança na aplicação; não confere odor e sabor característicos do cloro na água; não forma ácido hipocloroso (o que ocorre com a utilização do hipoclorito de sódio), sendo assim, não forma trihalometanos e compostos organoclorados e sua reatividade independe do pH do meio apresentando maior controle microbiológico.

4. REFERÊNCIAS

ANDRÉS, C. M. C.; LASTRA, J. M. P.; ANDRÉS, J. C.; PLOU, F. J.; PÉREZ-LEBEÑA, E. Chlorine dioxide: Friend or foe for cell biomolecules? A Chemical Approach. **Internacional Journal Molecular of Sciences**, v. 23, n. 24, p. 15660, 2022.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. American Water Works Association - AWWA; Water Environment Federation - WEF. **Standard methods for the examination of**



water and wastewater. 23. ed. Washington: American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation, 2017. 541p.

ANDRADE, J. N. **Higienização na indústria de alimentos: avaliação e controle de adesão e formação de biofilmes bacterianos.** São Paulo: Varela, 2008. 412p.

BANACH, J. L.; VAN OVERBEEK, L. S.; NIEROP GROOT, M. N.; VAN DER ZOUWEN, P. S.; VAN DER FELSKLERX, H. J. Efficacy of chlorine dioxide on *Escherichia coli* inactivation during pilot-scale fresh-cut lettuce processing. **Food Microbiology**, v. 269, p. 128–136, 2018.

BANACH, J. L.; VEEN, H. V. B.; VAN OVERBEEK, L. S.; VAN DER ZOUWEN, P. S.; ZWIETERING, M. H.; VAN DER FELS-KLERX, H. J. Effectiveness of a peracetic acid solution on *Escherichia coli* reduction during fresh-cut lettuce processing at the laboratory and industrial scales. **International Journal of Food Microbiology**, v. 321, p. 1-8, 2020.

BLAND, R.; BROWN, S.; WAITE-CUSIC, J.; KOVACEVIC, J. Probing antimicrobial resistance and sanitizer tolerance themes and their implications for the food industry through the *Listeria monocytogenes* lens. **Comprehensive Reviews**, v. 21, n. 2, p. 1777- 1802, 2022.

BECKER, R. A. **Produtos para higienização disponíveis para serem aplicados em ambientes de manipulação de alimentos orgânicos.** 2018. Monografia (Especialização Produção, Tecnologia e Higiene de Alimentos de Origem Animal). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

BERNARDI, A. O.; STEFANELLO, A.; GARCIA, M. V.; PARUSSOLO, G.; STEFANELLO, R. F.; MORO, C. B.; COPETTI, M. V. Efficacy of commercial sanitizers against fungi of concern in the food industry. **LWT- Food Science and Tecnology**, v. 97, p. 25-30, 2018.

BERNARDI, A. O.; GARCIA, M. V.; COPETTI, M. V. Food industry spoilage fungi control through facility sanitization. **Food Science**, v. 29, p. 28- 34, 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Decreto-lei no 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei no 1.283 de 18 de dezembro de 1950, e a Lei 7. 889, de 23 de novembro de 1989 que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, 29 mar. 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. 2019. Surtos de doenças transmitidas por alimentos no Brasil. Informe 2018. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2019/fevereiro/15/Apresenta----o-Surtos-DTA---Fevereiro-2019.pdf> Acesso em: 28 de novembro de 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução. RDC nº 331, de 23 de dezembro de 2019. Dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 de dezembro de 2022a.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução. Instrução Normativa nº60, de 23 de dezembro de 2019. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 de dezembro de 2022b.



BUCKLEY, D.; ANNOUS, B. A.; VINYARD, B. Evaluation of chlorine dioxide gas release rates from dry precursors intended for applied technologies under disparate conditions and their effects on *Salmonella enterica*, *Escherichia coli* O157:H7, and *Listeria monocytogenes*. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 63, p.102307, 2020.

BYUN, K.H.; HAN, S. H.; YOON, J. W.; PARK, S. H.; SANG-DO, H. S. D. Efficacy of chlorine-based disinfectants (sodium hypochlorite and chlorine dioxide) on *Salmonella Enteritidis* planktonic cells, biofilms on food contact surfaces and chicken skin. **Food Control**, v. 123, p. 1-8, 2021.

CAPITA, R.; FERNÁNDEZ-PÉREZ, S.; BUZÓN-DURÁN, L.; ALONSO-CALLEJA, C. Effect of sodium hypochlorite and benzalkonium chloride on the structural parameters of the biofilms formed by ten *Salmonella enterica* serotypes. **Pathogens**, v. 8, n. 154, p. 1-14, 2019.

CAVERO, V. H. O. Chlorine dioxide, miracles do not exist. **Revista conciencia**, v. 8, n. 1, p. 21-28, 2020.

CHEN, X.; HUNG, Y. C. Effects of organic load, sanitizer pH and initial chlorine concentration of chlorine-based sanitizers on chlorine demand of fresh produce wash waters. **Food Control**, v. 77, p. 96-101, 2017.

CHEN, T.L.; CHEN, Y.H.; ZHAO, Y.L.; CHIANG, P.C. Application of gaseous ClO₂ on disinfection and air pollution control: A mini review. **Aerosol and Air Quality Research**, v. 20, n. 11, p. 2289 - 2298, 2020.

CHUANG, Y.; WU, K. L.; LIN, W. C.; SHI, H. Photolysis of chlorine dioxide under UVA irradiation: formation of radicals, application in the treatment of micropollutants, formation of disinfection by-products and toxicity in relevant scenarios for potable reuse and potable water. **Environmental Science and Technology**, v. 56, n. 4, p. 2593-260, 2022.

CORATO, U. Improving the shelf-life and quality of fresh and minimally-processed fruits and vegetables for a modern food industry: A comprehensive critical review from the traditional technologies into the most promising advancements. **Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 60, n. 6, p. 1-36, 2019.

COSTA, E. A.; CARIOCA, L. J.; FREITAS, V. V.; MARTINS, M. L.; MARTINS, A. D. O.; PINTO, C. L. O. Avaliação da eficiência de saneantes sobre bactérias esporuladas isoladas de Leite UHT integral. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 71, n. 1, p.1-9, 2016.

CONTINI, F.; PADILHA, R. L.; BIONDO, E.; SANT'ANNA, V. Evaluation of the effect of chlorine dioxide on strawberries to control spoilage micro-organisms. **Latin American Applied Research**, v. 48, n. 2, p. 75-80, 2018.

COPETTI, M. V. Sanitizers for controlling fungal spoilage in some food industries. **Current Opinion in Food Science**, v. 52, p. 1-9, 2023.

CUNHA, L. F.; BRITO, A. C. T.; SANT'ANNA, R. T. P. Investigação da estrutura e dos métodos de purificação e padronização de clorito. **Revista Foco**, v. 16, n. 5, p. 1-16, 2023.



- DENG, L. Z.; MUJUMDAR, A. S.; PAN, Z.; VIDYARTHI, S. K.; XU, J.; ZIELINSKA, M.; XIAO, H. W. Tecnologias emergentes de sanitização química e física de frutas e vegetais: uma revisão abrangente. **Critical Reviews in Food Science and nutrition**, v. 60, n. 15, p. 2481-2508, 2020.
- DIDOUH, N.; BENDIMERED, N.; POSTELLEC, F.; DEPERIEUX, E.; LEGUERINEL, I.; BOUDJEMÂA B. M. Effect of hydrophobic or hydrophilic characteristics of *B. cereus* spores on their resistance to detergents. **Journal of Food Protection**, v. 85, n. 4, p. 706-711, 2022.
- DONAGHY, J. A.; JAGADEESAN, B.; GOODBURN, K.; GRUNWALD, L.; JENSEN, O. N.; JESPER, A.; KANAGACHANDRAN, K.; LAFFORGUE, H.; SEEFELDER, W.; QUENTIN, M. Relationship of sanitizers, disinfectants, and cleaning agents with antimicrobial resistance. **Journal of Food Protection**, v. 82, n. 5, p. 889-902, 2019.
- DUTRA, M. J.; PIZZOLATTO, G.; GRISA, N.; ZENATTI, P. B.; BITTENCOURT, M. E.; PAVINATO, L. C. B.; FUNK, P. DO P.; PALHANO, H. S.; CORRALO, D. J. Atividade antimicrobiana, *in vitro*, de desinfetantes de superfície sobre fungos e bactérias. **Revista Pan-Amazônica e Saúde**, v. 13, n. 9, p.1-9, 2022.
- EHUWA, O.; JAISWAL, A. K.; JAISWAL, S. *Salmonella*, Food Safety and Food Handling Practices. **Foodborne Pathogens and Food Safety**, v. 10, n. 5, p.1-16, 2021.
- EUROPEAN STANDARD, n. 13697. Chemical disinfectants and antiseptics – Quantitative non-porous surface test for the evaluation of bactericidal and/or fungicidal activity of chemical disinfectants used in food, industrial, domestic and institutional areas - **Test method and requirements without mechanical action** (phase 2, step 2), 2017. 1173p.
- FABIANO, G. G.; AGUERA, R. G.; PRADO, D. B. Efficiency of detergents in the removal of *Escherichia coli* biofilms on stainless steel surfaces. **Revista Uningá**, v.57, n. 4, p. 46-56. 2020.
- FREIRE, R. C.; SANTANA, J. E.; FREIRE, M. A. Q.; SOBRINHO, M. A. M. Ensaio de tratabilidade para determinação da dosagem ótima de dióxido de cloro como pré-oxidante em águas eutrofizadas - estudo de caso na Eta Castello Branco/Pe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 30., 2019, Natal, RN. **Anais [...]**. Natal, 16 a 19 de junho, 2019.
- FUZAWA, M.; ARAUD, E.; LI, J.; SHISLER, J. L.; NGUYEN, T. H. Free Chlorine Disinfection Mechanisms of Rotaviruses and Human Norovirus Surrogate Tulane Virus Attached to Fresh Produce Surfaces. **Environmental Science & Technology**, v. 53, n. 20, p. 11999-12006. 2019.
- GAN, W.; HUANG, S.; GE Y.; BOND, T.; WESTERHOFF, P.; ZHAI, J.; YANG, X. Chlorite formation during ClO_2 oxidation of model compounds having various functional groups and humic substances. **Water Research**, v. 159, p. 348-357. 2019.
- GAN, W.; GE, Y.; ZHONG, W.; YANG, X. The reactions of chlorine dioxide with inorganic and organic compounds in water treatment: kinetics and mechanisms. **Environmental Science: Water Research & Technology**, v. 9, n. 9, p. 2287-2312, 2020.
- GEORGIU, G. MRSA eradication using chlorine dioxide. **Journal of Bacteriology & Mycology: Open Access**, v. 9, p. 115-120, 2021.



GODA, H.; YAMAOKA, H.; NAKAYAMA-IMAOHJI, H.; KAWATA, H.; HORIUCHI, I.; FUJITA, Y.; NAGAO, T.; TADA, A.; TERADA, A.; KUWAHARA, T. Microbicidal effects of weakly acidified chlorous acid water against feline calicivirus and *Clostridium difficile* spores under protein-rich conditions. **Plos One**, v. 12, n. 5, p. 1-16, 2017.

GUIMARÃES, B. S.; FERREIRA, R. S.; SOARES, L. S. Perfil microbiológico de utensílios em unidade de alimentação e nutrição comercial e institucional de salvador, BA. **Higiene Alimentar**, v. 32, n. 284/285, p. 36-40, 2018.

GRUNDFOS. **Chlorine dioxide production systems**. Grundfos Holding A/S, 2015. 153p.

HAN, J.; ZHANG, X.; LI, W.; JIANG, J. Low chlorine impurity might be beneficial in chlorine dioxide disinfection. **Water Research**, v. 188, p. 1-40. 2021.

HASSANI, S.; MOOSAVY, M.; GHARAJALAR, S. N.; KHATIBI, S. A.; HAJIBEMANI, A.; BARABADI, Z. High prevalence of antibiotic resistance in pathogenic foodborne bacteria isolated from bovine milk. **Scientific Reports**, v.12, n. 1, p. 3878, 2022.

HASSERNBERG, K.; PRAEGER, U.; HERPPICH, W. B. Effect of chlorine dioxide treatment on human pathogens on iceberg lettuce. **Foods**, v. 10, n. 574, p. 1-8, 2021.

JING, J. L. J.; YI, T. P.; BOSE, R. J. C.; MCCARTHY, J. R.; THAMALINGAM, N.; MADHESWARAN, T. Hand Sanitizers: A Review on formulation aspects, adverse effects, and regulations. **International Journal Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 9, p. 1-17, 2020.

JUSZKIEWICZ, M.; WALCZAK, M.; WOŹNIAKOWSKI, G. Characteristics of selected active substances used in disinfectants and their virucidal activity against ASFV. **Journal of Veterinary Research**, v. 22, n. 63, p.17-25, 2019.

JORDAN, K.; MCAULIFFE, O. *Listeria monocytogenes* in foods. In: Advances in food and nutrition research. **Academic Press**, v. 86, p. 181-213, 2018.

KAWATA, H.; KOHNO, M.; NUKINA, K.; HORIUCHI, I.; GODA, H.; KUWAHARA, T. Identifying the chloroperoxyl radical in acidified sodium chlorite solution. **Plos One**, v. 16, n.5, p. 1-11, 2021.

KIM, H. G.; SONG, K. B. Combined treatment with chlorine dioxide gas, fumaric acid, and ultraviolet-C light for inactivating *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* inoculated on plums. **Food Control**, v. 71, p. 371-375, 2017.

LEBELO, K.; MALEBO, N.; MOCHANE, M. J.; MASINDE, M. Chemical contamination pathways and the food safety implications along the various stages of food production: A Review. **Internacional Journal of Environmental Research and Public health**, v. 18, n. 11., p. 1-23, 2021.

LEE, H.; RYU, J. H.; KIM, H. Antimicrobial activity of gaseous chlorine dioxide against *Aspergillus flavus* on green coffee beans. **Food Microbiology**, v. 86, n. 103308, p. 1-27, 2020.



- LIMA, A. A. S.; BEZERRA, C. A.; ALENCAR, G. O.; BARRETO, M. F.; ALVES, M. P.; MENDES, R. C. Saneantes destinados à limpeza: revisão sistemática. **Revista E-Ciência**, v. 5, n. 1, p.1-10, 2017.
- LIMA, R. S.; CARVALHO, A. A. C.; LIMA, P. R.; TONHOLO, J.; ZANTA, C. L. P. S. Agentes sanitizantes para inativação e desinfecção. **Revista Virtual Química**, v. 10, n. 4, p. 851-862, 2018.
- LIN, Q.; LIM, J. Y.; XUE, K.; YEW, P. Y. M.; OWH, C.; CHEE, P. L.; LOH, X. J. Sanitizing agents for virus inactivation and disinfection. **View**, v. 1, n. 2, p. 1-26, 2020.
- LIU, H.; ZHANG, J.; LIU, J.; CÃO, G.; XU, F.; LI, X. Bactericidal Mechanisms of chlorine dioxide against beta-hemolytic *Streptococcus* CMCC 32210. **Current Issues in Molecular Biology**, v. 45, n. 6, p. 5132-5144, 2023.
- MA, J. W.; HUANG, B. S.; HSU, C. W.; PENG, C. W.; CHENG, M. L.; KAO, J. Y.; WAY, T. D.; YIN, H. C.; WANG, S. S. Efficacy and safety evaluation of a chlorine dioxide solution. **International Journal of Envi-ronmental Research and Public Health**, v. 14, n. 3, p. 329, 2017.
- MACEDÔ, J. A. B. O estado da arte: Dicloroisocianurato de sódio pastilhas x dicloroisocianurato de sódio pastilhas efervescentes para sanitização de água em caminhões tanques. **Revinter**, v. 10, n. 2, p. 20-45, 2017.
- MALDONADO, M. Sobre el uso del dióxido de cloro en ámbitos de la salud humana y la importancia del razonamiento crítico. **Journal Boliviano de Ciencias**, v. 17, n. 50, p. 6-31, 2021.
- MALKA, S. K.; PARK M. fresh produce safety and quality: chlorine dioxide's role. **Frontiers in Plant Science**, v.12, n. 775629, p.1-13. 2022.
- MAZHAR, M. A.; KHAN, N. A.; AHMED S.; KHAN, A. H.; HUSSAIN, A.; RAHISUDDIN ; CHANGANI, F.; YOUSEFI, M.; AHMADI, S.; VAMBOL, V. Chlorination disinfection by-products in municipal drinking water – A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 273, n. 10, p. 123-159, 2020.
- MEIRELES, A.; GIAOURIS, E.; SIMÕES, M. Alternative disinfection methods to chlorine for use in the fresh-cut industry. **Food Research International**, v. 82, p. 71-85. 2016.
- MENEGARO, A.; FLORES, A. F.; SIMER, P.; DA SILVA, F. I.; SBARDELOTTO, P. R. R.; PINTO, E. P. Sanitizantes: concentrações e aplicabilidade na indústria de alimentos. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 2, p. 171-174, 2016.
- MONTEIRO, M. K.; MONTEIRO, M. M. S.; HENRIQUE, A. M. M.; LLANOS, X.; SAEZ, C.; SANTOS, E. V.; RODRIGO, M. A. A review on the electrochemical production of chlorine dioxide from chlorates and hydrogen peroxide. **Current Opinion in Electrochemistry**, v. 27, p. 1-15, 2021.



NEUMANN, P. S.; ROSA, T. R. O. Ácidos orgânicos de cadeia curta: eficácia no controle higiênico sanitário usado como sanitizante de frutas e hortaliças. **Redes - Revista Interdisciplinar do IELUSC**, v. 1, n. 1, p. 33-46, 2018.

OFORI, I., MADDILA, S.; LIN, J.; JONNALAGADDA, S.B. Chlorine dioxide inactivation of *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus* in water: The kinetics and mechanism. **Journal Water Process Engineering**, v. 26, p. 46–54, 2018.

ÖZDEMİR, KADIR. Investigation of trihalomethane formation after chlorine dioxide preoxidation followed by chlorination of natural organic matter. **Environment Protection Engineering**, v. 47, n. 2, p. 125-137, 2021.

PALMORIO, L.; GAIO, F. N.; RIBEIRO, D. H. B. Efficiency evaluation of different cleaning agents used on food industry. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.12, p. 120035-120049, 2021.

PRAEGER, U.; HERPPICH, W. B.; HASSENBERG, K. Aqueous chlorine dioxide treatment of horticultural produce: Effects on microbial safety and produce quality—A review. **Food Science and Nutrition**, v. 58, p.1-34, 2018.

QI, M.; HUANG, L.; XU, X.; YI, T.; XU, H.; ZHAO, H.; HUANG, C.; WANG, S.; LIU, Y. Synthesis of chlorine dioxide stable solution by combined reduction and its decomposition kinetics. **Nordic Pulp & Paper Research Journal**, v. 35, n. 3, p. 342–352, 2020.

RODRIGUES, F.C.; OLIVEIRA, J. M. B.; JÚNIOR, L. C. R. MARQUES, G. E. C.; CAMARA, M. B. P.; PRADO, A. A.; MORAES, F. C. Perfil comparativo da eficácia antibacteriana de desinfetantes caseiros e comerciais vendidos em São Luís – MA. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.9, p.87016-87032, 2021.

ROSSI, A. P.; KALSCHNE, D. L.; BYLER, A. P. I.; BARIN, J. S.; FLORES, E. L. M.; CANAN, C. Uso de ultrassom e dióxido de cloro (ClO₂) na redução da carga microbiana de *Salmonella typhimurium* na água de resfriamento de carcaças de frango. In: SIMPÓSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR, 7., 2020, Porto Alegre, RS. **Anais [...]**. Porto Alegre, 27 a 29 de outubro, 2020.

SCHMIDT, R. H. Basic elements of equipment cleaning and sanitizing in food processing and handling operations. Institute of food and agricultural science. In: IFAS EXTENSION, 2018, University of Florida, FL. **Anais [...]**. Florida, 13 de dezembro, 2018.

SHAMLOO, E.; HOSSEINI, H.; MOGHADAM, Z. A.; LARSEN, M. H.; HASLBERGER, A.; ALEBOUYEH, M. Importance of *Listeria monocytogenes* in food safety: a review of its prevalence, detection, and antibiotic resistance. **Iranian Journal of Veterinary Research**, v. 20, n. 4, p. 241-254, 2019.

SILVA, T. T. C. Boas Práticas de Fabricação. **Inocuidade dos Alimentos**. v.1. Rio de Janeiro: Atheneu, 2017. 359p.

SINGH, S.; MAJI, P.K.; LEE, Y.S.; GAIKWAD, K. K. Applications of gaseous chlorine dioxide for antimicrobial food packaging: a review. **Environ Chem Lett**, v. 19, p. 253–270, 2021.



SIQUEIRA, I. N.; LIMEIRA, C. H.; CAVALCANTI, A. A. C.; SOUZA, J. G.; FREIRE, D. H. F.; AZEVEDO, S. S.; MELO, M. A. Bactérias Formadoras de Biofilmes na Indústria de Laticínios: uma Breve Revisão. **Ensaio e Ciências**, v. 25, n. 4, p. 491-500, 2021.

SOARES, S. S.; ARRUDA, P. N.; LOBÓN, G. S.; SCALIZE, P. S. Avaliação de métodos para determinação de cloro residual livre em águas de abastecimento público. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 37, n. 1, p. 119-130, 2016.

SUNTI, P. F. G.; ZANFERARI N. C.; FERREIRA N. R. C.; FRONZA N.; FORALOSSO, F. B.; ROSA, A. D.; STREY, C. B.; SILVEIRA, S. M. Avaliação da utilização de um ozonizador de uso doméstico na sanitização de alface americana (*Lactuca sativa*) como uma alternativa para substituir sanitizantes à base de cloro. In: ANAIS DA MOSTRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE CAMPUS CONCÓRDIA, 7., 2022, Concórdia, SC. **Anais [...]**. Concórdia, 22 a 26 de agosto, 2022.

SUN, X.; ZHOU, B.; LUO, Y.; FERENC, C.; BALDWIN, E.; HARRISON, K.; BAI, J. Effect of controlled-release chlorine dioxide on the quality and safety of cherry/grape tomatoes Gaseous. **Food Control**, v. 82, p. 26-30, 2017.

SREY, S.; JAHID, I. K.; HÁ, S. D. Biofilm formation in food industries: A food safety concern. **Food Control**, v. 31, p.572-585, 2018.

TANG, Z. J.; FANG, P.; HUANG, J. H.; ZHONG, P. Y. Emission characteristics of Cl₂ and ClO₂ during simultaneous removal of SO₂ and NO using NaClO₂ solution. **IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science**, v. 113, p. 1-7, 2018.

TEIXEIRA, S.R.; MENDONÇA, L. C.; DUTRA, A. S.; MONTEIRO, R. P. Manual de Manutenção da Qualidade do Leite Cru Refrigerado Armazenado em Tanques Coletivos para Produtores, Técnicos, Transportadores e Coletadores de Amostras de Leite. **Embrapa Gado de Leite Juiz de Fora**. 2018. 27p.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. 12.ed. São Paulo: Artmed, 2017. 935p.

VAN HAUTE, S.; TRYLAND, I.; ESCUDERO, C.; VANNESTE, M.; SAMPERS, I. Chlorine dioxide as water disinfectant during fresh-cut iceberg lettuce washing: disinfectant demand, disinfection efficiency, and chlorite formation. **Food Science and Technology**, v. 75, p. 301-304, 2017.

VARGOVÁ, M.; LAKTIČOVÁ, K. V.; HROMADA, R.; CIMBOLÁKOVÁ, I.; UHER, I.; PAPAJOVÁ, I.; PETER, K. Sanitation and the Environment. In: Uher, I. (Ed.). **Environmental Factors Affecting Human Health**. 2020. 190p.

VASCONCELOS JÚNIOR, E.M.; SILVA, S.F. Aplicação de peróxido de hidrogênio em substituição ao cloro gasoso na etapa de pré oxidação no processo de tratamento de águas de abastecimento como alternativa para a redução de custo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 30., 2019, Natal, RN. **Anais [...]**. Natal, 16 a 19 de junho, 2019.



VINCENTI, S.; WARE, C.; RAPONI, M.; TELEMAN, A.; BONINTI, F.; BRUNO, S.; BOCHA, S.; DAMIANI, G.; LAURENTI, P. Environmental surveillance of *Legionella* spp. colonization in the water system of a large academic hospital: Analysis of the four-year results on the effectiveness of the chlorine dioxide disinfection method. **Science of the Total Environment**, v. 657, p. 248-253, 2019.

VISCONTI, V.; COTON, E.; RIGALMA, K.; DANTIGNY, P. Effects of disinfectants on inactivation of mold spores relevant to the food industry: a review. **Fungal Biology Reviews**, v. 38, p. 44-66, 2021.

ZAMUNER, C. F. C.; DILARRI, G.; BONCI, L. C.; SALDANHA, L. L.; BEHLAU, F.; MARIN, T. G. S.; SASS, D. S.; BACCI, M.; FERREIRA, H. Uma formulação à base de cinamaldeído como alternativa ao hipoclorito de sódio para descontaminação pós-colheita de frutas cítricas. **Tropical Plant Pathology**, v. 45, n. 6, p. 701-709, 2020.

ZHOU, X.; ZHAO, J.; LI, Z.; SONG, J.; LI, X.; YANG, X.; WANG, D. Enhancement effects of ultrasound on secondary wastewater effluent disinfection by sodium hypochlorite and disinfection by-products analysis. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 29, p. 60-66, 2016a.

ZHOU, X.; ZHAO J.; LI Z.; LAN J.; LI Y.; YANG X.; WANG D. Influence of ultrasound enhancement on chlorine dioxide consumption and disinfection by-products formation for secondary effluents disinfection. **Ultrasonics sonochemistry**, v. 28, p. 376-381, 2016b.

WALES, A. D.; GOSLING, R. J.; BARE, H. L.; DAVIES, R. H. Disinfectant testing for veterinary and agricultural applications: A review. **ZOONOSES and public Health**, v. 68, n. 5, p. 361-375, 2021.

WANG, L.; GURTLE, J. B.; WANG, W.; FAN, X. Interaction of Gaseous Chlorine Dioxide and Mild Heat on the Inactivation of *Salmonella* on Almonds. **Journal of food protection**, v. 82, p. 1729-1735, 2019.

WEI, J.; CHEN, Y.; TIEMUR, A.; WANG, J.; WU, B. Degradation of pesticide residues by chlorine dioxide gas in table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 137, p. 142-148, 2018.

YEE, S.; LIM, Y. C.; GOH, C. F.; KOTRA, V.; MING, L. C. Efficacy of chlorine dioxide as a disinfectant. **HH Publisher**, v. 3, n. 1, p. 1-3, 2020.



Capítulo 3

CARACTERIZAÇÃO E PROPOSIÇÃO DE TRATAMENTO DA ÁGUA RESIDUÁRIA DA LAVAGEM DE CAJUS: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL NA REGIÃO DO SERIDÓ-RN

Isandra de França Medeiros
Eliane Maurício Furtado Martins
André Narvaes da Rocha Campos
Roselir Ribeiro da Silva
Vanessa Riani Olmi Silva

1. INTRODUÇÃO

A água é essencial à vida, um bem não inesgotável, cujo desperdício e forma de utilização definem a respeito de sua disponibilidade. A escassez hídrica é um problema global da atualidade. Com isso, estratégias de importância, no sentido de minimizar a escassez da água apresentam urgência de aplicação, na perspectiva de levar prosperidade às nações.

Nos últimos séculos, ficaram evidentes as interferências que o planeta vem sofrendo, as quais estão diretamente ligadas ao envolvimento progressivo do ser humano. A inserção de novas tecnologias, o crescimento da vida urbana, resulta em uma exploração excessiva que compromete a natureza, deixando os recursos naturais cada vez mais escassos e, no caso da água, não é diferente (Casarin; Santos, 2018).

O consumo brasileiro de água tem aumentado gradativamente, e isso se dá, principalmente, por seu uso nas indústrias causando impactos significativos e crescentes. Na indústria de alimentos, o líquido pode ser utilizado como matéria-prima; no aquecimento ou resfriamento, e para a lavagem, estando presente desde o início do processamento, até o produto elaborado e destinado à distribuição (Ferreira; Targa; Labinas, 2019).

O caju é um fruto de grande importância industrial econômica e nutricional, por sua polivalência (Xavier *et al.*, 2022). O pseudofruto é rico em fibra, vitamina C e ferro (Ribeiro; Barreto, 2017). O Brasil está em primeiro lugar



no tocante à produção mundial de caju, representando 90% da produtividade (Xavier *et al.*, 2022).

Atividades relacionadas a cajucultura seja industrial, agrícola ou outros serviços relacionados, trazem desenvolvimento às regiões produtoras. E a região do semiárido é caracterizada por apresentar elevados índices produtivos, o que gera grandes desperdícios do fruto (Neves *et al.*, 2020), contudo traz renda e vínculos empregatícios para a região o que torna o aproveitamento essencial.

Sendo assim, faz-se necessário a utilização da água de modo consciente e sustentável, já que esta é um bem essencial, componente plural nas atividades domésticas e industriais. Apesar de haver uma média de três quartos da superfície terrestre recoberta por água, sabe-se que apenas uma pequena parcela é adequada para o consumo humano (Casarin; Santos, 2018).

No Nordeste brasileiro, na região semiárida, novos direcionamentos relacionados ao consumo da água estão sendo adotados, como uma alternativa de enfrentar e conviver com a seca, objetivando mitigar os problemas por ela causados, por meio das políticas públicas e práticas sustentáveis (Mendonça *et al.*, 2021).

Os recursos hídricos do Seridó no Rio Grande do Norte são escassos, por vezes, não sendo suficientes para o abastecimento das cidades, precisando recorrer à outras fontes alternativas, como mananciais de outras localidades com maior capacidade pluviométrica. Com isso, se faz necessário a consciência e responsabilidade industrial, objetivando a preservação da vida e ambiente com uso adequado.

Nesse sentido, nos últimos anos as indústrias passaram a ser mais fiscalizadas no que diz respeito aos impactos causados ao meio ambiente e, nessa lógica, as indústrias priorizam iniciar processos que contornem os danos gerados e que compactue com o desenvolvimento de um planeta sustentável (Mello; Mello, 2018).

Portanto, conservar, reciclar e reutilizar no Seridó do RN, é construir sustentabilidade, escolhendo a preservação dos recursos hídricos ora disponíveis, como estratégia de mitigação ou resolução do problema, que é a crise hídrica, por toda a escassez do recurso na região em virtude das estiagens prolongadas.

Com isto, o trabalho priorizou melhorar a atividade agroindustrial, por meio da produção mais limpa que minimiza o consumo de água e a geração de



efluentes, por meio da viabilização e proposição do tratamento físico-químico convencional simplificado às águas residuária das lavagens dos caju, tornando-a própria para reutilização.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Sustentabilidade: preservação e gestão hídrica

A essencialidade da água é visível para a existência humana, seja devido a necessidade de alimentação ou para a própria higiene. Com isso, as civilizações precisam desenvolver técnicas para lidar com os recursos hídricos de modo equacionado, uma vez que os mesmos são finitos (Casarin; Santos, 2018).

O desenvolvimento não sustentável ocasiona o consumo demasiado de recursos naturais e tem causado maior poluição em praticamente todo o planeta Terra. As indústrias têm contribuído significativamente com a poluição ambiental (Mainardi; Bidoia, 2020). Atividades industriais causam impactos ambientais, que são postos em evidência, tais como, alto consumo hídrico e oferta de efluentes de alto potencial poluidor (Souza; Siqueira, 2023).

Com isso, a sustentabilidade hídrica e ambiental urbana tem sido um enorme desafio da gestão de recursos hídricos. A grande demanda de água denota a aparição dos mais variados tipos de efluentes visto a grande concentração populacional (Curtarelli et al., 2018).

Para Freitas, Freitas e Silva (2019), o Brasil é um país de privilégio, por ter 12% da água doce do mundo, e com isso deve haver a responsabilidade em utilizar esse recurso de forma sustentável. No contexto, os consumidores tornaram-se mais exigentes em relação a qualidade hídrica exigindo medidas aos responsáveis para a preservação do meio ambiente.

O Brasil apresenta grandes desafios em relação ao planejamento e a gestão da água. Os projetos devem estar focados na restauração da normalidade, por meio do uso de tecnologias que permitam o reuso da água na irrigação, reduzindo o alto consumo (Pasqualetto; Pasqualetto; Pasqualetto, 2020).

Com a urbanização acentuada e o elevado uso de água para a irrigação e agroindústria, o desabastecimento tem aumentado. A má gestão dos recursos hídricos é um problema bastante antigo. Neste contexto, se faz necessário



entender que ela constitui um complexo sistema, e que para funcionar, é necessário engajamento e perfeita sintonia, garantindo a existência de um fluxo contínuo da água, para que essa possa cumprir o seu ciclo (Tavares et al., 2017).

De acordo com Carli et al. (2013), o princípio da racionalidade trata as questões de demanda e oferta, este é um dos principais desafios do mundo contemporâneo. Já para Noschang e Scheleder (2018), a escassez hídrica provém do mal uso da água somado ao efeito que as mudanças climáticas propagam, assim como as secas. Sendo a água necessária à sobrevivência humana na Terra, os estados devem priorizar o direito ao acesso da população ao recurso com qualidade, o que nem sempre é possível. Para tanto, é fundamental dispor de uma gestão sustentável desses recursos, desafio a ser enfrentado para a sobrevivência do planeta (Vieira; Barbosa, 2020).

2.2 Escassez hídrica x disponibilidade

Existe uma previsão realizada pela ONU (Organização das Nações Unidas), que em 2050 ocorrerá a “Crise da Água”, que será resultado da demanda hídrica mundial nos setores produtivos e na agricultura que poderá causar o colapso. Diante disso, é necessário um bom planejamento e o uso do gerenciamento consciente e eficiente dos recursos hídricos, na perspectiva de assegurar as próximas gerações, e caso não aconteça mudança significativa, o colapso mundial será consolidado (Veriato et al., 2015).

O território brasileiro apresenta grande disponibilidade hídrica, mas ainda assim existem diversas regiões que denotam carência de abastecimento público. Isso ocorre devido às disparidades regionais e as dimensões de territórios. As variações do uso dos recursos hídricos se dão principalmente pela localização da região geográfica, as atividades predominantes desenvolvidas, tais como agricultura, pecuária, indústria e serviços (Pasqualetto; Pasqualetto; Pasqualetto, 2020).

O Nordeste brasileiro apresenta 58% de sua extensão territorial na região semiárida que possui como característica a ocorrência de secas periódicas. Nessas regiões as chuvas se concentram entre os meses de fevereiro e abril, restando nove meses do ano, submetidos a um déficit de água, que só se acentua com o passar dos dias (Costa et al., 2021).



Com a Região Seridó do Rio Grande do Norte não é diferente, sempre há baixas médias pluviométricas. Nela se destacou uma precipitação mínima média, por município, de 561 mm/ano no município de Parelhas e máxima de 1106,8 mm/ano em Martins, a estação chuvosa é influenciada fortemente pelo efeito do relevo regional (Diniz; Pereira, 2015).

A região do Seridó do RN tem passado por situação de seca, com isto, reservatórios de grande importância e que contribuem para o abastecimento humano estão vazios. A população inquieta com as condições adversas, buscam fontes alternativas de abastecimento de água (Medeiros *et al.*, 2020). Como alternativa sustentável capaz de driblar esta carência de água, há o reuso dos recursos hídricos, que traz ao agronegócio das regiões semiáridas oportunidade de prolongar o ciclo da água no empreendimento (Sousa, 2018).

Neste contexto, uma política adequada de gestão de recursos hídricos, com uma captação de água considerável durante o período chuvoso e o armazenamento em poço profundo, barragens subterrâneas e o reuso de águas residuárias, podem ser alternativas, para melhor convivência com os períodos de estiagens (Costa *et al.*, 2021).

A reutilização é uma alternativa bastante adequada que auxilia no processo de mitigação de dificuldades climáticas, na busca de uma melhor adaptação da produção à região e que, consegue minimizar e contornar danos, dada a baixa quantidade de água disponível.

2.3. Demanda de água x produção de polpa de caju

Para a *Food and Agriculture Organization* (FAO) (2018), da Organização das Nações Unidas (ONU), a agricultura consome a maior parte dos recursos hídricos, seguida pela atividade industrial, comércio e uso doméstico. A agricultura é responsável por cerca de 70% deste consumo de toda a água doce no mundo, a atividade industrial com 22% e o uso doméstico e comercial 8%, com demonstração do menor consumo, evidenciando assim que os demais setores, sendo os maiores demandantes no consumo, devem atuar no sentido de economizar o recurso.

A indústria de alimentos tem sua forte contribuição nos gastos do recurso, já que participa como elemento ímpar, decisório, no processo de obtenção dos alimentos (Kuaye, 2017). De maneira geral, a indústria apresenta alto consumo



hídrico, seja dentro do processo produtivo, no aquecimento/resfriamento ou na própria lavagem dos equipamentos. Alguns processos produtivos demandam uma maior utilização de água, com isto, um país ou região que possui muitos empreendimentos industriais, tenderá a possuir um elevado consumo (FAO, 2018).

O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo, com um elevado consumo do aporte hídrico mundial, já que a atividade produtiva gera 45 milhões de toneladas por ano, isso gera oferta de frutas tropicais durante grande parte do ano. Nessa cadeia das frutas, a produção de polpas tem sido visualizada pelo seu forte crescimento de consumo em todo o país, mesmo com o alto consumo do recurso aquífero, pois ainda assim, apesar das adversidades, a elaboração de polpas é vista como uma boa alternativa produtiva (Gorayeb *et al.*, 2019).

Na região Nordeste é notória a exploração do cajueiro como uma alternativa para melhoria da qualidade de vida do homem do campo, em uma das regiões consideradas mais pobres do país (Oliveira; Santos, 2015). Já na região semiárida, a cajucultura é vista também de maneira especial para a região, atividade rica, que gera empregos diretos, indiretos e renda, na época mais seca do ano (Brainer; Vidal, 2021).

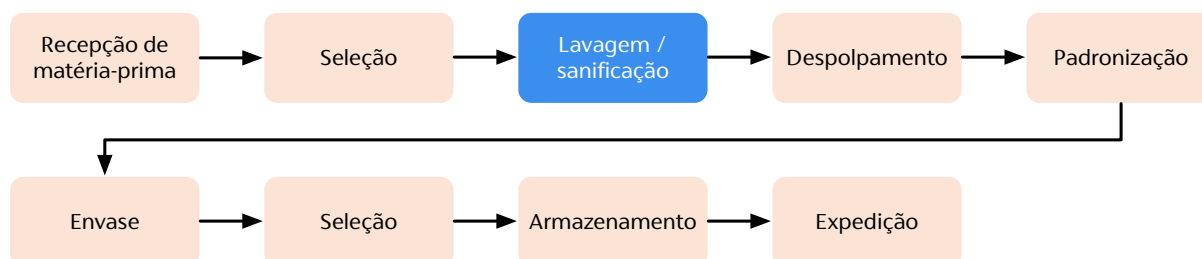
O cajueiro, é uma planta frutífera brasileira que apresenta o pseudofruto de grandiosa importância alimentar, com multifinalidade de cultivo e grande representatividade para na economia do Brasil (Martins; Silva; Chiamolera, 2019). Já a polpa, elaborada do caju, apresenta grande destaque na região Nordeste sendo fornecida como matéria prima, para indústrias alimentícias tais como: as de sucos, néctares, refrescos, bebidas e outros alimentos em geral. É produzida e comercializada pela agroindústria, em sua forma congelada e diretamente entregue ao consumidor com a finalidade de agregar valor, à matéria prima, evitar perdas e desperdícios da fruta *in natura* (Teixeira *et al.*, 2015).

Ademais, a polpa congelada é uma boa alternativa de garantia de oferta da fruta no período de entressafra, conferindo maior conveniência aos consumidores, que buscam uma alimentação saudável, driblando a sazonalidade. Durante o processo de beneficiamento de caju, para elaboração da polpa, apresentado no fluxograma de produção (Figura 1), observa-se que a etapa de lavagem contempla a retirada das sujidades grosseiras, a aplicação de solução de hipoclorito de sódio (sanitização), para remoção da carga bacteriana



presente na superfície do pseudofruto e por fim, o enxague dos pedúnculos (Araújo, 2019), estas etapas são responsáveis por um elevado consumo de água.

Figura 1 - Fluxograma de produção de polpa de caju.



Fonte: Elaborado pelo autor

2.4. Controle de efluentes, tratamento e reuso

No semiárido brasileiro, devido à escassez, tecnologias com capacidade para tratar águas e efluentes devem ser aplicadas. O tratamento de água dependerá líquido tratado a ser obtido e sua finalidade. O processo será mais rigoroso e criterioso quando se deseja a utilização para consumo humano, e mais simples, quando se propõe a utilização para outros fins, como indústria ou agricultura (Magalhães et al., 2021). O tratamento aplicado visa evitar problemas de saúde que podem ser gerados pela ingestão de água de baixa qualidade (Rollemberg; Magalhães, 2020).

Neste sentido, é importante destacar que a água para o consumo humano e utilizada na indústria alimentícia deve atender ao padrão de potabilidade, em acordo com a portaria de consolidação nº 5 - Anexo XX, de setembro de 2017 (Brasil, 2017), alterada pela portaria 888 de maio de 2021 (Brasil, 2021).

A água de abastecimento industrial da empresa deve prezar por controles efetivos, que garantam a potabilidade. Além destes, os descartes e desperdícios industriais, devem se encontrar em acordo com a Resolução 430 CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) que estabelece, no seu artigo 24, que efluentes gerados por qualquer fonte poluidora só poderão ser lançados, seja diretamente ou indiretamente, após realização de tratamento, em obediência aos padrões de lançamentos contemplados nesta resolução ou em outras normas aplicadas pertinentes (Brasil, 2011).



A sociedade e o próprio mercado consumidor passaram a ter maiores exigências e melhores percepções, que se somam às exigências legais adotadas para as questões ambientais, e impulsionam e servem de incentivos às indústrias para que busquem por processos mais efetivos e sustentáveis. Tais medidas de preservação quando tomadas contribuem com a mínima geração de resíduos (Santos; Silva; Bernardes, 2021).

Nesta perspectiva, o primeiro passo a ser dado, é fazer a caracterização das águas residuárias para se conhecer suas características, e os possíveis tipos de tratamento a serem aplicados. Os parâmetros físico-químicos mais comumente analisados para caracterizá-la são: DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), DQO (Demanda Química de Oxigênio), Sólidos totais, pH, temperatura, compostos tóxicos e nutrientes (Nunes, 2008).

Mesmo com todas as informações de caracterização das águas residuárias, faz-se necessário intensificar os saberes de gestão. Com o propósito de reduzir poluição dos corpos d'água e aplicar técnicas de tratamento eficazes que proporcionem garantia de distribuição de água, que porte qualidade aos mais variados usos, esse é sem dúvida, o maior desafio governamental do futuro (Nery *et al.*, 2021).

Com isso, o consumo de água deve ser bem avaliado, visando perceber a ocorrência de demanda excessiva que trará gastos significativos com o tratamento dos efluentes gerados. Uma forma estratégica de redução deste consumo industrial, é a recuperação por recirculação, onde águas podem ser reaproveitadas na própria indústria (Nunes, 2008).

Um conceito bastante antigo é o reuso de águas residuárias. Há relatos da prática na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização para a irrigação. Com a demanda acentuada por água, o reuso planejado tem sido um tema da atualidade e de grande relevância. Neste viés, o reuso deve ser considerado como parte integrante das atividades, além do uso racional ou eficiente da água, que vem exatamente focar no controle das perdas e desperdícios, além de minimizar a produção de resíduos e o elevado consumo de água (Barros *et al.*, 2015).

A água de reuso, é aquela que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas. É água residuária que deve seguir as normas de qualidade conforme especificações estabelecidas na



legislação brasileira, e pode ser levada à diversas finalidades de utilização, que não seja o consumo humano (Brasil, 2005).

Como percebido, uma alternativa potencial, é tratar os efluentes para o reuso agrícola, na tentativa da promoção de proteção qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos. Visto que, os problemas de poluição dos corpos de água têm acontecido por meio do lançamento de efluentes sem aplicação de tratamentos ou que foram tratados inadequadamente (Lopes *et al.*, 2021).

Assim, adequar e controlar a quantidade de água usada em cada operação, fazer uso do efluente tratado em operações menos críticas, tais como, lavagens de pisos e áreas externas. Usar a água do último enxágue no primeiro, nas lavagens do dia seguinte, faz parte das possibilidades alternativas e estratégicas (Kuaye, 2017).

Assim, de maneira sistêmica, ações importantes são necessárias, tais como: a eficiência na utilização da água, tratar efluentes e sistemas de drenagem de forma salutar e incentivar o reuso para que não se coloque a população em risco (Vieira; Barbosa, 2020).

2.5 Sistemas de tratamento e tratabilidade

O tratamento de efluentes gerados pela indústria que aprimorem e padronizem técnicas devem ser parte do seu comprometimento com o meio ambiente, independentemente do seu segmento produtivo (Silva *et al.*, 2020). Já que adoção de sistemas de aproveitamentos, tem contribuído diretamente para a redução do consumo de água pelo setor industrial, redução da parcela ofertada pela concessionária, gerando ganhos ambientais e econômicos (Leandro, 2021).

As tecnologias para tratar que podem ser aplicadas, dividem-se em três grandes grupos: sistemas simplificados, sistemas convencionais e sistemas avançados de tratamento (Rollemberg; Magalhães, 2020). Isso pode ocorrer por meio de processos físicos, químicos e biológicos. A aplicação de cada um deles é de acordo com o que se deseja remover dos efluentes, e com vistas às características finais requeridas, pós tratamento (Feio, 2016).

Os processos simplificados são caracterizados por baixo custo, faz uso de recursos mais naturais nos processos e se utiliza da simplicidade operacional (Rollemberg; Magalhães, 2020). Quando há o desejo de clarificação das águas residuárias por meio de processos convencionais físico-químicos, por exemplo,



são necessárias quatro etapas: neutralização, coagulação, floculação e sedimentação/flotação. Os floculantes permitem a redução dos sólidos suspensos e coloidais, a carga orgânica e alguns poluentes, por meio da transferência destes da fase líquida para a sólida (Cavalcanti, 2016).

A tratabilidade dos efluentes pode ser visualizada por aplicação de ensaios, que são realizados em pequena escala, por equipamento próprio de nome usual Jar Test, em laboratórios. Nele, as operações unitárias do tratamento físico-químico convencional são simuladas com a inserção dos químicos necessários, para o ajuste do pH, alcalinidade e proposição da clarificação (Silva, 2021).

O desenvolvimento econômico e social do país, assim como os processos produtivos industriais e as atividades de sobrevivência humana são essenciais e relevantes. Contudo, buscar mitigar a problemática dos impactos ambientais causados sobre os recursos hídricos, devido ao crescimento desordenado e suas consequências é uma excelente alternativa, com a utilização do efluente tratado na agricultura (Silva, 2022). Lucena *et al.* (2018) relatam em seu estudo que o esgoto pós-tratamento pode ser fonte de água para irrigação, alimentação animal e para arborização urbana. Investimentos em estudos devem priorizar ações sustentáveis neste sentido para o crescimento social, ambiental e econômico.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A água é essencial à vida, contudo é um bem que se encontra inserido na problemática mundial de escassez, e na região seridoense do RN não é diferente.

O trabalho trouxe a importância da cajucultura para a região semiárida, a escassez da água viva, visto as baixas concentrações de precipitações, bem como a perspectiva de atuação sustentável na região, em análises e tratamentos que mitiguem a escassez hídrica.

Por fim, o setor industrial tem contribuído para elevação destes gastos e, estratégias que pleiteiem minimizar esta problemática é prioridade, por meio de uma gestão consciente e eficaz. Nesse contexto, caracterizar e simular tratamentos de água residuária em laboratório é de extrema importância no processo, visando o reaproveitamento e a melhor gestão destes recursos.



4. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, F. H. R. **Elaboração do livro didático: Geografia do Seridó potiguar**. 2019. 210f. Dissertação (Mestrado profissional em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Caicó, 2019.
- BARROS, H. M. M.; VERIATO, M.K.L.; SOUZA, L.P.; CHICÓ, L. R.; BOROSI, K. X. L. Reuso de água na agricultura. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 5, p. 3, 2015.
- BRAINER, M. S. C. P.; VIDAL, M. F. Cajucultura Nordestina em recuperação. **Caderno Setorial**, Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 3, n. 54, nov. 2021.
- BRASIL. Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, 2005. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2018/02/Resolu%C3%A7%C3%A3o-n%C2%BA-54-de-28-de-Novembro-de-2005-CNRH.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2022.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução no 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 92, 16 de maio 2011.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Ministério da Saúde. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2017. Disponível em: http://portalsinan.saude.gov.br/images/documentos/Legislacoes/Portaria_Consolidacao_5_28_SETEMBRO_2017.pdf. Acesso em: 27 set. 2023.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n.º 888, de 4 de maio de 2021. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, na forma do Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017. **Diário Oficial da União**, Brasília: SVS, 2021.
- CARLI, L. N.; CONTO, S. M.; BEAL, L. L.; PESSIN, N. Racionalização do Uso da Água em uma Instituição de Ensino Superior Estudo de Caso da Universidade de Caxias do Sul. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade GeAS**, São Paulo, v. 02, n. 01, p. 143 165, 2013.
- CASARIN, F.; SANTOS, M. **Água: o ouro azul. Usos e abusos dos recursos hídricos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Garamond, 2018.
- CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de Tratamento de Efluentes Industriais**. 1. Ed. São Paulo: Engenho Editora Técnica Ltda. 2016. 520p.



COSTA, F. X.; MENDONÇA, A. M. G. D.; SANTOS, N.R.; MEDEIROS, M.B.; MEDEIROS, S. S. Água Residuíria e bio-sólido na agricultura: um enfoque no semiárido brasileiro *In*: COSTA, F. X.; MENDONÇA, A. M. G. D.; FERREIRA, V. B.; MEDEIROS, S. S. (Orgs). **Alternativa de disponibilidade e uso dos recursos hídricos para o desenvolvimento sustentável do Seridó**. 1.ed. Campina Grande: EDUEPB, 2021. p.315-341.

CURTARELLI, M. P.; TUCCI, C.; RAGGHianti, V.; GUIMARÃES V. Sustentabilidade hídrica urbana: o caso de Santa Catarina. **Revista de Gestão da Água da América Latina**, Porto Alegre, v.15, n. 2018.

DINIZ, M. T. M.; PEREIRA, V. H. C. Climatologia do Rio Grande do Norte: sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. **Boletim Goiano de Geografia (Online)**, Goiânia, v. 35, n. 3, p. 488-506, 2015.

FEIO, V. F. **Verificação da tratabilidade de água residuária oriunda de beneficiamento do açaí por processo físico-químico**. 2016. 81f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

FERREIRA, W. R.; TARGA, M. S.; LABINAS, A. M. O uso da água na indústria de transformação. **Revista Técnica Ciências Ambientais**, v. 1, n. 2, p. 1-10, 2019.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **FAO. 2050: a escassez de água em várias partes do mundo ameaça à segurança alimentar e os meios de subsistência**. 2018. Disponível em <http://www.fao.org/news/story/pt/item/283456/icode/>. Acesso em: 11 ago. 2021.

FREITAS, A. H., L.; FREITAS, J. B.; SILVA, L. H. D. Importância do uso consciente da água nos processos produtivos da agroindústria sucroalcooleira. **Revista eletrônica Organizações e Sociedade**, v. 8, n. 9, p. 37-55, 2019.

GORAYEB, T. C. C.; MARTINS, F.H.; COSTA, M. V.C.G.; JÚNIO, J.G.C.; BERTOLIN, D.C.; DEZANI, A. A. Estudo das perdas e desperdício de frutas no BRASIL. *In*: XI Sintagro 16., 2019, Ourinhos, SP. **Anais [...]**. Ourinhos, 22 a 23 de outubro, 2019.

KUAYE, A. Y. **Limpeza e Sanitização na indústria de alimentos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2017.

LEANDRO, L. D. **Viabilidade de reúso de água aplicada a um lava a jato no município de Aparecida de Goiânia-GO**. 2021. Tecnólogo em Gestão ambiental, Centro Universitário de Goiás, Goiânia, 2021.

LOPES, W. S.; SIMÕES, J. P.O.; MAYER, M. C.; S; BARBOSA, R.A.; COSTA, F. X. Economia circular: Fontes alternativas de água para convivência no semiárido brasileiro. *In*: COSTA, F. X.; MENDONÇA, A. M. G. D.; FERREIRA, V. B.; MEDEIROS, S. S. (Orgs.). **Alternativa de disponibilidade e uso dos recursos hídricos desenvolvimento sustentável do Seridó**. 1.ed. Campina Grande: EDUEPB, 2021. p.41-67.

LUCENA, C. Y. S.; SANTOS, D. J. R.; SILVA, P. L. S; COSTA, E. D.; LUCENA, R. L. O reúso de águas residuais como meio de convivência com a seca no semiárido do Nordeste Brasileiro. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 4, p. 1-17, 2018.



- MAGALHÃES, E.R.B.; GARRIDO, J. W.A.; FERREIRA, F.L.S.; SILVA, L.S.; SOUSA, M.A.S.B. Coagulantes naturais e não convencionais para o tratamento de águas e efluentes no semiárido brasileiro. *In*: COSTA, F. X.; MENDONÇA, A. M. G. D.; FERREIRA, V. B.; MEDEIROS, S. S. (Orgs). **Alternativa de disponibilidade e uso dos recursos hídricos para o desenvolvimento sustentável do Seridó**. 1.ed. Campina Grande: EDUEPB, 2021. p.315-341.
- MAINARDI, P. H.; BIDOIA, E. D. Poluentes industriais: conceitos e tendências de tratamento. **Revista de ciências agroambientais**, v. 18, n.2, p.124–135, 2020.
- MARTINS, A. B. G.; SILVA, A. C. C; CHIAMOLERA, F. M. Propagação do cajueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v. 41, n.4, p. 1-5, 2019.
- MEDEIROS, I. F.; COELHO, R.M.D.; FÉLIX, I. A. M.; LEITE, A. I. N.; VIEIRA, F. J. A.; ARAÚJO, A. L. S. Qualidade microbiológica de águas de fontes alternativas de abastecimento do Seridó (RN). **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, Pombal, p. 139-142, 2020.
- MELLO, M. F.; MELLO, A. Z. Uma análise das práticas de Responsabilidade Social e Sustentabilidade como estratégias de empresas industriais do setor moveleiro: um estudo de caso. **Gestão & Produção**, v. 25, n. 1, p. 81-93, 2018.
- MENDONÇA, A. M. G. D.; COSTA, M.B.; MEDEIROS. S. S.; SANTOS, N. R. Importância do aproveitamento de água de chuva no Semiárido brasileiro. *In*: COSTA, F. X.; MENDONÇA, A. M. G. D.; FERREIRA, V. B.; MEDEIROS, S. S. (Orgs.). **Alternativa de disponibilidade e uso dos recursos hídricos para o desenvolvimento sustentável do Seridó**. 1.ed. Campina Grande: EDUEPB, 2021. p.15-39.
- NERY, G. K. M.; NERY, J. F.; MEDEIROS, S. S.; COSTA, F. X. Cadê a água que estava aqui? Disponibilidade e qualidade hídrica no semiárido *In*: COSTA, F. X.; MENDONÇA, A. M. G. D.; FERREIRA, V. B.; MEDEIROS, S. S. (Orgs). **Alternativa de disponibilidade e uso dos recursos hídricos para o desenvolvimento sustentável do Seridó**. 1.ed. Campina Grande: EDUEPB, 2021. p.175-198.
- NEVES, W. B. P.; HOLANDA JÚNIOR. L. M.; MELO, R.P.F. OLIVEIRA, M. N. M.; CARMO, S. K. S. Produção e caracterização físico-química do fermentado de caju. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 68106-68120, 2020.
- NUNES, J. A. **Tratamento Físico - químico de águas residuárias Industriais**. 5. ed. Revisada e ampliada e atualizada. Aracajú: Info Graphics & editora Ltda, 2008.
- NOSCHANG, P. G.; SHELEDER, A. F. P. A. Sustentabilidade Hídrica Global e o Direito Humano à Água. **Revista Sequência**, Florianópolis, v.42, n.79, p. 119-138, 2018.
- OLIVEIRA, E. N. A. I.; SANTOS, D. C. (Orgs.). **Tecnologia e processamento de frutos e hortaliças**. Natal: IFRN, 2015. 234 p. Disponível em: <https://portal.ifrn.edu.br/campus/paudosferros/arquivos/livro-tecnologia-e-processamento-de-frutos-e-hortalicas>. Acesso em: 24 ago. 2021.



PASQUALETTO, T. L. L.; PASQUALETTO, A.; PASQUALETTO, A. G. N. Análise da Disponibilidade e Demanda de Recursos Hídricos no Brasil. *In: Fórum Ambiental*, 16., 2020. Alta Paulista, SP. **Anais [...]**. Alta Paulista, dezembro, 2020.

RIBEIRO, J. L.; BARRETO, A. L. H. **Rapadura de caju: processamento artesanal**. 1. ed. Teresina: Embrapa, 2017.

ROLLEMBERG, S.; MAGALHÃES, J. Técnicas Simplificadas de Tratamento de Água. **Revista Virtual de Química**, v. 12, n. 2, 2020.

SANTOS, A. P.; SILVA, S. W.; BERNARDES, A. M. Caracterização de efluente industrial como ferramenta para determinação de tecnologia de tratamento visando o reuso. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL*, 31., 2021, Curitiba, PR. **Anais [...]**. Curitiba, 17 a 20 de outubro, 2021.

SILVA, G. G. A.; CARNEIRO, E. N.; SANTOS, S. C. L. Estação de tratamento de efluentes: teoria em benefício da prática. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 14, n. 3, p. 300-309, 2020.

SILVA, A. R. **Uso de água residuária tratada na agricultura no contexto da economia circular: uma revisão sistemática da literatura**. 2022. 53f. (Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2022.

SILVA, F. N. **Sistemas de Abastecimento e Tratamento de água para técnicos: Conteúdos ambientais**. 1. ed. Campinas: Editora UICLAP. 2021.

SOUSA, F. C. F. **Reúso de água na agroindústria como estratégia de convivência no semiárido paraibano**. 2018. 59f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2018.

SOUZA, C. J.; SIQUEIRA, G. W. The environmental impacts of industrial effluents: The case of the Frigorífico São Francisco in Redenção-PA. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 1, p. e14512139375, 2023. DOI: 10.33448/rsd-v12i1.39375.

TAVARES, A. M. F.; VASCONCELOS, F.G.; BENFICA, S. R.; CAMPOS, F.I.; LACERDA, B. F. C. Crise hídrica no Distrito Federal no panorama atual (2016-2017). *In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CIÊNCIA E MEIO AMBIENTE - SNCMA*, 8., 2017. Anápolis, GO. **Anais [...]**. Anápolis, 23 a 27 de outubro, 2017.

TEIXEIRA, E. M.; TSUZUKI, N.; FERNANDES, C. A.; MARTINS, R. M. **Produção agroindustrial: Noções de processos, tecnologia de fabricação de produtos de origem animal e vegetal e gestão industrial**. 1.ed. São Paulo: Érica, 2015.

VERIATO, M. K. L.; BARROS, H.M.M; SOUZA, L.P.; CHICÓ, L. R.; BAROSI, K. X. L. Água: Escassez, crise e perspectivas para 2050. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v.10, n.5 p.17-22, 2015.



VIEIRA, A. P. F.; BARBOSA, M. O. Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos. **Anais da Jornada Acadêmica das Engenharias**, v. 1, n. 1, p. 80-80, 2020.

XAVIER, C. R.; GUERRA, C. S; SILVA, F.S.N.; SAMPAIO NETO, O. Z. RODRIGUES, L. J.: TAKEUCHI, K. P. Aspectos produtivos da cajucultura e aproveitamento integral de derivados de caju no processamento agroindustrial. **Revista Científica Multidisciplinar**, ISSN 2675-6218, v.3. n.8, 2022.



Capítulo 4

SECAGEM EM LEITO DE ESPUMA: ESTUDO SOBRE PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DO PROCESSAMENTO DE POLPAS DE FRUTAS

Leandro Fagundes Mançano
Gabriel Henrique Horta de Oliveira
Eliane Mauricio Furtado Martins
Fernanda Machado Baptestini
Bruno Ricardo de Castro Leite Júnior
André Narvaes da Rocha Campos

1. INTRODUÇÃO

As polpas de frutas podem ser definidas como um produto não fermentado, não concentrado, obtido de fruta polposa, por processo tecnológico adequado (Brasil, 2009), entretanto, por ser um alimento com elevado teor de água, ocorrem reações de deterioração pós-colheita, reduzindo sua vida útil (Estevam *et al.*, 2018; Nasser *et al.*, 2018; Gomes Filho *et al.*, 2021).

Dessa forma, o processamento e posterior conservação pelo frio tornam-se necessários, elevando o custo do produto. Como alternativa, pode-se fazer uso da desidratação, diminuindo custos com transporte e armazenamento (Fellows, 2019; Araújo *et al.*, 2020; Rodrigues; Geraldini; Loss, 2020). Diante disso, há um emprego crescente da desidratação em leito de espuma em alimentos sensíveis ao calor, pois esses são transformados em espuma estável, com posterior secagem ao ar aquecido, garantindo redução do tempo e temperatura de secagem, baixo custo, obtenção de um produto poroso e de fácil reidratação, comparado com o método convencional (Freitas *et al.*, 2018; Araújo *et al.*, 2020; Mohamed *et al.*, 2022).

As características físico-químicas das polpas de frutas podem ser influenciadas pelas condições de cultivo, variedade e estágio de maturação do fruto, condições de processamento, além da adição de aditivos (Belwal *et al.*, 2018; Estevam *et al.*, 2018; Gomes Filho *et al.*, 2021). Também devem ser consideradas as propriedades reológicas de polpas por serem medida de



controle de qualidade, utilizadas em avaliações sensoriais, bem como para o adequado dimensionamento do sistema produtivo (Feitosa *et al.*, 2018; Fellows, 2019; Mendonza; Guerrero; Herrera-Chávez, 2021).

Como na desidratação em leito de espuma são incorporados aditivos para a obtenção da espuma e, durante o processo de secagem, utilizadas temperaturas elevadas, é necessária a realização de estudos físico-químicos e reológicos, de modo a se observar as características do produto final, comparando-se às polpas *in natura*.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Secagem

Secagem é considerada uma operação unitária que tem por definição a aplicação de calor para a remoção de umidade presente nos alimentos (Araújo *et al.*, 2020). Seu objetivo é aumentar a vida útil dos produtos por meio da redução da atividade de água (Fellows, 2019; Rodrigues; Gerald; Loss, 2020), reduzindo as perdas dos frutos, agregando valor (Silva *et al.*, 2022), reduz custos de transporte e armazenamento e promove economia de energia por não necessitar de refrigeração (Fellows, 2019).

Ademais, como durante a secagem ocorre um aumento na concentração de nutrientes, muitos alimentos em pó são utilizados no desenvolvimento de novos produtos como forma de enriquecimento de algum componente no alimento a ser elaborado, como teor de açúcar, vitaminas, entre outros (Salehi; Aghajanzadeh, 2020; Alphonse *et al.*, 2021).

Em alimentos, a água se distribui como água de constituição, indisponível para as reações metabólicas do fruto (reações enzimáticas) e por microrganismos e água livre, utilizada para a ocorrência destas reações, sendo esta última removida durante secagem. Com isso, surge o conceito de atividade de água (a_w) que mensura a disponibilidade de água no alimento para as reações acontecerem, variando seu valor de 0 a 1 (água pura), sendo que as frutas possuem valores próximos de 1, por isso, o alto grau de perecibilidade (Freitas *et al.*, 2018; Damodaran; Parkin, 2019; Hautrive, 2021).

Para realizar a mudança de estado do líquido para vapor, é fundamental que o alimento absorva calor suficiente para que haja a alteração de fase da água

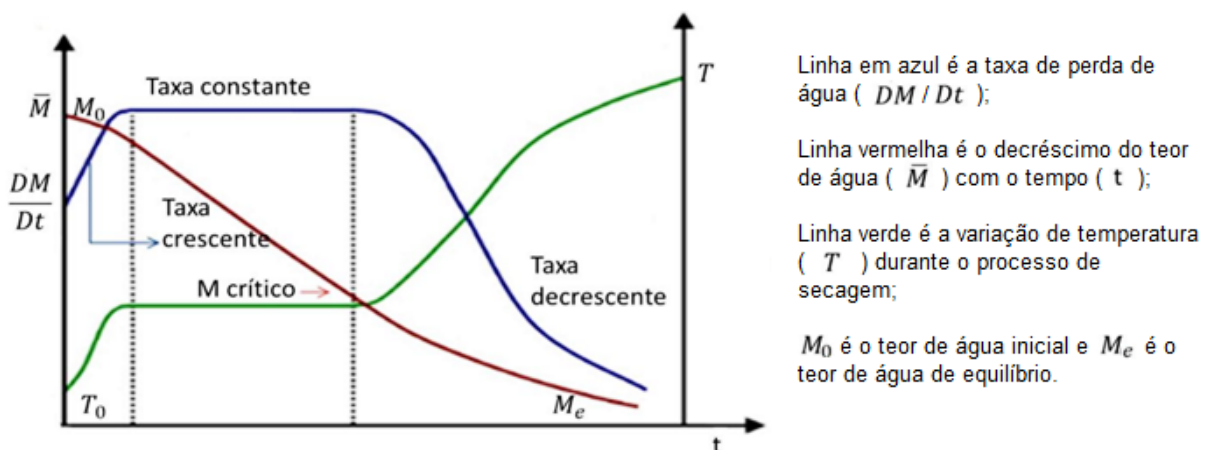


e esta energia é chamada de calor latente (Fellows, 2019; Opolot *et al.*, 2022). Entretanto, existem alguns fatores que podem influenciar na mudança de estado da matéria e, conseqüentemente, na taxa de perda de água do alimento durante a desidratação. Eles estão relacionados com as condições de processamento (vapor de água presente no ar, a temperatura do ar e a velocidade do ar) e as características do produto (como a composição e o tamanho do alimento a ser desidratado) (Fellows, 2019).

A quantidade de vapor de água pode ser expressa em umidade absoluta (razão entre a massa do vapor e a massa de ar seco em um dado volume de ar a uma temperatura específica), expresso em kg/m^3 , ou como umidade relativa do ar (UR) (razão entre a massa de vapor e máxima quantidade de vapor que aquele ar pode conter em uma determinada temperatura), expresso em porcentagem, sendo estes dados utilizados na psicrometria para relacionar ar e vapor d'água. Estes dados auxiliam no entendimento do conceito da umidade de equilíbrio no processo final da secagem, representando, em uma dada temperatura e UR, a umidade quando a pressão de vapor de água na superfície do produto se iguala a pressão de vapor de água no ar (Cascione *et al.*, 2019; Dhaundiyal; Gebremicheal, 2022).

Existem três períodos de secagem, sendo eles o período de taxa crescente, taxa constante e o período de taxa decrescente (Figura 1).

Figura 1 - Comportamento do teor de água e temperatura do produto ao longo da secagem



Fonte: Park *et al.* (2014).



A figura nos mostra que no primeiro período, ocorre um aumento progressivo na temperatura e na pressão de vapor de água do produto, enquanto no segundo período a transferência de calor e de massa se igualam e permanece constante até o teor de umidade crítico ($M_{\text{crítico}}$), ponto em que a perda de água se torna exponencial. Já no terceiro período, a taxa de secagem é decrescente, devido à redução da transferência de massa, com isso, a temperatura do produto aumenta até a temperatura do processo. Ao final da secagem, o produto atinge o ponto de umidade de equilíbrio em relação ao ar de secagem (M_e) (Araújo *et al.*, 2020; Oubella *et al.*, 2022).

Tal comportamento da umidade pode ser representado através de simulações matemáticas utilizando modelos matemáticos que possam refletir satisfatoriamente a perda de água ao longo do tempo de secagem, a fim de auxiliar no dimensionamento, na otimização do processo e na determinação da viabilidade da aplicação comercial (Araújo *et al.*, 2017).

2.1.1. Curva de secagem

Diante do decréscimo da umidade ao longo do tempo, há a possibilidade de representar os dados de perda de umidade por meio de modelos empíricos. Estes representam a cinética de secagem de um produto por meio de curvas que mudam conforme o produto e temperatura e contribuem para uma melhor visão do processo em diferentes condições de temperatura (Eminoğlu; Yegül; Sacilik, 2019).

Os modelos têm relação direta com o teor médio de água e o tempo de secagem, permitindo estimar o tempo necessário para a redução do teor de água de um produto, bem como correlacionar estes mesmos dados experimentais à temperatura do processo (Araújo *et al.*, 2020).

Conforme Eminoğlu, Yegül e Sacilik (2019) e Mohamed *et al.* (2022), verifica-se que, para a realização de estudos da cinética de secagem em produtos de origem vegetal, os modelos mais comumente utilizados são os de Lewis (Equação 1), Page (Equação 2) e Henderson e Pabis (Equação 3), porém, há o uso também de modelos como Exponencial de Dois Termos (Equação 4), Logarítmico (Equação 5), Aproximação da Difusão (Equação 6) e Midilli modificado (Equação 7), os quais são ajustados por regressão não-linear mediante um programa computacional (Quadro 1).



Quadro 1 - Modelos matemáticos utilizados para descrever o processo de secagem

Modelo	Representação matemática	Referência
Lewis	$RU = e^{-kt}$ (1)	Lewis (1921)
Page	$RU = e^{-kt^n}$ (2)	Page (1949)
Handerson e Pabis	$RU = ae^{-kt}$ (3)	Henderson e Pabis (1961)
Exponencial de Dois Termos	$RU = ae^{-kt} + (1 - a)e^{-kat}$ (4)	Sharaf-Eldeen, Blaisdell e Hamdy (1980)
Logarítmico	$RU = ae^{-kt} + b$ (5)	Chandra e Singh (1995)
Aproximação da Difusão	$RU = ae^{-kt} + (1 - a)e^{-kbt}$ (6)	Kassen (1998)
Midilli et al	$RU = ae^{-kt^n} + bt$ (7)	Midilli et al. (2002)

Fonte: Elaborado pelo autor

Sendo que “t” é o tempo de secagem em segundos; “k” é a constante de secagem, s^{-1} ; “a”, “b” “n” são as constantes dos modelos empíricos, adimensional; e “RU” é a razão de umidade, adimensional, representada pela equação 8.

$$RU = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} \quad (8)$$

Em que, M é a umidade média do produto no instante t, em base seca; M_e a umidade de equilíbrio, em base seca; e M_0 a umidade inicial, em base seca.

2.1.2. Qualidade dos produtos pós-secagem

Para a desidratação de frutas, pode ser utilizado o método de secagem artificial, utilizando o método por ar quente convectivo, entretanto, conforme Panato e Muller (2022), este método convencional pode causar danos às características dos produtos como a qualidade sensorial (cor, textura, sabor e aroma), assim como a qualidade nutricional.

Em relação às características sensoriais, o produto sofre encolhimento durante a desidratação e este fenômeno pode modificar a textura; pode-se perder compostos voláteis, modificando o aroma e, devido a reações de escurecimento, a cor também se altera. A depender da temperatura utilizada e o tempo de secagem, podem ocorrer perdas consideráveis de vitaminas, devido à termossensibilidade destas, como a vitamina C, algumas do complexo B e vitaminas lipossolúveis (Damodaran; Parkin, 2019; Fellows, 2019).



Panato e Muller (2022) e Rodrigues, Geraldi e Loss (2020), em seus estudos sobre secagem, observaram escurecimento, uma redução na firmeza e diminuição no conteúdo de ácido ascórbico dos produtos estudados. Portanto, embora a secagem possua benefícios, é necessário estudá-la para adequar o método ao tipo de matéria-prima, a fim de minimizar perdas nutricionais.

Contudo, o método em leite de espuma vem sendo empregado como alternativa à secagem convectiva convencional, pois suas características de secagem reduzem o impacto negativo nos produtos, ocasionando menor interferência na qualidade sensorial e nutricional do produto a ser seco (Araújo et al., 2020; Panato; Muller, 2022).

2.1.3. Secagem em leite de espuma

O método de secagem em leite de espuma, também denominado como *foam-mat drying*, foi proposto em 1959 nos Estados Unidos para secagem de alimentos líquidos ou semilíquidos, como polpas, que possuem sensibilidade ao calor. Para realizar a secagem, o alimento passa por um processo de incorporação de ar por batadura até a formação de uma espuma estável pela adição de aditivos (Freitas et al., 2018; Mohamed et al., 2022). A espuma é definida como um agente gasoso disperso na fase líquida, ou seja, emulsão ar em líquido (Rodrigues et al., 2020).

Este método se tornou relevante por serem usadas baixas temperaturas, em geral, entre 40 e 80 °C, contribuindo na preservação das características dos alimentos; pela rapidez no processo de secagem, devido a um maior contato entre o alimento poroso (espuma) e o calor; além de fornecer aquecimento uniforme; facilidade na aplicação e baixo custo (Freitas et al., 2018; Araújo et al., 2020; Mohamed et al., 2022).

Diversos estudos sobre cinética de secagem de frutas em leite de espuma estão disponíveis nas literaturas nacional e internacional com uso de diferentes temperaturas e aditivos para a realização da secagem (Quadro 2).



Quadro 2 - Estudos sobre a utilização do método de secagem em leite de espuma em frutas

Estudo e fruta utilizada	Parâmetros de estudo	Referência
Limão (<i>Citrus latifolia</i>) Influência da espessura da espuma na produção de pó de suco de limão durante a secagem em leite de espuma: Investigação experimental e numérica	Temperatura: 50°C a uma velocidade do ar de 1 m/s Agentes espumantes: metilcelulose (5% m/v) e albumina (4% m/v) Tempo de agitação: 3 min	Dehghannya et al. (2018)
Cajá (<i>Spondias mombin</i> L.) Caracterização físico-química de cajá seco por leite de espuma em diferentes temperaturas	Temperatura: 50°C, 60°C, 70°C e 80°C Agente espumante: Emustab® (5% m/m) Tempo de agitação: 20 min	Freitas et al. (2018)
Uva (<i>Vitis vinífera</i>) BRS Violeta (BRS Rúbea×IAC 1398-21) pó de suco de uva produzido por secagem em leite de espuma. Parte I: Efeito da temperatura de secagem sobre compostos fenólicos e atividade antioxidante	Temperatura: 60°C, 70°C e 80°C Agentes espumantes: Emustab® (12,5% m/m), Super Liga Neutra® (1% m/m) e maltodextrina (15% m/m) Tempo de agitação: 15 min	Tavares et al. (2019)
Guavira (<i>Campomanesia adamantium</i>) Secagem em camada de espuma e caracterização físico-química da polpa de guavira (<i>Campomanesia adamantium</i>)	Temperatura: 50°C, 60°C e 70°C Agente espumante: Emustab® (4% m/m) Tempo de agitação: 8 min	Rodrigues, Geraldi e Loss (2020)
Manga (<i>Mangifera indica</i>) Secagem e caracterização da polpa de manga 'princesa' obtida pelo método camada de espuma	Temperatura: 50°C, 60°C e 70°C, com espessura de 0,3; 0,5; e 0,7 cm Agentes espumantes: Emustab® (3% m/m), Super Liga Neutra® (3,5% m/m) Tempo de agitação: 30 min	Reis, Maia e Martins (2020)
Maracujá (<i>Passiflora edulis</i>)	Temperatura: 80°C Agentes espumantes: F1 (3% de Emustab®); F2 (3% de Emustab® e 2% de Superliga-Neutra®); F3 (3% de	Sousa et al. (2020)



Cinética de secagem em camada de espuma de polpa de maracujá, utilizando diferentes aditivos	Emustab®, 2% Superliga-Neutra® e 15% de Maltodextrina)	
	Tempo de agitação: 20 min	
Jamelão (<i>Syzygium cumini</i>) e Acerola (<i>Malpighia emarginata</i>)	Temperatura: 50°C, 60°C, 70°C e 80°C a uma velocidade do ar de 1 m/s	
Cinética de secagem do tapete de espuma de polpa mista de jamelão e acerola	Agentes espumantes: F1 (1% albumina e 0,5% goma xantana); F2 (1% albumina e 0,5% Carboximetilcelulose); F3 (1% albumina e 0,5% goma guar).	Matos et al. (2022)
	Tempo de agitação: 20 min	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Entretanto, este método ainda não é vantajoso para uso em escala industrial, pois, caso a espuma sofra coalescência, rompimento das bolhas de ar, durante a secagem, poderá acarretar a caramelização do açúcar, o que dificulta a retirada do produto da bandeja e reduz a qualidade do produto final (Araújo et al., 2020).

Por outro lado, muitas pesquisas, como as citadas no Quadro 2, fazem uso do estudo da coalescência aplicando a metodologia em proveta para selecionar aditivos que garantam a obtenção de uma espuma mais estável e estas pesquisas alcançaram resultados promissores, mesmo com um tempo de análise relativamente elevado. Dessa forma, é necessário realizar contínuos estudos sobre a técnica do leito em espuma para que este possa ser empregado em escala industrial, uma vez que, atualmente, o obstáculo na obtenção de uma espuma estável ainda é um impedimento para que indústrias utilizem este método.

Diante disso, a estabilidade é o um parâmetro de extrema importância para avaliação de uma espuma ideal, sendo necessário um estudo mais aprofundado a respeito dos fatores que a influenciam a fim de se evitar inconvenientes durante a secagem.



2.1.3.1. Aditivos para formação da espuma

Conforme a Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997, do Ministério da Saúde, emulsificantes e estabilizantes são “substâncias que tornam possível a formação ou manutenção de uma mistura uniforme de duas ou mais fases imiscíveis no alimento”. A mesma portaria define aditivo como “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” (Brasil, 1997).

Estas substâncias, devido à presença de um grupo polar e outro apolar, após agitação mecânica, promovem a formação de espumas, emulsão ar em líquido, devido a capacidade de reorientação dos grupos hidrofóbicos, apolar, para a fase gasosa e dos grupos hidrofílicos, polar, para a fase líquida (Damodaran; Parkin, 2019).

Há diversos aditivos utilizados para a formação de espuma, destacando-se: o Emustab®, um emulsificante de baixo custo, de fácil manuseio e boa incorporação de ar, comercializado na forma de pasta, constituído por compostos de origem lipídica (Reis; Maia; Martins, 2020; Silva; Bressani; Junqueira, 2020; Elpídio, 2021); superliga neutra, espessante composto por compostos glicídicos e comercializado na forma em pó (Sousa et al., 2020; Elpídio, 2021) e a albumina, emulsificante constituído de proteína da clara do ovo com excelente capacidade de formação de espuma devido a interações químicas que resultam em propriedades interfaciais (Damodaran; Parkin, 2019; Elpídio, 2021).

A obtenção de uma espuma estável está intimamente relacionada com a densidade da espuma, indicando que quanto menor a densidade de uma espuma, mais ar foi retido durante a sua obtenção, facilitando, assim, o processo de difusão da água através da espuma durante a secagem (Salahi; Mohebbi; Taghizadeh, 2015; Li et al., 2021). Conforme Van Arsdel e Copley (1964) uma espuma estável apresenta em torno de 0,1 a 0,6 g/cm³ de densidade, entretanto, este parâmetro pode ser influenciado pela concentração do agente espumante, temperatura e tempo de agitação na preparação das espumas, sendo estes os



principais fatores, assim como pela natureza química das matérias-primas, teor de sólidos solúveis e tipo do agente espumante (Mangueira *et al.*, 2021).

Esses fatores interferem diretamente nas propriedades físicas e reológicas da interface e da fase contínua que, no caso da temperatura, ao se aumentá-la, pode provocar o aumento da agitação das moléculas e, no caso da concentração do aditivo, um aumento acima do limite crítico pode resultar em um meio excessivamente viscoso, provocando, em ambas as situações, a aceleração do fenômeno de quebra das espumas (Salahi; Mohebbi; Taghizadeh, 2015; Li *et al.*, 2021).

O tempo de batadura também é outro fator que influencia na estabilidade das espumas, uma vez que proporciona a formação de um maior número de bolhas, o que aumenta a estabilidade. Entretanto, em alguns casos, um aumento muito elevado da batadura, pode provocar o efeito contrário, ocasionando a ruptura das bolhas já formadas (Karim; Wai, 1999; Thuwapanichayanana; Prachayawarakornb; Soponronnarit, 2012).

Um fato importante a ser destacado é que, como o uso de aditivos alteram as propriedades tensoativas de líquidos, estes também podem alterar as propriedades reológicas dos produtos (Damodaran; Parkin, 2019; Gayathiri *et al.*, 2022). Diante disso, é importante buscar embasamento teórico sobre o comportamento reológico dos alimentos, uma vez que estas informações são úteis no controle da qualidade do produto e, também, para o adequado dimensionamento do sistema produtivo (Feitosa *et al.*, 2018).

2.2. Reologia

2.2.1. Definição e importância da reologia em alimentos

Reologia consiste no estudo do comportamento mecânico da matéria, ou seja, no estabelecimento de relações entre as forças aplicadas e as deformações resultantes (Macosko, 1994).

Nesse contexto, dentro do ramo da reologia, um dos parâmetros que possui maior importância para alimentos líquidos e semilíquidos é a viscosidade, auxiliando nos estudos sobre aceitabilidade de consumidores, por meio da predição sensorial, relacionados à textura de um alimento (Fellows, 2019; Mendonza; Guerrero; Herrera-Chávez, 2021). Além disso, é um parâmetro de



grande valia no processo de estruturação de uma indústria por meio do dimensionamento correto do sistema de tubulação, a fim de se evitar possíveis entupimentos (Feitosa et al., 2018).

2.1.2. Viscosidade

Conforme Streeter, Wylie e Bedford (2000); Sharma, Mulvaney e Rizvi (2000) e Fellows (2019), a viscosidade pode ser definida como a resistência interna do fluido ao escoamento, enquanto fluido pode ser entendido como uma substância líquida ou semilíquida que se deforma continuamente sob a aplicação de uma força de cisalhamento, não importando o quão pequeno ela seja, sendo retratada pela Equação 9:

$$\eta = \text{viscosidade} = \frac{\tau}{\gamma} = \frac{\text{Tensão de cisalhamento}}{\text{Taxa de deformação}} \quad (9)$$

Em que a tensão de cisalhamento (τ) é a força por unidade de área, em Newtons por metro quadrado (N/m²) ou Pascal (Pa), enquanto a taxa de deformação (γ), velocidade de escoamento, em segundos recíprocos (s⁻¹) e viscosidade é η , Pascal segundos (Pa.s) ou miliPascal segundos (mPa.s) (Brookfield Ametek, 2017; Fellows, 2019).

Pode-se classificar os fluidos segundo o comportamento reológico em newtonianos, considerados homogêneos por conter quantidades significativas de compostos de baixo peso molecular dissolvidos (por exemplo, açúcares) e nenhuma quantidade significativa de um polímero ou sólidos insolúveis; e não newtonianos, considerados não homogêneos por conter quantidades significativas de compostos dissolvidos de alto peso molecular (polímeros) e/ou sólidos suspensos (Fellows, 2019; Melo et al., 2020; Rao, 2013). Entretanto, deve-se destacar que o termo viscosidade (η) é um parâmetro inerente a fluidos puros, logo, para fluidos não puros é necessário empregar o termo viscosidade aparente (η_{ap}) (Rao, 2013).

As propriedades reológicas podem ser mensuradas por meio da medição da deformação do fluido após a aplicação de uma tensão de cisalhamento e representadas por meio de reograma, entretanto, deve-se destacar que o



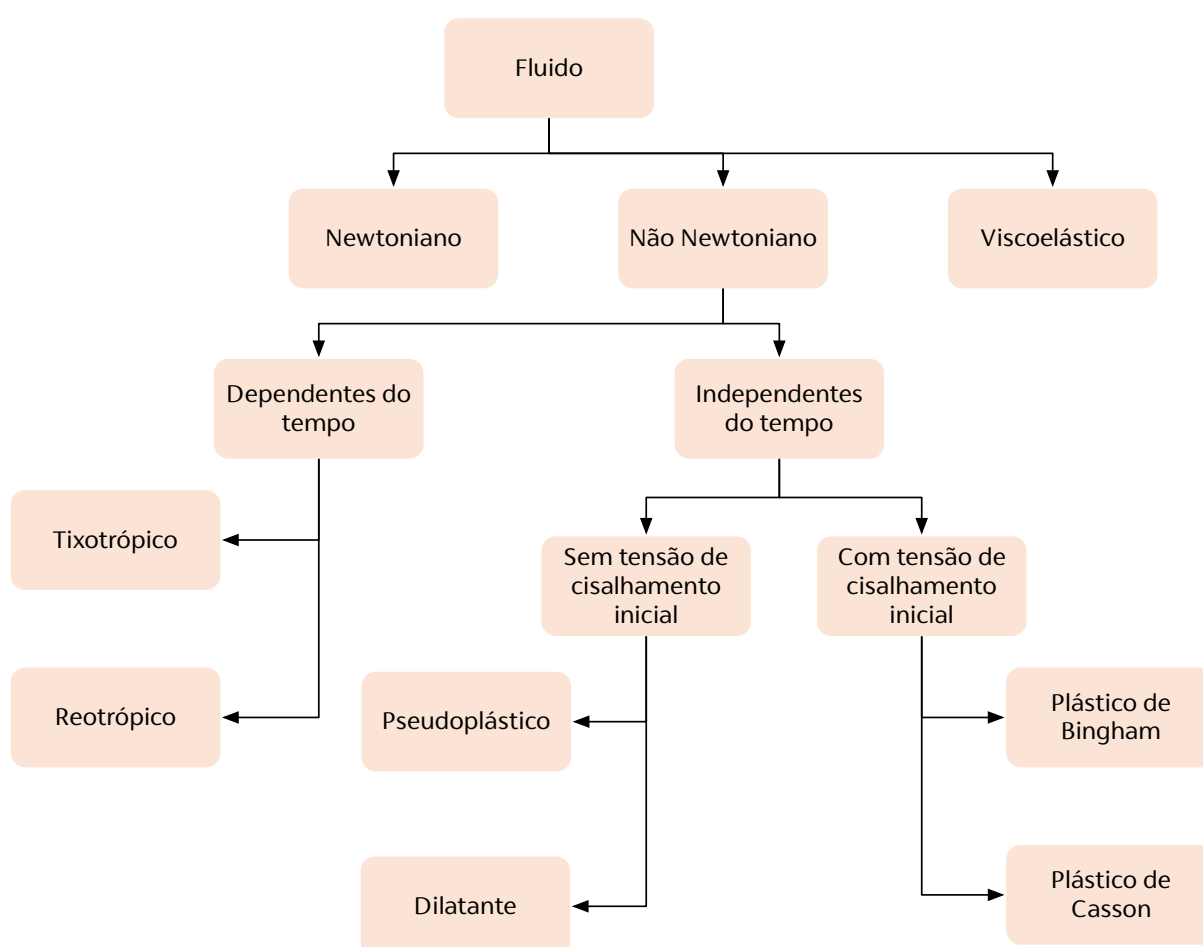


comportamento reológico de um dado fluido varia conforme sua composição (Fellows, 2019; Oliveira *et al.*, 2019; Melo *et al.*, 2020).

2.2.3. Classificação dos fluidos

A classificação dos fluidos é baseada no comportamento reológico do mesmo ao avaliar a relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação para condições de temperatura e pressão constantes (Figura 2).

Figura 2 - Classificação reológica dos fluidos



Fonte: Adaptado de Steffe (1996).



2.2.3.1. Fluidos Newtonianos

Fluidos newtonianos são considerados aqueles que têm como característica a linearidade proporcional entre a tensão de cisalhamento (τ) e à taxa de deformação ($\dot{\gamma}$), conforme apresentado na Figura 3 (curva A), o que garante a constância da viscosidade (η). Alimentos como água, leite, mel e óleos vegetais são exemplos de alimentos que seguem esta característica (Steffe, 1996; Brookfield Ametek, 2017; Fellows, 2019).

2.2.3.2. Fluidos Não-Newtonianos

Fluidos não-newtonianos não apresentam relação linear entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação, ou seja, a viscosidade, mesmo em temperaturas fixas, não é uma constante. Tal comportamento tem relação com a composição dos alimentos, uma vez que esta afeta a taxa de deformação causada por forças externas. Os fluidos não newtonianos podem ser independentes ou dependentes do tempo, conforme exemplos no quadro 2 (Rao, 2013; Brookfield Ametek, 2017; Fellows, 2019).

2.2.3.2.1. Fluidos independentes do tempo, dependentes do tempo e viscoelásticos

Fluidos independentes do tempo são aqueles em que a viscosidade se altera com aumento da tensão de cisalhamento, sendo classificados em: pseudoplásticos, dilatantes e plásticos de Bingham (Fellows, 2019) e suas características e exemplos de alimentos destes tipos de fluidos estão apresentados na Quadro 3.

Quadro 3 - Características dos fluidos independentes do tempo e exemplos de alimentos

Fluido	Característica principal	Exemplos de alimentos	Referência
Pseudoplástico	Queda na viscosidade aparente em função do aumento da taxa de deformação	Emulsões, polpa de frutas e suco concentrado de frutas	Steffe (1996); Rao (2013); Brookfield

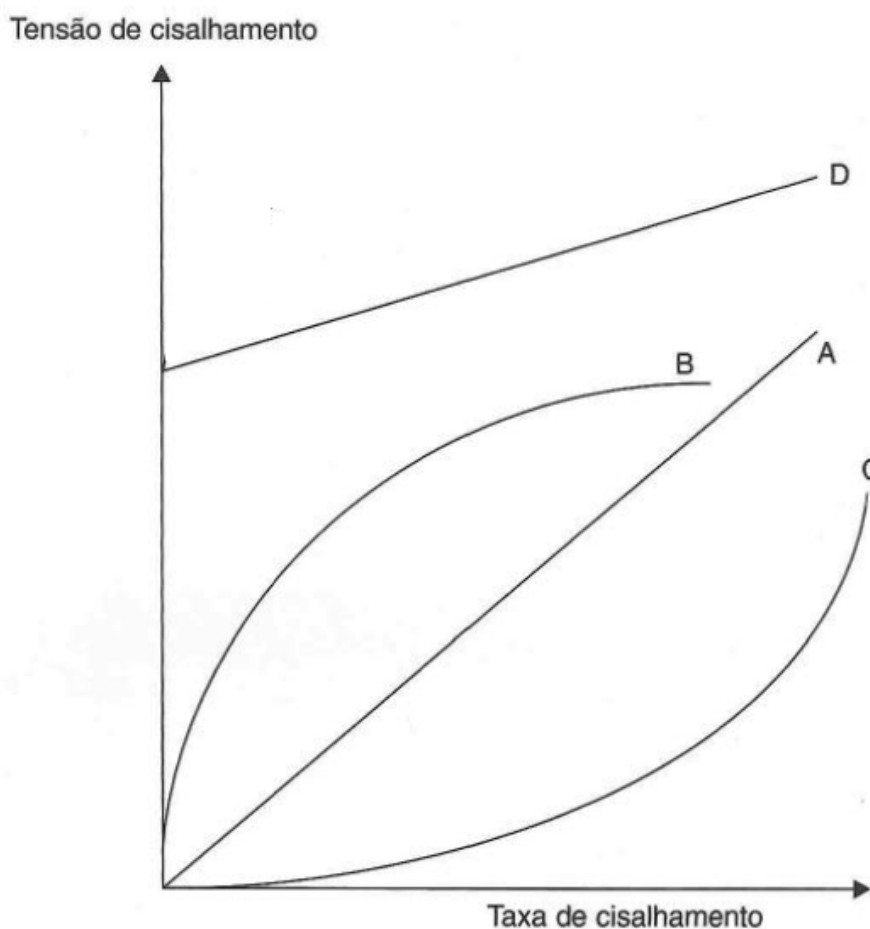


Dilatante	Aumento na viscosidade aparente em função do aumento da taxa de deformação	Chocolate líquido e suspensões de farinha de milho	Ametek (2017); Fellows (2019)
Plástico de Bingham	Se deforma ao atingir uma tensão de cisalhamento inicial (τ_0), diferente de zero, apresentando constância na viscosidade em função da taxa de deformação	Mostarda e catchup	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para melhor visualização, o gráfico apresentado na Figura 3 reúne o comportamento dos fluidos newtonianos (curva A) e os não newtonianos independente do tempo (fluido pseudoplástico – curva B; fluido dilatante – curva C; e fluido plástico de Bingham – curva D).

Figura 3 - Comportamento reológico de diferentes fluidos



Fonte: Fellows (2019).



Alguns fluidos não-newtonianos possuem estrutura molecular complexa e, por isso, o comportamento reológico destes é dependente do tempo, modificando a viscosidade aparente a uma tensão de cisalhamento constante com o tempo, sendo subdivididos em fluidos tixotrópicos e reopéticos (Fellows, 2019). Já os fluidos viscoelásticos, após a aplicação de uma tensão de cisalhamento, não retornam ao seu estado original por apresentarem características de um sólido elástico e um líquido viscoso, simultaneamente, sendo observado em massa de pão, queijo e géis (Brookfield Ametek, 2017; Fellows, 2019).

2.2.4. Modelos reológicos

O comportamento reológico dos fluidos pode ser representado por intermédio de modelos empíricos após regressão não linear que relacionam os dados da tensão de cisalhamento e taxa de deformação (Rao, 2013). Tal representação possui extrema importância visto que esta ferramenta auxilia no controle de qualidade, controle de processo e no dimensionamento de equipamentos (Feitosa et al., 2018).

A maioria dos alimentos possuem comportamento de um fluido não newtoniano, logo, as suas propriedades reológicas são frequentemente representadas pelos modelos Ostwald-de-Waele ou Lei da Potência (*Power law*) (Equação 10), Herschel-Bulkley (Equação 11), Bingham (Equação 12), Casson (Equação 13) e Mizrahi-Berk (Equação 14) (RAO, 2013), sendo estes representados na Quadro 4.

Quadro 4 - Modelos matemáticos utilizados para descrever o comportamento reológico de fluidos

Modelo	Representação matemática
Ostwald-de-Waele ou Lei da Potência	$\tau = k\dot{\gamma}^n$ (10)
Herschel-Bulkley	$\tau = \tau_o + k\dot{\gamma}^n$ (11)
Bingham	$\tau = \tau_o + \eta_p\dot{\gamma}$ (12)
Casson	$\tau^{1/2} = \tau_o^{1/2} + (k\dot{\gamma})^{1/2}$ (13)
Mizrahi-Berk	$\tau^{1/2} = \tau_{oA} + k\dot{\gamma}^n$ (14)

Fonte: Rao (2013).



Sendo que “ τ ” é a tensão de cisalhamento, Pa ou N/m²; “ k ” é o índice de consistência, Pa.s; “ γ ” é a taxa de deformação, s⁻¹; “ n ” é o índice de comportamento do fluido, adimensional; “ τ_0 ” é a tensão de cisalhamento inicial, Pa ou N/m²; “ η^p ” é a viscosidade plástica, Pa.s; e “ τ_{0A} ” é a raiz quadrada da tensão de cisalhamento inicial, Pa ou N/m².

Diante disso, é possível prever o valor do índice de comportamento “ n ”, que assume valores distintos para cada tipo de fluido. Quando o valor de “ n ” é maior que zero e menor que um, o fluido é classificado como pseudoplástico e dilatante, quando o mesmo é maior que um. Quando a tensão inicial é igual a zero, um fluido newtoniano tem “ n ” igual à unidade (Steffe, 1996; Nascimento et al., 2019). Já para fluidos que apresentam um comportamento de “ n ” igual a unidade com tensão de cisalhamento inicial diferente de zero, denominam-se plástico de Bingham (Rao, 2013; Almeida et al., 2020).

Deve-se destacar que, em geral, os modelos reológicos são considerados isotérmicos e isobáricos, ou seja, estes modelos empíricos representam o comportamento de um fluido a uma temperatura e pressão constantes (Puentes-Córdova et al., 2022). Além disso, o valor do índice de consistência, k , observado em todos os modelos, indica o grau de resistência do fluido durante o escoamento, ou seja, este parâmetro representa a viscosidade aparente de um fluido não newtoniano (Rao, 2013; Souza; Luporini; Rigoli, 2017).

2.2.5. Reologia das polpas de frutas

As características reológicas das polpas de frutas estão atreladas a fatores intrínsecos e extrínsecos ao produto tais quais, o tipo de fruta, temperatura a qual a polpa é submetida e o teor de sólidos solúveis presentes, sendo estes últimos os que ditam o comportamento da polpa de cada fruta (Oliveira et al., 2019; Melo et al., 2020).

Muitos estudos demonstram que as polpas de frutas se comportam como fluidos não newtonianos com características de um fluido pseudoplástico, devido a interações entre os componentes presentes nestes produtos, causando uma redução na viscosidade aparente à medida que o fluido (polpa) se deforma (Costa et al., 2018; Oliveira et al., 2019; Melo et al., 2020).

Feitosa et al. (2018) detectaram tendência pseudoplástica nas polpas de murta integral, diluída e com maltodextrina, enquanto Melo et al. (2020)



observaram na polpa e no concentrado de cupuaçu a característica de um fluido pseudoplástico e Oliveira *et al.* (2019) constataram na polpa de manga em diferentes teores de sólidos solúveis propriedade de um fluido pseudoplástico. Entretanto, em todos os estudos citados ao elevar a concentração de polpa, ocorreu um aumento nos valores da viscosidade aparente do fluido, demonstrando a influência dos componentes da constituição da polpa nas propriedades reológicas.

Embora a concentração de sólidos nas polpas de frutas seja um atributo que modifique o comportamento reológico das mesmas, deve-se destacar que características do processo, como a secagem, também podem alterar as propriedades reológicas desse tipo de produto. Tal afirmação se deve às modificações nas características físico-químicas que ocorrem durante o processo de secagem e após a adição de aditivos, particularidade da secagem em leito de espuma, os quais são produtos que provocam alterações nas propriedades tensoativas do meio no qual foram inseridos (Damodaran; Parkin, 2019; Gayathiri *et al.*, 2022)

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de um agente espumante é de suma importância no método de secagem em leito de espuma, uma vez que o principal objetivo é alcançar uma espuma estável que proporcione a obtenção de produtos em pó com uma boa solubilidade durante a reconstituição. Entretanto, em função do reduzido embasamento teórico, as características finais de polpas desidratadas em leito de espuma dependem de um melhor estudo sobre o tipo de aditivo adicionado na secagem e a influência deste sobre as características reológicas do pó reconstituído.

4. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. L. J.; SANTOS, N. C.; PEREIRA, T. dos S.; SILVA, V. M. de A.; CAVALCANTE, J. de A.; PINHEIRO, W. S.; RIBEIRO, V. H. de A.; SANTOS, I. A. dos; BARROS, E. R.; MUNIZ, C. E. de S. Composição centesimal e comportamento reológico do extrato de aveia (*Avena sativa*). **Research, Society and Development**, v.9, n.3, p.e31932329, 2020.



- ALPHONCE, S.; KAALE, L. D.; MILLINGA, F.; RWEYEMAMU, L. Enrichment of fermented cassava meal 'mchuchume' with micronutrient ingredients from soya bean flour and *Moringa oleifera* leaves powder. **Journal of the science of food and agriculture**, 2021, v.101, n.9, p.3575-3581, 2021.
- ARAÚJO, C. da S.; MACEDO, L. L.; VIMERCATI, W. C.; PAULA, R. R. de; TEIXEIRA, L. J. Q.; SARAIVA, S. H. Princípios da secagem de alimentos. In: ROBERTO, C. D.; TEIXEIRA, L. J. Q.; CARVALHO, R. V. de. **Tópicos especiais em ciência e tecnologia de alimentos**. Vitória: Edufes, 2020, p.233-251.
- ARAÚJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; HARTMANN FILHO, C. P.; MARTINS, E. A. S. Modelagem matemática da secagem dos frutos de amendoim em camada delgada. **Revista Ciência Agronômica**, v.48, n.3, p.448-457, 2017.
- BELWAL, T; DEVKOTA, H P; HASSAN, H. A.; AHLUWALIA, S; RAMADAN, M. F.; MOCAN, A.; ATANASOV, A. G. Phytopharmacology of acerola (*Malpighia* spp.) and its potential as functional food. **Trends in Food Science & Technology**, v.74, p.99-106, 2018.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 4 junho de 2009.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997. Aprova o regulamento técnico: aditivos alimentares - definições, classificação e emprego. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 outubro de 1997.
- BROOKFIELD AMETEK. **More solutions to sticky problems**: a guide to getting more from your brookfield viscometer & rheometer. Middleboro: Brookfield Ametek Inc., 2017. 62p.
- CASCIONE, V.; MASKELL, D.; SHEA, A.; WALKER, P. A review of moisture buffering capacity: from laboratory testing to full-scale measurement. **Construction and Building Materials**, v. 200, p.333-343, 2019.
- CHANDRA, P. K.; SINGH, R. P. **Applied numerical methods for food and agricultural engineers**. Boca Raton: CRC Press, 1995. 512p.
- COSTA, H. C. B.; AROUCA, F. O.; SILVA, D. O.; VIEIRA, L. G. M. Study of rheological properties of açaí berry pulp: an analysis of its time-dependent behavior and the effect of temperature. **Journal of Biological Physics**, v.44, p.557–577, 2018.
- DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de alimentos de Fennema**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019. 1112p.
- DEHGHANNYA, J.; POURAHMAD, M.; GHANBARZADEH, B.; GHAFARI, H. Influence of foam thickness on production of lime juice powder during foam-mat drying: experimental and numerical investigation. **Powder technology**, v.328, p.470-484, 2018.



DHAUNDIYAL, A.; GEBREMICHEAL, G. H. The effect of psychrometry on the performance of a solar collector. **Environmental Science and Pollution Research**, v.29, p.13445–13458, 2022.

ELPÍDIO, C. M. de A. **Secagem da ameixa pelo método de camada de espuma: otimização dos parâmetros e caracterização do produto**. 2021. 174f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.

EMINOĞLU, M. B.; YEGÜL, U.; SACILIK, K. Drying characteristics of blackberry fruits in a convective hot-air dryer. **HortScience**, v.54, n.9, p.1546-1550, 2019.

ESTEVAM, M. I. F.; SOUZA, P. A. de; MARACAJÁ, P. B.; BATISTA, E. M.; REGES, B. M. Físico-química de variedades de acerola em dois estádios de maturação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.13, n.4, p. 459-465, 2018.

FEITOSA, R. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M.; OLIVEIRA, E. N. A. de. Comportamento reológico da polpa de murta com maltodextrina. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.26, n.05, p.391-398, 2018.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019. 944p.

FREITAS, B. S. M. de; CAVALCANTE, M. D.; CAGNIN, C.; SILVA, R. M. da; PLÁCIDO, G. R.; OLIVEIRA, D. E. C. de. Physical-chemical characterization of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) foam-mat drying at different temperatures. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.6, p.430-435, 2018.

GAYATHIRI, E.; PRAKASH, P.; KARMEGAM, N.; VARJANI, S.; AWASTHI, M. K.; RAVINDRAN, B. Biosurfactants: potential and eco-friendly material for sustainable agriculture and environmental safety-a review. **Agronomy**, v.12, n.3, p.662-697, 2022.

GOMES FILHO, A. A. P.; PEREIRA, J. A. F.; MOURA, C. F. H.; MIRANDA, M. R. A. de Bioactive content during the development of the acerola cv. brs 238 (frutacor). **Research, Society and Development**, v.10, n.2, p. e42410212640, 2021.

HAUTRIVE, T. P. **Ciência e tecnologia de alimentos**. 1. ed. Florianópolis: Editora Insular, 2021. 143p.

HENDERSON, S.M.; PABIS, S. Grain drying theory. I. Temperature effect on drying coefficient. **Journal of Agriculture Engineering Research**, v.6, p. 169-174, 1961.

KARIM, A. A.; WAI, C. C. Foam-mat drying of starfruit (*Averrhoa carambola* L.) purée. Stability and air drying characteristics. **Food Chemistry**, v. 64. P.337-343, 1999.

KASSEM, A. S. Comparative studies on thin layer drying models for wheat. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON AGRICULTURAL ENGINEERING, 13, Rabat, 1998, **Proceedings...** Rabat: ANAFID, 1998. p.2-6.

LEWIS, W.K. The rate of drying of solid materials. **Journal of industrial and Engineering Chemistry**, v. 13, p. 427-433, 1921.



LI, T. S.; SULAIMAN, R.; RUKAYADI, Y.; RAMLI, S. Effect of gum Arabic concentrations on foam properties, drying kinetics and physicochemical properties of foam mat drying of cantaloupe. **Food Hydrocolloids**, v.116, p.106492-106502, 2021.

MACOSKO, C. W. **Rheology**: principles, measurements and applications. Minneapolis: Wiley-VCH, 1994. 578p.

MANGUEIRA, E. R.; LIMA, A. G. B. de; CAVALCANTE, J. de A.; COSTA, N. A.; SOUZA, C. C. de; ABREU, A. K. F. de; ROCHA, A. P. T. Foam-mat drying process: theory and applications. In: DELGADO, J. M. P. Q.; LIMA, A. G. B. de. (Eds). **Transport processes and separation technologies**. Cham: Springer, 2021, p.61-87.

MATOS, J. D. P. de; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M.; MORAES, M. S. de; SILVA, S. do N.; SILVA, L. P. F. R. da. Foam mat drying kinetics of jambolan and acerola mixed pulp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.26, n.7, p.502-512, 2022.

MELO, F. da S.; OKANEKU, B. M.; CARDOSO, D. N. P.; SANTOS, W. G. do. Avaliação reológica da polpa e concentrado de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* schum). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 45182-45192, 2020.

MENDOZA, R.; GUERRERO, S.; HERRERA-CHÁVEZ, B. Reología del yogur: efectos de las operaciones unitarias en el procesamiento y uso de aditivos. **Novasinerгия**, v.4, n.1, p.151-163, 2021.

MIDILLI, A.; KUCUK, H.; YAPAR, Z. A new model for single-layer drying. **Drying Technology**, v. 20, p.1503-1513, 2002.

MOHAMED, A. A.; ISMAIL-FITRY, M. R.; ROZZAMRI, A.; BAKAR, J. Effect of foam-mat drying on kinetics and physical properties of japanese threadfin bream (*Nemipterus japonicus*) powder. **Journal Food Processing and Preservation**, v.46, p.e16376, 2022.

NASCIMENTO, R. A. do; ANDRADE, E. L.; SANTANA, E. B.; COSTA, C. M. L.; FARIA, L. J. G. de. Caracterização físico-química da polpa de bacaba e avaliação do comportamento reológico das suas suspensões. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.13, n.01, p. 2767-2784, 2019.

NASSER, M. D.; MARIANO-NASSER, F. A. de C.; FURLANETO, K. A.; RAMOS, J. A.; CAETANO, P. K. Composição da acerola de diferentes genótipos em duas épocas de colheita. **Pesquisas Agrárias e Ambientais**, v.6, n.1, p.15-19, 2018.

OLIVEIRA, R. G. M. de; LOPES, C. C. B.; MELO, J. C. S. de; COSTA, C. H. C. da; BADARÓ, A. D. S. Viscosidade aparente da polpa de manga espada. **Revista Verde**, v.14, n.1, p. 99-103, 2019.

OPOLOT, M.; ZHAO, C.; LIU, M.; MANCIN, S.; BRUNO, F.; HOOMAN, K. A review of high temperature (≥ 500 °C) latent heat thermal energy storage. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.160, p. 112293-112310, 2022.



OUBELLA, K.; MOUHANNI, H.; BAHAMMOU, Y.; IDLIMAM, A.; LAMHARRAR, A.; BENDOU, A. Influence of drying temperature on the different thermodynamic parameters during the indirect convective solar drying of *Crocus sativus* L. of morocco thin-layer solar drying of moroccan saffron. **The Scientific World Journal**, v.2022, n.1656862, p.165686-165698, 2022.

PAGE, G.E. **Factors influencing the maximum of air drying shelled corn in thin layer**. 1949. Dissertation (Master's Thesis) - Department of Mechanical Engineering, Purdue University, Purdue, 1949.

PANATO, K.; MULLER, C. M. O. Drying kinetics and physicochemical and technological properties of pumpkin purée flour dried by convective and foam-mat drying. **Journal Food Processing and Preservation**, v.46, p.e16264, 2022.

PARK, K. J. B.; PARK, K. J.; ALONSO, L. F. T.; CORNEJO, F. E. P. Secagem: fundamentos e equações. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.16, n.1, p.93-127, 2014.

PUENTE-CÓRDOVA, J. G.; HERNÁNDEZ-RAMÍREZ, C. L.; REYES-MELO, M. E.; RENTERÍA-BALTÍERREZ, F. Y.; MIRANDA-VALDEZ, I. Y. Estudio reológico de soluciones poliméricas de carboximetil celulosa. **Ingeniería Investigación y Tecnología**, v.23, n.2, p.1-10, 2022.

RAO, M. A. **Rheology of fluid, semisolid and solid foods: principles and applications**. 3 ed. New York: Springer, 2013. 791p.

REIS, C. G. dos; MAIA, G. A. de O.; MARTINS, J. N. Secagem e caracterização da polpa de manga 'princesa' obtida pelo método camada de espuma. In: GOMES, I. A.; SILVA, É. S. da; MEDEIROS, M. B. de; LINS, M. V.; MEDEIROS, W. P. de; COELHO, B. E. S.; MORAIS, V. M. M. de; MELO, L. J. de; FRANCISCO, N. S. da; ALMEIDA, C. L. C. (Eds). **Abordagens tecnológicas e sociais no nordeste brasileiro**. Bananeiras: Gepra, 2020, p.135-146.

RODRIGUES, D. J.; GERALDI, C. A. Q.; LOSS, R. A. Secagem em camada de espuma e caracterização físico química da polpa de guavira (*Campomanesia adamantium*). In: VASCONCELOS, A. K.; FERREIRA, J. P.; SANTOS, R. R. dos (Eds). **Ciência, tecnologia e inovação: do campo à mesa**. 1.ed. Recife: Editora Instituto Internacional Despertando Vocações, 2020. p.375-395. 2v.

RODRIGUES, M. G.; VIEIRA, T. B. dos S.; OLIVEIRA, M. L. G. de; FERREIRA, L. de A.; OLIVEIRA, R. E. G.; SOUSA, R. de B.; SOUSA, P. S. de A. Classificação, composição e superfícies dos coloides no cotidiano. **Scientia Naturalis**, v.2, n.1, p.443-454, 2020.

SALAH, M. R.; MOHEBBI, M.; TAGHIZADEH, M. Foam-mat drying of cantaloupe (*Cucumis melo*): optimization of foaming parameters and investigating drying characteristics. **Journal of Food Processing and Preservation**. v.39, p.1798-1808, 2015.

SALEHI, F.; AGHAJANZADEH, S. Effect of dried fruits and vegetables powder on cakes quality: a review **Trends in Food Science & Technology**, v.95, p.162-172, 2020.

SHARAF-ELDEEN, Y. I.; BLAISDELL, J. L.; HAMDY, M. Y. A model for ear corn drying. **Transaction of the ASAE**, v.23, p.1261-1271, 1980.



SHARMA, S. K.; MULVANEY, S. J.; RIZVI, S. S. H. **Food processing engineering**: theory and laboratory experiments. United States of America: Wiley-Interscience, 2000. 348p.

SILVA, G. H. S.; BRESSANI, A. P. P.; JUNQUEIRA, M. da S. Otimização por Page do processo de secagem em leite de espuma para produção de café solúvel. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.23, p.e2019145, 2020.

SILVA, P. L.; SOUSA, F. C.; MACHADO, N. A. F.; SILVA, L. M. M.; SANTINO, J. M.; TAVARES, D. S. T. P. Banana pass as sugar substitute in functional cake formulation. **Scholarly Resources Holos**, v. 2022, n.1, p.1-9, 2022.

SOUSA, C. F. de; SOUSA, S. de; FIGUEIREDO, J. S. B. de; MORAES, M. R. L. de; CARVALHO, I. P. P. de S.; CHAVES, F. J. F.; MATA, M. E. R. M. C.; ALMEIDA, G. N. de. Cinética de secagem em camada de espuma de polpa de maracujá, utilizando diferentes aditivos. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.9, p.70821-70829, 2020.

SOUZA, G. S.; LUPORINI, S.; RIGOLI, I. C. Caracterização reológica de suspensões argilosas salinas com goma xantana para fluidos de perfuração de poços de petróleo. **Revista Matéria**, v.22, n.1, p. e11796, 2017.

STEFFE, J. F. **Rheological methods in food process engineering**. 2. ed. Michigan: Freeman Press. 1996. 418p.

STREETER, V. L.; WYLIE, E. B.; BEDFORD, K. W. **Mecânica de fluidos**. 9. ed. México: McGraw Hill, 2000. 749p.

TAVARES, I. M. de C.; CASTILHOS, M. B. M. de; MAURO, M. A.; RAMOS, A. M.; SOUZA, R. T. de; GÓMEZ-ALONSO, S.; GOMES, E.; DA-SILVA, R.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I.; LAGO-VANZELA, E. S. Brs violeta (brs rúbea × iac 1398-21) grape juice powder produced by foam mat drying. Part I: effect of drying temperature on phenolic compounds and antioxidant activity. **Food chemistry**, v.298, p.124971-124982, 2019.

THUWAPANICHAYANANA, R.; PRACHAYAWARAKORNB, S.; SOPONRONNARIT, S. Effects of foaming agents and foam density on drying characteristics and textural property of banana foams. **Food Science and Technology**, v.47, p. 348-357, 2012.

VAN ARSDEL, W. B.; COPLEY, M. J. **Food dehydration**. Westport, Connecticut: The Avi Publishing Company, 1964. v.2, 721p.



Capítulo 5

DESAFIOS NO DESENVOLVIMENTO DE PÃO DOCE ISENTO DE GLÚTEN E LACTOSE

Luciene Dias Santos Silva
Bruno Ricardo de Castro Leite Junior
Eliane Mauricio Furtado Martins
Maurilio Lopes Martins

1. INTRODUÇÃO

O pão é um alimento amplamente consumido em toda a América (Wandersleben *et al.*, 2018) e, segundo a legislação brasileira, é o produto obtido da farinha de trigo e/ou outras farinhas, adicionado de líquido, resultante do processo de fermentação ou não e cocção, podendo conter outros ingredientes, desde que não descaracterize o produto. Os pães podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos (Brasil, 2005). Alguns indivíduos podem apresentar uma reação adversa às proteínas presente na farinha de trigo, como é o caso dos indivíduos celíacos que apresentam uma resposta imune ao glúten.

A alergia alimentar é uma reação do organismo a determinadas proteínas presentes nos alimentos, ocasionando respostas adversas desencadeadas pelo sistema imunológico e tem apresentação clínica muito variável na sua severidade e intervalo de manifestação, podendo afetar os sistemas cutâneo, digestivo, respiratório e/ou cardiovascular (Berzuino *et al.*, 2017; Brasil, 2018; Solé *et al.*, 2018; Asbai, 2019).

A obtenção de pão sem glúten é um grande desafio, uma vez que nenhuma farinha confere as mesmas propriedades tecnológicas de estrutura, volume e textura do pão produzido a partir da farinha de trigo. Isso se deve às propriedades fornecidas pelo glúten, como a elasticidade que contribui para que a massa retenha os gases produzidos durante a fermentação, proporcionando o crescimento da mesma com um miolo macio e aerado (Stuppiello, 2016). Dentre os possíveis substituintes, a farinha de arroz e a fécula de mandioca podem ser alternativas à farinha de trigo, entretanto, desafios são verificados em termos de



qualidade, estabilidade e aceitabilidade dos produtos elaborados (Pimentel; Silva; Madureira, 2019).

Além da alergenicidade ao glúten, existem também aqueles indivíduos que são intolerantes à lactose devido à ausência da enzima lactase. Desta forma, uma parcela da população apresenta restrições no consumo de alimentos que possuem leite na formulação, como é o caso do pão doce (Sommer *et al.*, 2017). Assim, uma das principais estratégias é a delactosagem do leite, por meio da hidrólise prévia da lactose antes da ingestão de leite e derivados. Entretanto, a utilização de leite deslactosado representa um desafio correlacionado ao custo de produção, o que pode inviabilizar a produção de pão doce.

Em paralelo, a inserção de ingredientes funcionais na formulação de pães é uma excelente estratégia para atender a demanda da população na busca por alimentos nutritivos e saudáveis. Dentre os alimentos funcionais, destacam-se algumas plantas alimentícias não convencionais (PANCs), em especial o ora-pro-nóbis (OPN). Diversos estudos destacam que o enriquecimento dos alimentos com OPN é uma alternativa muito interessante tanto do ponto de vista nutricional, quanto do ponto de vista ambiental e social (Silva *et al.*, 2015; Sato *et al.*, 2019). Neste contexto, esta revisão apresenta os principais desafios para o desenvolvimento de pão doce isento de glúten e lactose, a fim de oferecer ao consumidor um alimento sem restrições alimentares e enriquecido nutricionalmente.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Panificação

O pão é um gênero alimentício que está entre os principais alimentos das refeições diárias com destaque para boa aceitabilidade e baixo custo (Arranz-Otaegui *et al.*, 2018; Csapóné Riskó; Péntek; Wiwczarowski, 2018).

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), o pão é definido como o produto obtido pela cocção, em condições técnicas adequadas, de massa preparada com farinha de trigo, fermento biológico, água e sal, podendo conter outras substâncias alimentícias aprovadas. Esse produto ser doce quando preparado com adição de açúcar ou mel e podendo conter recheios diversos (Brasil, 2005).



Em 2018, 458 mil toneladas de pães foram comercializadas no Brasil (ABIMAPI, 2020), sendo o pão de forma um dos mais consumidos (ABIP, 2018). Os ingredientes básicos para produção dos diferentes tipos de pães são farinha de trigo, fermento e água. Entretanto, outros ingredientes são, normalmente, acrescentados com a finalidade de conservar, conferir maciez e diferentes sabores. Segundo Dias *et al.* (2019), as gorduras são utilizadas na panificação para melhorar a estrutura da rede de glúten, aumentar o potencial de hidratação do amido e melhorar a retenção do ar durante a fermentação refletindo na densidade e na viscosidade da massa. Além disso, influenciam na cor, no sabor e na textura (maior maciez), além de contribuir para uma maior vida útil por retardar a retrogradação do amido.

O açúcar auxilia na qualidade da massa, no sabor e na coloração da crosta do pão, além de servir de nutriente para as leveduras fermentadoras do produto. Já o sal (adicionado na faixa de 1 a 2%, com base no peso de farinha) é responsável por exercer as funções de sabor, influenciando nas características sensoriais do produto final, e controlando a fermentação (Stefanello, 2014). Por fim, os emulsificantes têm a finalidade de retardar o envelhecimento dos pães, melhorar o manuseio e a força da massa, aumentar a tolerância ao tempo de descanso e de fermentação, entre outras características.

Devido ao seu amplo consumo, o pão mostra-se como alternativa interessante para a utilização de novos ingredientes visando melhorar sua qualidade nutricional, principalmente com o enriquecimento de ingredientes funcionais. Neste sentido, um dos desafios da indústria de panificação é se adequar continuamente às exigências do mercado com inovações, criatividade, marketing e saudabilidade. Esse mercado requer produtos diferenciados e de maior valor agregado, que apresentem em sua composição compostos importantes para a nutrição humana, como vitaminas, fibras, minerais e grãos integrais (ABIMAPI, 2017; ABIP, 2018). Além disso, existem outros desafios, como por exemplo, o desenvolvimento de pães para o público celíaco. Esses produtos são isentos de glúten, e resultam, normalmente, em uma qualidade sensorial deficitária (Allen; Orfila, 2018).



2.2. Desafios na produção de pão doce frente aos consumidores intolerantes à lactose e celíacos

Os alimentos com apelo funcional são os mais procurados pelos consumidores devido à preocupação com a saúde. Em paralelo, diante da falta de tempo para o preparo das refeições, os consumidores têm recorrido aos alimentos que possuem alta praticidade (Ramos *et al.*, 2018). Neste contexto, é crescente o desenvolvimento de novos alimentos para atender às diversas exigências do mercado.

O setor de panificação ocupa o terceiro lugar na lista de compras do consumidor brasileiro. Porém, devido às mudanças no perfil dos consumidores, novas demandas de consumo estão surgindo. Neste cenário, o pão é um alimento que vem recebendo adaptações tecnológicas nas formulações para atender essas novas exigências do mercado consumidor, como por exemplo, de maior oferta de fibras, menor quantidade de sódio, ou seja, características do produto que vão ao encontro das novas necessidades de seus consumidores (Padilha *et al.*, 2019). Além disso, o desenvolvimento de um alimento deve buscar contemplar um maior número de indivíduos reduzindo as restrições alimentares que as formulações possam apresentar, como por exemplo, a oferta do pão doce sem lactose e sem glúten.

As intolerâncias aos alimentos estão presentes em 40% da população e são mais comuns em crianças. A intolerância à lactose se deve a diminuição parcial ou total da atividade da enzima lactase responsável pela hidrólise da lactose. Essa patologia é recorrente na população mundial e manifesta por um simples mal-estar, distensão abdominal, diarreia, até dores abdominais (Zychar; Oliveira, 2017). Em função disso, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2016), aprovou uma regulamentação para a rotulagem da lactose. Nessa regulamentação, os alimentos poderão ser classificados em três categorias: Produtos com teor de lactose superior a 1g/100g de produto devem apresentar, abaixo da lista de ingredientes, a inscrição “contém lactose”. Já os que tiverem quantidade menor do que 100mg/100g deverão conter a indicação “isento de lactose” ou variações como: “0% lactose”, “sem lactose” ou “não contém lactose”. Há ainda um terceiro alerta, na qual, o produto poderá apresentar a informação “baixo em lactose” ou “baixo teor de lactose”, quando a quantidade de lactose for correspondente de 100mg até 1g por 100 g de produto.



Neste contexto, o mercado de alimentos para intolerantes à lactose está aumentando e novos produtos sem lactose vem despontando no mercado. Industrialmente, durante o beneficiamento do leite ou dos derivados lácteos deslactosados, é feito a adição da enzima lactase para que ocorra a hidrólise desse dissacarídeo. Entretanto, essa operação tem um custo que, na maioria das vezes, reflete no aumento do preço do produto final. Portanto, uma alternativa seria a retirada do leite e derivados da formulação dos pães, entretanto, essa remoção teria impacto direto na qualidade do produto.

Além da intolerância à lactose, alguns indivíduos apresentam reações adversas ao glúten, bem como aqueles que apresentam a doença celíaca, que está correlacionada com a reação autoimune à ingestão de glúten. Neste caso, a alimentação isenta de glúten é o único tratamento para indivíduos que apresentam essa doença, que é desencadeada pela ingestão desses produtos em indivíduos com predisposição genética, podendo ocasionar síndrome de má absorção, perda de peso, desnutrição, distensão abdominal e diarreia (Machado *et al.*, 2017). A RDC nº 26 de 2015 estabeleceu requisitos para a rotulagem obrigatória dos alimentos visando proteger os indivíduos com alergias alimentares sendo que os destaques alergênicos devem ser declarados logo após os ingredientes (Brasil, 2018).

Estima-se que 1% da população mundial seja de indivíduos celíacos (Brasil Zero Glúten, 2015). Segundo Tenório e Pinheiro (2017), a doença celíaca gera uma reação indesejável no sistema imunológico quando se ingere alimentos que contém glúten. De origem genética, o indivíduo celíaco apresenta seu sistema imunológico sobrecarregado, reagindo com um ataque à mucosa do intestino. Essa doença se manifesta quando a criança começa a ingerir alimentos que contém glúten, geralmente no segundo ano de vida, mas existe a possibilidade destes sintomas aparecerem na vida adulta.

O glúten é formado por duas proteínas: gliadina e glutenina. Essas proteínas são encontradas em diversos cereais da família das gramíneas. Esses cereais têm uma composição entre 40-70% de amido, 1-5% de lipídios, e 7-15% de proteínas como a gliadina, glutenina, albumina e globulina. Quando adicionadas a água, essas proteínas são insolúveis promovendo características específicas que deixam a mistura (farinha-água) com consistência flexível e pegajosa parecida a uma goma de mascar, propriedades que tornam a mistura própria para a fabricação de pães, bolos, pizza dentre outros (Zanin, 2019).



Na panificação, uma das características do glúten na massa é a sua elasticidade, quando ao sovar a massa as redes de glúten são criadas, com capacidade de aprisionar o gás carbônico que é expelido através do processo de fermentação pelas leveduras do fermento, que possibilita ao pão crescer e ficar macio (Biernath, 2014).

Os produtos isentos de glúten têm uma grande barreira a ser enfrentada, pois são escassos e de custos elevados. Além disso, esses alimentos apresentam diferenças nas características sensoriais e na maioria das vezes, os próprios indivíduos celíacos desaprovam esses produtos devido à baixa aceitabilidade em relação às características sensoriais (Hiracava *et al.*, 2015). Segundo a Associação dos Celíacos do Brasil (Acelbra, 2015), o produto que os celíacos gostariam de encontrar com maior facilidade para seu consumo é o pão, correspondendo a 47% das indicações.

2.3 Substitutos ao glúten para a produção de pão doce

Algumas farinhas são empregadas na elaboração de produtos sem glúten e a farinha de arroz é, normalmente, a mais utilizada para substituir a farinha de trigo nesses alimentos devido à sua coloração, características nutricionais, sabor suave e baixas propriedades alergênicas.

Nos últimos anos, a maioria das pesquisas se concentrou na produção de pão a partir da farinha de arroz como substituto ao glúten (Bender; Schonlechner, 2020; Tomic; Torbica; Belovic, 2020). Sendo esta considerada um ingrediente promissor para produtos sem glúten (Park *et al.*, 2020). Dentre os principais produtos elaborados destacam-se pães, macarrão, tortilhas, pudins e alimentos infantis. Assim, a farinha de arroz pode ser considerada como uma opção interessante em substituição à farinha de trigo, devido à sua fácil digestibilidade e baixa alergenicidade, tornando produtos alimentícios à base de arroz cada vez mais atraentes para consumidores, especialmente para pacientes com doença celíaca (Solaesa *et al.*, 2021). Porém, devido ao baixo teor de proteínas e fibras, é importante que sejam acrescentados outros componentes para garantir melhores características tecnológicas e valor nutricional ao produto (Buresová *et al.*, 2017).

Além da adição de farinhas proteicas, existem outras estratégias que podem ser utilizadas para melhorar as propriedades sensoriais e nutricionais de



produtos sem glúten, incluindo a adição de amidos nativos e pré-gelatinizados, enzimas, proteínas, fibras e hidrocolóides. Essas estratégias podem ajudar a melhorar a textura da massa e aumentar o volume dos produtos sem glúten (Naqash *et al.*, 2017). O amido é considerado o principal carboidrato de reserva de energia das plantas, sendo que as suas propriedades estruturais e tecnológicas podem ser influenciadas pela origem botânica da fonte de extração. As características como a morfologia do grânulo, o teor de amilose e a presença de outros componentes como proteínas e lipídios podem influenciar no comportamento e na formação de gel do amido. Os amidos possuem inúmeras aplicações industriais, seja na indústria de alimentos ou em outras áreas como farmacêutica, química e têxtil, sendo mais comumente extraídos de tubérculos como batata e mandioca, ou de cereais como arroz, milho e trigo (Ahmed *et al.*, 2018; Zhu, 2018).

A fécula ou amido de mandioca, também conhecido como polvilho doce, é um dos principais produtos obtidos a partir das raízes de mandioca, sendo definido como um pó fino, inodoro e insípido. O amido é o principal componente das féculas e da farinha de arroz, assumindo papel importante para garantir a estrutura da massa, pois atua como agente espessante, estabilizador de emulsão e agente de geleificação, além de melhorar a absorção e retenção de água. A gelatinização do amido pode, ainda, aumentar o volume e melhorar a consistência dos produtos (Palabiyik *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2016; Sheng *et al.*, 2018; Figueroa-Flórez *et al.*, 2019; Roman; Belorio; Gomez, 2019).

São poucas as pesquisas sobre a influência da fécula de mandioca no pão sem glúten em comparação com outras farinhas e amidos. Masure, Fierens e Delcour (2016), estudaram a otimização da formulação de pães com amido de milho, farinha de arroz e amido de mandioca e o estudo mostrou que o amido de mandioca foi benéfico para a qualidade do pão sem glúten. Em uma revisão sobre o tópico, Milde, Ramalho e Puppo (2012) discutiram a possibilidade de fazer pão sem glúten com amido de mandioca e verificaram a possibilidade da produção de alimentos de panificação com características sensoriais, técnico-funcionais e nutricionais atraentes.

Em outros estudos, este amido também foi proposto para melhorar a qualidade do pão de sorgo (Onyango *et al.*, 2011a; Onyango *et al.*, 2011b). Desta forma, algumas estratégias para melhorar a qualidade de produtos de panificação sem glúten podem ser utilizadas, como a incorporação de alguns



componentes como féculas e amidos pré-gelatinizados, uma vez que esses componentes podem garantir melhor estrutura da massa, melhor aceitabilidade do produto e aumento da vida de prateleira (Ayala-Soto; Serna-Saldívar; Welti-Chanes, 2017).

Entretanto, nas últimas décadas a crescente procura por alimentos nutritivos, saborosos e que beneficiem a saúde, vem estimulando o estudo da incorporação de novos ingredientes em produtos alimentícios, que sejam capazes de agregar valor e melhorar as propriedades físico-químicas, sensoriais e nutricionais (Silva et al., 2015). O potencial tecnológico e funcional de um alimento é um fator muito importante na promoção de uma alimentação mais variada, completa e saudável. Assim, a utilização de subprodutos oriundo do processamento de vegetais é interessante para o enriquecimento e melhoramento da composição nutricional dos produtos alimentícios.

O pão, além de fornecer energia (principalmente a partir do amido), fornece fibras e uma variedade de vitaminas e minerais. Ademais, ingredientes opcionais também podem ser acrescentados visando à melhoria no processamento (Świeca et al., 2013). Neste contexto, as plantas alimentícias não convencionais, também conhecidas como PANCs, vêm despertando o interesse, devido suas propriedades nutricionais. Dentre as diversas PANCs encontradas no Brasil, destaca-se *Pereskia aculeata* Miller, conhecida popularmente no Brasil como ora-pro-nóbis (OPN). Ela é um membro da família *Cactacea* e foi apelidada de “Carne para os pobres”, devido ao seu alto teor de proteínas, contendo também teor expressivo de vitaminas, minerais e fibras importantes para a nutrição humana (Martin et al., 2017).

Ora-pro-nobis possui também grande quantidade de ferro, e pode ser utilizada para complementar a alimentação, tendo em vista que muitas populações apresentam deficiência desse mineral (Kinupp; Lorenzi, 2015). Mesmo sendo pouco estudada cientificamente, sabe-se que a OPN apresenta em média 20% de teor proteico com 85% de digestibilidade, além da presença significativa de aminoácidos essenciais, destacando-se lisina, leucina e valina, podendo ser um alimento interessante para suprir dietas com deficiência proteica (Mazia; Sartor, 2012).

Além disso, a partir de suas folhas e frutos, geralmente, é extraída uma mucilagem rica em proteínas e polissacarídeos, que possibilita a aplicação dessas macromoléculas como agentes emulsificantes e estabilizantes em formulações



alimentícias (Milião *et al.*, 2022), sendo interessante o estudo e avaliação da sua utilização em pães sem glúten.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de pão doce isento de glúten e lactose é um desafio que envolve não apenas questões tecnológicas e nutricionais, mas também de aceitabilidade pelo consumidor. O crescente interesse em alimentos saudáveis e a busca por alternativas para atender às restrições alimentares devido à intolerância à lactose e à doença celíaca têm impulsionado a pesquisa e desenvolvimento nessa área.

A substituição do glúten na formulação do pão é fundamental para atender aos celíacos, porém, representa um grande desafio devido às propriedades tecnológicas que o glúten confere à massa, como elasticidade e retenção de gases. A farinha de arroz tem sido amplamente estudada como substituto do trigo, mas é necessário o uso de outras estratégias, como a adição de amidos e féculas, para garantir a qualidade do produto final.

Além disso, a intolerância à lactose apresenta outro obstáculo, uma vez que a retirada do leite e derivados da formulação pode impactar negativamente na qualidade do pão, tornando-o menos atrativo para o consumidor. A adição de enzimas para a hidrólise da lactose é uma alternativa, porém, seu custo pode inviabilizar a produção em larga escala.

Nesse contexto, a inserção de ingredientes funcionais, como o ora-pro-nóbis, pode enriquecer nutricionalmente o pão e oferecer uma opção mais saudável e nutritiva para os consumidores. No entanto, são necessários mais estudos e investimentos nessa área para superar os desafios tecnológicos e garantir a qualidade e aceitabilidade dos produtos desenvolvidos.

4. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE BISCOITOS, MASSAS ALIMENTÍCIAS E PÃES & BOLOS INDUSTRIALIZADOS - ABIMAPI. **Pães e bolos industrializados**. São Paulo. 3 mar, 2017. Disponível em: <https://www.abimapi.com.br/>. Acesso em: 6 fev. 2022.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE BISCOITOS, MASSAS ALIMENTÍCIAS E PÃES & BOLOS INDUSTRIALIZADOS - ABIMAPI. **Como o brasileiro vai ter qualidade de vida em 2020? Conheça as tendências que prometem ajudar.** São Paulo. 3 mar. 2020. Disponível em: <https://abimapi.com.br/noticias-detalle.php?i=Mzk1OQ>. Acesso em: 6 fev. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PANIFICAÇÃO E CONFEITARIA - ABIP. **Indicadores da panificação e confeitaria 2018.** Brasília, DF, 2018. Disponível em: <https://www.abip.org.br/site/indicadores-da-panificacao-e-confeitaria-brasileira-2018/>. Acesso em: 6 fev. 2022.

ASSOCIAÇÃO DOS CELÍACOS DO BRASIL – ACELBRA. Dados estatísticos. São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www.acelbra.org.br/2004/estatisticas.php>. Acesso em: 10 nov. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. Esclarecimentos sobre a regulamentação da Lei nº 13.305, de 4 de julho de 2016, que dispõe sobre a rotulagem de lactose nos alimentos. **Portal Anvisa** 3 de agosto 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2016/anvisa-ira-regulamentar-rotulagem-de-lactose-nos-alimentos>. Acesso em: 24 fev. 2022.

AHMED, S.; ZHOU, X.; PANG, Y.; XU, Y.; TONG, C.; BAO, J. Genetic diversity of potato genotypes estimated by starch physicochemical properties and microsatellite markers. **Food Chemistry**, v. 257, p. 368–375, 2018.

ALLEN, B.; ORFILA, C. The Availability and Nutritional Adequacy of GlutenFree Bread and Pasta. **Nutrients**, v. 10, n. 10, p. 1370, 2018.

ARRANZ-OTAEGUI, A; GONZALEZ CARRETERO, L.; RAMSEY, M. N.; FULLER, D.Q.; RICHTER, Tobias. Archaeobotanical evidence reveals the origins of bread 14,400 years ago in northeastern Jordan. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 115, n. 31, p. 7925–7930, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ALERGIA E IMUNOLOGIA - ASBAI. **Alergia Alimentar é o tema central da Semana Mundial.** São Paulo, 27 mar. 2019. Disponível em: <http://asbai.org.br/alergia-alimentar-e-o-temacentral-da-semana-mundia>. Acesso em: 06 de abr. 2022.

AYALA-SOTO, F.E.; SERNA-SALDÍVAR, S.O.; WELTI-CHANES, J. Effect of arabinoxylans and laccase on batter rheology and quality of yeast-leavened gluten-free breads. **Journal of Cereal Science**, v. 73, p. 10–17, 2017.

BENDER, D.; SCHONLECHNER, R. Innovative approaches to better gluten-free bread properties. **Journal of Cereal Science**, v. 91, p. 102904, 2020.

BERZUINO, M. B.; FERNANDES, R. de C. de S.; LIMA, M. de A.; MATIAS, A. C. G.; PEREIRA, I. R. O. Alergia alimentar e o cenário regulatório no Brasil. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 14, n. 2, p. 23-26, 2017.



BIERNATH, A. 10 perguntas sobre o glúten e 10 respostas sérias da ciência, **Veja Saúde**, 3 jul. 2014. Disponível em: <https://saude.abril.com.br/alimentacao/10-perguntas-sobre-o-gluten-e-10-respostas-serias-da-ciencia/>. Acesso em: 28 ago. 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos, constante do Anexo desta Resolução. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 23 de set. de 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa MAPA nº 8, de 3 de junho de 2005. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03 jun. 2005. Seção 1.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Guia sobre Programa de Controle de Alergênicos. ALIMENTOS - GUIA nº 5, versão 2, de 16 de outubro de 2018.

BUREŠOVÁ, I.; TOKÁR, M.; MAREČEK, J.; HŘIVNA, L.; FAMĚRA, O.; ŠOTTNÍKOVÁ, V. The comparison of the effect of added amaranth, buckwheat, chickpea, corn, millet and quinoa flour on rice dough rheological characteristics, textural and sensory quality of bread. **Journal of Cereal Science**, v. 75, p. 158-164, 2017.

BRASIL ZERO GLÚTEN – BZG. Dados atuais da doença celíaca. **Belo Horizonte**, 2015. Disponível em: <http://www.brazilzerogluten.com.br>. Acesso em: 30 ago. 2019

CSAPÓNÉ RISKÓ, T.; PÉNTEK, Á.; WIWCZAROSKI, T. Bread consumption habits in the gluten free diet. **Applied Studies in Agribusiness and Commerce**, v. 11, p. 113–120, 2018.

COLUSSI, R. Z.; DIAS, E. Á.; HALAL, S. **Ciência e Tecnologia de Panificação**. Pelotas: Cópia Santa Cruz, 2019. 324 p.

FIGUEROA FLOREZ, J. A.; CADENA CHAMORRO, E. M.; RODRIGUEZ SANDOVAL, E.; SALCEDO MENDOZA, J. G.; CIRO VELASQUEZ, H. J. Amidos de mandioca modificados por biocatálise enzimática: efeito do tempo de reação e método de secagem. **Dínamo**, v. 86, n. 208, p. 162-170, 2019.

HIRACAVA, J.M.; MONTEIRO, A. R. G.; CARVALHO, C. B.; PIERETTI, G.G; MADRONA, G. S. Mistura em pó para bolo isento de glúten sabor chocolate: avaliação físico-química e sensorial. **Revista Tecnológica**, Edição especial, p. 347-354, 2015.

KINUPP, V. F.; LORENZI, H. Plantas alimentícias não convencionais (PANCs) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas. **Instituto Plantarum de Estudo da Flora Ltda**, São Paulo, p. 272-274, 2015.

MACHADO, A.P.S.L.; SILVA, L.R.; LOPES, F. O. A.; TEIXEIRA, F. A. M.; TEIXEIRA, V.V. Doença celíaca materna e baixo peso ao nascer. **Reprodução & Climatério**. v. 32, n.1, p 53- 56, 2017.

MARTIN, A. A. *et al.* Chemical structure and physical-chemical properties of mucilage from the leaves of *Pereskia aculeata*. **Food Hydrocolloids**, v. 70, p. 20 – 28, 2017.



- MASURE, H.G.; FIERENS, E.; DELCOUR, J.A. Current and future experimental approaches in gluten-free baking research. **Journal of Cereal Science**, v.67, p. 92-111, 2016.
- MAZIA, R. S.; SARTOR, C. F. P. Influência do tipo de solo usado para o cultivo de *Pereskia aculeata* sobre propriedade proteica. **Revista Saúde e Pesquisa**, v. 5, n.1, p. 59-65, 2012.
- MILDE, L.B.; RAMALHO, L.A.; PUPPO, M.C. Pão sem glúten à base de amido de tapioca: estudos de textura e sensoriais. **Alimentos e Bioprocessos Tecnologia**, v. 5, p. 888-896, 2012.
- MILIÃO, G.L.; OLIVEIRA, A.P.H.; SOARES, L.S.; ARRUDA, T. R.; VIEIRA, É.N.R.; LEITE JÚNIOR, B.R.C. Unconventional food plants: Nutritional aspects and perspectives for industrial applications. **Future Foods**, v. 5, p. 100124, 2022.
- NAQASH, F.; GANI, A.; GANI, A.; MASOODI, F. Gluten-free baking: combating the challenges - A review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 66, p.98-107, 2017.
- ONYANGO, C.; MUTUNGI, C.; UNBEHEND, G.; LINDHAUER, M. G. Modification of gluten-free sorghum dough and bread using corn, potato, cassava or rice starch. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, n.3, p. 681 - 686, 2011a.
- ONYANGO, C.; MUTUNGI, C.; UNBEHEND, G.; LINDHAUER, M.G. Rheological and textural properties of sorghum-based formulations modified with varying amounts of native or pregelatinized cassava starch. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, p. 687-693, 2011b.
- PADILHA, M.; ARCANJO, F.M.; FERNANDES, I. **Aproveitamento Integral de Alimentos: análise da utilização integral da cenoura e batata doce na elaboração de um pão sem glúten, e aplicação de teste sensorial com acadêmicos de um Centro Universitário em Foz do Iguaçu – PR**. Monografia. Foz do Iguaçu: Faculdade União das Américas, 2019.
- PALABIYIK, I.; YILDIZ, O.; TOKER, O. S.; CAVUS, M.; CEYLAN, M. M.; YURT, B. Investigating the addition of enzymes in gluten-free flours e the effect on pasting and textural properties. **LWT - Food Science and Technology**, v. 69, p. 633-641, 2016.
- PARK, J.; SUNG, J.M. CHOI, Y.S.; PARK, J.D. Effect of natural fermentation on processed rice grains: physicochemical and functional properties of rice flour. **Food Hydrocolloids**, v. 108, p.106005, 2020.
- PIMENTEL, E. S.; SILVA, G. F.; MADUREIRA, M. T. Formulation, development and viability in the production of gluten free bread using rice flour and sweet flour. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 33025-33036, 2019.
- RAMOS, F.S.A.R.; DOS SANTOS, T.C.; FERREIRA, T.H.B.; GOMES, M.C.S.; MUNHOZ, C.L. Aceitabilidade de biscoito tipo cookie enriquecidos com farinha de jatobá. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n.2, p. 1-7, 2018.
- ROMAN, L.; BELORIO, M.; GOMEZ, M. **Pães sem glúten: a lacuna entre a pesquisa e a realidade comercial**. Comentários abrangentes em Ciência dos Alimentos e Segurança Alimentar, v. 18, p. 690-702, 2019.



SATO, R.; CILLI, L. P. L.; OLIVEIRA, B.E.; MACIEL, V.B.V.; VENTURINI, A.C.; YOSHIDA, C.M.P. Nutritional improvement of pasta with *Pereskia aculeata* Miller: a non-conventional edible vegetable. **Food Science and Technology**. v. 39, p. 28-34, 2019.

SHENG, L.; LI, P.; WU, H.; LIU, Y.; HAN, K.; GOUDA, M.; TONG, Q.; MA, M.; JIN, Y. Tapioca starch-pullulan interaction during gelation and retrogradation. **LWT - Food Science and Technology**, v. 96, p. 432–438, 2018.

SILVA, J.B.; SCHLABITZ, C.; GRÄFF, C.; SOUZA, C.F.V. Biscoitos Enriquecidos com Farinha de Semente de Abóbora como Fonte de Fibra Alimentar. **Revista Destaques Acadêmicos**, v.7, n. 4, p.174-184, 2015.

SILVA, P.A.; MELO, W.S.; CUNHA, R.L.; CUNHA, E.F.M.; LOPES, A.S.; PENA, R.S. Characterization of roots and cassava starch from three cassava varieties produced in the state of Pará. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 18, n. 2, p. 147-154, 2016.

SOLAESA, Á.G.; VILLANUEVA, M.; MUÑOZ, J.M.; RONDA, F. Dry heat treatment vs. heat and moisture treatment aided by microwave radiation: technofunctional and rheological modifications of rice flour. **LWT - Food Science and Technology**, v.141, p. 110851, 2021.

SOLÉ, D.; SILVA, L.R.S.; COCCO, R. R.; FERREIRA, C.T.; SARNI, R.O.; OLIVEIRA, L.C.; PASTORINO, A.C.; WEFFORT, V.; MORAIS, M.B.; BARRETO, B.P.; OLIVEIRA, J.C.; CASTRO, A.P.M.; FRANCO, J.M.; NETO, H.J.C.; ROSÁRIO, N.A.; ALONSO, M.L.O.; SARINHO, E.C.; YANG, A. MARANHÃO, H.; TOPOROVSKI, M.S.; EPIFANIO, M.; WANDALSEN, N.F.; RUBINI, N.M. Consenso Brasileiro sobre Alergia Alimentar: 2018-Parte 2-Diagnóstico, tratamento e prevenção. Documento conjunto elaborado pela Sociedade Brasileira de Pediatria e Associação Brasileira de Alergia e Imunologia. **Arquivos de Asma, Alergia e Imunologia**, v. 2, n. 1, p. 39-82, 2018.

SOMMER, C.; WOLLMUTH, J.O.M.; ALEXANDRE, M.T.; SPADER, M.; KEMERICH, G.T.; OLIVEIRA, E.C. Desenvolvimento de chocolate recheado sem lactose e sem glúten. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 9, n. 4, p. 134-141, 2017.

STEFANELLO, R. F. **Produção, liofilização e aplicação de fermento natural em pão tipo sourdough**. 2014. 160 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências rurais, Universidade Federal de Santa Maria, 2014.

STUPPIELLO, B. Alimentos sem glúten que substituem a farinha de trigo: confira quais são as alternativas na hora de cozinhar e os seus benefícios. **Redação Minha vida**, 20 de set. de 2016. Disponível em: <https://www.minhavidade.com.br/alimentacao/galerias/16922-alimentos-sem-gluten-que-substituem-a-farinha-de-trigo>. Acesso em: 10 nov. 2023.

ŚWIECA, M.; GAWLIK-DZIKI, U.; DZIKI, D.; BARANIAK, B.; CZYŻ, J. The influence of protein-flavonoid interactions on in vitro protein digestibility and antioxidant quality of breads enriched with onion peel. **Food Chemistry**, v. 141, p. 451-458, 2013.



TOMIC, J.; TORBICA, A.; BELOVIC, M. Effect of gluten-free proteins and transglutaminase on the rheological properties of the dough and the quality of bread based on millet flour (*Panicum miliaceum*). **LWT - Food Science and Technology**, v.118, p. 108852, 2020.

WANDERSLEBEN, T. *et al.* Improvement of functional and nutritional properties of bread using a blend of natural ingredients from new varieties of flaxseed and lupine. **LWT- Food Science and Technology**, v.91, p.48-54, 2018.

ZANIN, T. O que é e onde está o glúten. **Tua Saúde**, 18 dez. 2018. Disponível em: <https://www.tuasaude.com/gluten/>. Acesso em: 27 ago. 2019.

ZYCHAR, B.C.; OLIVEIRA B.A. Fatores Desencadeantes da Intolerância à Lactose: Metabolismo Enzimático, Diagnóstico e Tratamento. **Revista Atas de Ciências da Saúde**, v.5, p.35-46, 2017.



Capítulo 6

CUPUAÇU E PROTEÍNA DE SOJA: POTENCIAL PARA CARREAR MICRORGANISMOS PROBIÓTICOS E SEU EFEITO NO CÂNCER COLORRETAL

Ana Carla Alves Pelais
Nataly de Almeida Costa
Mirielle Teixeira Lourenço
Vanessa Caroline de Oliveira
Eliane Mauricio Furtado Martins
Érica Nascif Rufino Vieira
Afonso Mota Ramos

1.INTRODUÇÃO

Os alimentos funcionais são definidos como alimentos que proporcionam benefícios à saúde que vão além do seu valor nutricional (Halat et al., 2023). A maior conscientização e preocupação dos consumidores com a saúde e bem-estar proporcionou maior demanda de alimentos funcionais, como aqueles contendo microrganismos probióticos. A maioria desses produtos disponíveis no mercado são de base láctea como leites fermentados, iogurtes, sorvetes e queijos (Bimbo et al., 2017; Rolim et al., 2020), logo existe uma busca crescente por produtos não lácteos contendo probióticos, principalmente devido ao grande número de pessoas intolerantes à lactose ou que necessitam de dietas com restrição de colesterol (Martins et al., 2013).

Entre os alimentos não lácteos pesquisados como veículos para os probióticos estão os sucos e néctares de fruta (Antunes et al., 2013; Campos et al., 2019; Vieira et al., 2020; De Oliveira et al., 2020). Na Região Amazônica existem espécies de fruteiras domesticadas ou cultivadas com grande potencial agroindustrial e ainda pouco exploradas. Dentre essas espécies destaca-se o cupuaçueiro (*Theobroma grandiflorum* Schum) o qual possui um fruto que apresenta polpa com características ideais para o aproveitamento industrial (Costa et al., 2003), sendo utilizada no preparo sorvetes, sucos, geléias e diversas



sobremesas, processados de forma artesanal, ou seja, em pequena escala de produção (Cohen; Jackix, 2005).

Apesar da variedade de frutas tropicais com sabores exóticos bastante agradáveis, as bebidas contendo extrato de soja tornaram-se bastante populares e vêm sendo avaliadas como veículos para probióticos. Os efeitos do sinergismo entre os probióticos e produtos da soja sugerem que essa combinação pode exercer efeitos benéficos, uma vez que a soja contém oligossacarídeos naturais como a rafinose e estaquiose, considerados como prebióticos e que estimulam o crescimento de probióticos (Woo *et al.*, 2009; Homayouni *et al.*, 2021; De La Bastida *et al.*, 2023).

Os probióticos são caracterizados por gêneros, como *Lactobacillus* spp. e *Bifidobacterium* spp., e entre os principais efeitos atribuídos ao consumo de probióticos estão: a manutenção do balanço da microbiota intestinal, o antagonismo do crescimento de patógenos, o estímulo do sistema imunológico e a redução da intolerância à lactose, que beneficiam a saúde aumentando a proteção contra infecções intestinais e a prevenção de diversas doenças como o câncer de cólon (GRAND VIEW RESEARCH, 2019).

O câncer de cólon é uma patologia que se caracteriza por um crescimento desordenado de uma população de células que escapam da regulação normal de crescimento, replicação e diferenciação (Wiseman, 2011). Inicialmente, pode apresentar-se como alterações microscópicas discretas da mucosa, denominadas focos de criptas aberrantes (FCA) ou lesões pré neoplásicas (Bird, 1987; Bird, 1995). O número total e ao tamanho dos FCA podem ser determinados de forma simples, rápida e econômica, e sua avaliação constitui um bioensaio de curto prazo para avaliar o emprego de agentes quimiopreventivos na carcinogênese colorretal (Newell; Heddle, 2004).

Assim, diante da procura dos consumidores por alimentos mais saudáveis, capazes de trazer benefícios adicionais à saúde, e dos potenciais efeitos benéficos da soja e dos probióticos, este capítulo tem como objetivo evidenciar o potencial do cupuaçu e da proteína de soja como matrizes carreadoras de probióticos e seus efeitos quando induzido lesões pré-neoplásicas.



2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Alimentos Funcionais

A conscientização sobre a relação entre dieta e saúde humana onde os consumidores mudaram consideravelmente as preferências alimentares, visando obtenção de um estado de saúde desejável (Bogue; Collins; Troy, 2017). Assim, observa-se uma busca crescente por produtos alimentícios funcionais devido à preocupação dos consumidores com a influência dos alimentos e componentes alimentares na saúde (Terpou *et al.*, 2019).

Alimentos funcionais representam uma série de produtos alimentares com benefícios para diversos aspectos fisiológicos e podem ser descritos como aqueles alimentos que possuem propriedades benéficas ao organismo humano além da nutrição básica (Konar *et al.*, 2018). Dentre os benefícios, encontram-se a redução de algumas doenças devido ao abaixamento do colesterol, melhoria das condições gerais do corpo como o sistema imunológico e o funcionamento do intestino (Farag *et al.*, 2020).

O mercado de alimentos funcionais é impulsionado por carotenóides, fibras alimentares, ácidos graxos, prebióticos / probióticos / simbióticos, vitaminas e minerais, os quais atribuem as características de funcionalidade aos alimentos (Turkmen; Akal; Özer, 2019).

Segundo um relatório da Grand View Research, em 2021, o mercado de alimentos funcionais foi estimado em US\$ 280,7 bilhões e deve crescer a uma taxa composta anual de 8,5% até 2030. O mercado global de probióticos, estimado em US\$ 77,12 bilhões em 2022, deve crescer a uma taxa composta anual de 14% até 2030. Esse crescimento é impulsionado pela crescente conscientização dos consumidores sobre os benefícios dos probióticos para a saúde e interesse da indústria em desenvolver diferentes alimentos para suprir este mercado.

Dessa forma, os produtos funcionais são excelentes opções alimentares, pois visam a melhorar qualidade de vida, proporcionando benefícios e prevenindo doenças. As alegações das propriedades funcionais desses alimentos quando mostradas na rotulagem dos produtos atraem o interesse do consumidor ao identificarem os benefícios de saúde que são fornecidos, além de contribuir para uma alimentação saudável e equilibrada (Domínguez Díaz; Fernández-Ruiz; Cámara, 2020).



O termo "probiótico" foi usado pela primeira vez pelos veterinários Lilly e Stillwel em 1965 para denominar substâncias secretadas por microrganismos que estimulavam a multiplicação de outros microrganismos. Fuller (1989) redefiniu o termo para "organismos vivos que quando ingeridos exercem efeito benéfico no balanço da microbiota intestinal do hospedeiro".

Outras definições foram publicadas a partir daí, porém, a mais aceita internacionalmente é a de que os probióticos são microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde do hospedeiro (FAO/WHO, 2001; Hill *et al.*, 2014). Dentre esses benefícios, encontram-se a redução do risco de câncer de cólon, o equilíbrio da microbiota intestinal, prevenção de alergias alimentares, controle de doenças, inibição de bactérias ou fungos prejudiciais e aumenta as ações de defesa que ocorrem naturalmente no sistema imunológico do hospedeiro (Bautista-Gallego *et al.*, 2019; Pech-Canul *et al.*, 2020).

No momento do seu consumo, os probióticos devem estar viáveis nos alimentos e manter sua viabilidade após contato com ácido gástrico e com sais biliares (Komatsu; Buriti; Saad, 2008; Lopes *et al.*, 2018). Após vencerem essa barreira química, os probióticos aderem à superfície intestinal, onde desempenham influência benéfica como efeitos antagônicos, competição e efeitos imunológicos, resultando em um aumento da resistência contra patógenos, devido a estimulação da multiplicação de bactérias benéficas em detrimento à proliferação de bactérias potencialmente prejudiciais (Puupponen-Pimiä *et al.*, 2002). No entanto, a manutenção destas populações está intimamente relacionada com o tipo de alimento consumido pelo indivíduo.

Os probióticos são fornecidos por alimentos processados ou por suplementos dietéticos contendo bactérias vivas. Queijo, leites fermentados, sucos e fórmulas infantis também são veículos de probióticos. Os principais produtos fermentados disponíveis no mercado utilizam lactobacilos, estreptococos e bifidobactérias que são os constituintes normalmente encontrados na microbiota gastrointestinal humana (GRAND VIEW RESEARCH, 2019).

Bebidas de frutas também podem ser utilizadas como veículo de probióticos. Um estudo avaliou a estabilidade das cepas probióticas *Lactobacillus paracasei* e *Lactobacillus rhamnosus* em suco de pitaya refrigerado. Os resultados mostraram que ambas mantiveram uma contagem de



7 log UFC/ml por 12 dias, mas *L. rhamnosus* sobreviveu por até 19 dias. Essa diferença na sobrevivência pode ser atribuída a fatores intrínsecos e extrínsecos das cepas, além das características físico-químicas do suco de pitaya, como pH, acidez e composição nutricional. Esses achados destacam a complexidade das interações entre probióticos e matrizes alimentares, enfatizando a importância de considerar esses fatores ao desenvolver produtos probióticos de alta qualidade e com benefícios duradouros para a saúde (Usaga et al., 2022).

Para exercer os seus benefícios, a concentração mínima sugerida dos probióticos em produtos alimentares consiste em um nível de células vivas em torno de 10^6 a 10^7 UFC/mL ou UFC/g no final da vida útil (Ding; Shah, 2008; Bakr et al., 2015). Recomenda-se que os alimentos contendo bactérias probióticas estejam na faixa de 10^8 a 10^9 unidades formadoras de colônias (UFC/g) antes da ingestão para garantir que o mínimo terapêutico suficiente de 10^6 - 10^7 UFC/g possa atingir o cólon (Nazzaro et al., 2009; Meira et al., 2015). No entanto, a legislação brasileira preconiza uma população mínima de bactérias probióticas de 8 a 9 Log de UFC por porção diária do produto para proporcionar efeitos positivos à saúde (Brasil, 2008).

Para que os probióticos possam ter sua atividade otimizada no organismo humano, é necessário que haja nutrientes para seu crescimento e reprodução, sendo o colón o local onde estas bactérias encontram os substratos ideais. Estes incluem todos os alimentos ingeridos que não foram absorvidos e que ultrapassam a válvula ileocecal, principalmente os prebióticos (Davidson; Carvalho, 2007).

O termo prebiótico refere-se a componentes não digeríveis que afetam benéficamente o hospedeiro por estimularem seletivamente a multiplicação ou atividade de bactérias desejáveis no colón, podendo ainda atuar na inibição da multiplicação de patógenos (Davani-Davari et al., 2019; Guo et al., 2024). Estes componentes alimentares atuam mais frequentemente no intestino grosso, no entanto, podem ter ação sobre os microrganismos no intestino delgado (Ferreira; Silva, 2010).

Neste contexto, os carboidratos não digeríveis como a inulina, a lactulose e diversos oligossacarídeos, estão entre os componentes que proporcionam efeito positivo na composição da microbiota intestinal quando consumidos associados a microrganismos probióticos, como *Lactobacillus* spp. e *Bifidobacteria* spp. (Singh et al., 2017; Davani-Davari et al., 2019).



Os prebióticos estimulam o crescimento de bactérias benéficas no intestino grosso, modificando favoravelmente a composição da microbiota intestinal e aumentando a atividade metabólica destas bactérias. Os prebióticos atuam ainda alterando o trânsito intestinal, reduzindo metabólitos tóxicos, prevenindo a diarreia e a obstipação (Wilson; Whelan, 2017).

Os produtos finais da fermentação de substâncias prebióticas (ácido lático e os ácidos graxos de cadeia curta, em especial o acético, propiônico e butírico) são responsáveis pela redução do pH no intestino grosso. Esta redução promove o aumento de bactérias benéficas, por serem resistentes em meio ácido, ao passo que as bactérias patogênicas, sensíveis a acidez, tem seu número diminuído. As bactérias benéficas produzem e secretam bacteriocinas, substâncias antibacterianas que exercem efeito sobre a microbiota patogênica (Melo, 2004; Davani-Davari *et al.*, 2019).

Em 1995 Glenn R. Gibson e Marcel Roberfroid introduziram o termo simbiótico, definido como a combinação de culturas probióticas com ingredientes prebióticos (Capriles; Silva; Fisberg, 2005). Os alimentos, que combinam sinergicamente probióticos e prebióticos, foram desenvolvidos para melhorar a sobrevivência dos microrganismos probióticos no trato gastrointestinal. Os probióticos ajudam a equilibrar a microbiota intestinal e formam uma barreira protetora no trato digestivo, enquanto os prebióticos fornecem energia e nutrientes essenciais para os microrganismos probióticos. A combinação desses dois componentes em um único produto pode ter um efeito superior, potencializando seus benefícios em comparação ao uso isolado de probióticos ou prebióticos. Essa abordagem é promissora para a modulação da microbiota intestinal e o bem-estar do hospedeiro (Markowiak; Śliżewska, 2018; Yoo *et al.*, 2024).

2.2. Produtos Probióticos não Lácteos

O uso de probióticos como suplementos, ingredientes e sua incorporação em produtos alimentícios está em expansão. A Figura 1 ilustra os diversos alimentos que podem conter probióticos. Embora os probióticos sejam frequentemente adicionados a produtos lácteos, como leites fermentados e iogurtes, a demanda crescente por alternativas tem impulsionado o interesse em matrizes vegetais. Há um aumento significativo no interesse por bebidas



funcionais de origem vegetal, impulsionado pelo crescimento dos mercados vegetariano e vegano, bem como pela busca de alternativas por pessoas com alergias a produtos lácteos, com os sucos de frutas se destacando nesse mercado (Lepaus *et al.*, 2023).

Figura 1 - Adição de probióticos em alimentos lácteos e não lácteos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Dessa maneira, os probióticos podem ser incorporados nos sucos de frutas, que contêm quantidades consideráveis de açúcares para promover o crescimento de probióticos. Além disso, é possível adicionar a esses sucos ingredientes como ácido ascórbico, criando um ambiente anaeróbico ideal para o desenvolvimento desses microrganismos benéficos (Costa *et al.*, 2013).

No entanto, é crucial considerar vários fatores que podem influenciar a sobrevivência dos probióticos em bebidas de frutas, como acidez, pH, temperatura, etapas de processamento, condições de armazenamento, concentração de oxigênio, componentes microbianos e as complexas interações entre as bactérias probióticas e os diversos componentes da matriz. Além disso, na produção industrial de alimentos probióticos não lácteos, é essencial enfrentar



desafios relacionados às características sensoriais, aceitação do produto e, principalmente, à manutenção da sobrevivência dos probióticos durante a vida de prateleira (Lillo-Pérez et al., 2021; Pimentel; Madron; Prudencio, 2015).

Neste contexto, a adição de probióticos em produtos alimentares de origem vegetal depende de diversos fatores, incluindo a compatibilidade do produto com a cepa probiótica e a manutenção da viabilidade e estabilidade dos probióticos durante o processamento, embalagem e armazenamento. Cada espécie bacteriana possui características específicas de metabolismo, taxa de crescimento, atividade proteolítica, tipo de substrato necessário para sobrevivência e resistência a diferentes condições de estresse durante o processamento. Isso torna essencial uma abordagem criteriosa na seleção da matriz vegetal (Vivek et al., 2022).

2.3. A soja

A soja no Brasil é um dos principais itens da produção agrícola, desempenhando um papel crucial na economia do país. Em 2022, o Brasil se destacou como o maior produtor de soja do mundo, consolidando sua liderança no mercado global. A produção brasileira de soja contribuiu significativamente para os 85% da produção global oriundos das Américas, evidenciando a importância do continente americano na produção desse grão. Essa posição de destaque é resultado de diversos fatores, incluindo a vasta extensão de terras cultiváveis, avanços tecnológicos na agricultura e investimentos em infraestrutura. A soja brasileira é exportada para diversos países, atendendo a uma demanda crescente por esse produto, que é utilizado principalmente na produção de óleo, ração animal e biocombustíveis (FAO Stat, 2024).

O consumo da soja (*Glycine max*) processada na forma de derivados despertou o interesse da população e, principalmente dos pesquisadores, por ser considerada uma fonte importante de nutrientes de baixo custo, mas também por sua associação a múltiplos efeitos que melhoram a saúde, mediados por seus componentes bioativos, como as isoflavonas que são substâncias envolvidas em atividades anti-carcinogênicas, na redução de perda de massa óssea e na diminuição do colesterol do sanguíneo (Barnes et al., 2006).

Apesar de todos os benefícios da soja, seu consumo ainda encontra rejeição. A aceitabilidade do extrato hidrossolúvel de soja pelo consumidor é



limitada por apresentar características sensoriais semelhantes às do feijão cru, devido a presença de compostos voláteis de baixa massa molecular que são produtos da ação das lipoxigenases, que por sua vez, podem ser inativadas por meio de tratamento térmico adequado. Além disso, o extrato apresenta um sabor característico de soja e um alto teor de oligossacarídeos como a rafinose e estaquiose, responsáveis pelos fatores de flatulência que limitam seu consumo (Vallath; Shanmugam; Rawson, 2022). Os produtos da soja vêm sendo avaliados como apresentado no Quadro1.



Quadro 1 - Estudos de bebidas à base de soja contendo probióticos.

Tipo de bebida	Composição	Probiótico	Referência
Leite de soja fermentado	Leite de soja	<i>Streptococcus thermophilus</i> P206 <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> KU210152	Bock et al., 2024
Leite fermentado de soja	Leite de soja Sacarose	<i>L. plantarum</i> P101	Zhang et al., 2023
Soro de Soja (Tofu)	Soro de soja Glicose Cisteína Extrato de levedura	<i>Bifidobacterium longum</i> BB536	Tindjau; Chua; Liu, 2023
Bebida comercial de soja UHT	Água, soja, frutose, fosfato tricálcico, aromatizante, sal, goma gelana e vitaminas (A e D)	<i>Lactocaseibacillus rhamnosus</i> GG	De La Bastida et al., 2023
logurte de soja	Isolado de proteína de soja em pó, pó de embrião de soja, sabor e aromatizante	<i>Streptococcus thermophilus</i> JYST-26, <i>Lactobacillus bulgaricus</i> JYLB-19 e <i>Lactobacillus acidophilus</i> 11073	Xu et al., 2022
Bebida de soja fermentada	Leite de soja, subproduto de maracujá em pó, frutooligossacarídeos, extrato de soja em pó, açúcar, dextrose monohidratada ST, Goma de carragenina	<i>Streptococcus thermophilus</i> TH-4 e <i>Lactobacillus rhamnosus</i> LGG	Albuquerque et al., 2019
Bebida fermentada aromatizada	Extrato hidrossolúveis de soja, extrato hidrossolúveis de arroz, goma guar, sacarose, amido de milho ceroso, sabor artificial de morango e xarope de morango.	<i>Lactobacillus acidophilus</i> e <i>Bifidobacterium</i> spp.	Costa et al., 2017
logurte de soja com okara	Leite de soja, açúcar, farinha de okara, inulina, leite em pó desnatado, lactose, óleo de soja, gelatina, Polpa de manga pasteurizada e congelada, aromatizante natural de manga	<i>Lactobacillus acidophilus</i> La-5 e <i>Bifidobacterium animalis</i> Bb-12	Bedani et al., 2014

Fonte: Elaborado pelo autor.



Os efeitos sinérgicos entre os probióticos e produtos de soja sugerem que essa combinação pode exercer efeitos funcionais (Woo *et al.*, 2009). A presença de fatores bifidogênicos no extrato de soja, como os oligossacarídeos rafinose e estaquiose, assim, como outros açúcares (sacarose, frutose, glicose, galactose), vitaminas do complexo B e fontes de nitrogênio das proteínas da soja, fazem do extrato hidrossolúvel de soja um meio complexo e ótimo substrato para crescimento dos probióticos (Chou; Hou, 2000).

Sun *et al.* (2024) conduziram um estudo sobre o impacto da concentração de polissacarídeo de casca de soja na formação de emulsões de alta fase interna, estabilizadas com proteína isolada de soja, para encapsular *Lactiplantibacillus plantarum*. Os resultados revelaram que o uso de proteínas de soja em conjunto com a técnica de microencapsulação aumentou significativamente a viabilidade dos probióticos no trato gastrointestinal. Esses achados sugerem que a soja e seus subprodutos podem ser utilizados para melhorar a incorporação de culturas probióticas em produtos alimentícios.

2.4. Cupuaçu

Em 2023, a produção global de frutas continuou a crescer, com China, Índia e Brasil permanecendo como os três maiores produtores. Juntos, esses países representaram 42,3% da produção total de frutas do mundo. Especificamente, no Brasil, a produção de laranja foi prevista em 16,5 milhões de toneladas para a campanha 2023-2024. Apesar de uma ligeira diminuição em relação ao ano anterior devido a desafios climáticos e doenças, as laranjas ainda desempenham um papel significativo no setor agrícola do Brasil, representando uma grande parte da sua produção de frutas. O país também é um grande produtor de outras frutas, como bananas, refletindo seu clima diversificado que favorece variedades tropicais e temperadas (FAO Stat, 2024).

Entre as culturas de clima tropical, tem-se o cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), que pertence à família *Sterculaceae*. É uma planta típica da floresta amazônica, encontrada no estado silvestre ou cultivada, disseminada por toda a região Norte (Costa *et al.*, 2003). Seu fruto destaca-se como um dos principais produzidos na região amazônica, pois apresenta intensa divulgação no território brasileiro e tem potencial para a industrialização de seus derivados (Carvalho; Pezoa García; Farfán, 2008).



O fruto é o maior do gênero *Theobroma* com característica de baga drupácea, elipsoidea ou oblonga, tendo as extremidades obtusas ou arredondadas, com comprimento entre 12 e 25 cm e diâmetro de 10 a 12 cm, pesando de 500 a 2500 g (Lannes, 2003). O endocarpo ou polpa de coloração amarela-clara é ácida e de sabor exótico, possui aroma intenso e agradável, pois é rico em compostos voláteis (Franco; Shibamoto, 2000). O fruto também contém vitamina C e minerais como o fósforo e potássio (Tabela 2).

Tabela 2. Caracterização físico-química em 100 g de polpa de cupuaçu.

Determinações	Araujo (2007)	Freire et al. (2009)	TACO (2011)
Umidade (%)	87,1	90,30	86,20
Proteínas (%)	1,71	0,75	1,2
Lípidios (%)	0,63	0,96	1,0
Cinzas totais (%)	0,82	0,72	1,2
Fibra alimentar (%)	ND	ND	3,1
Sólidos solúveis totais	13,6	9,09	ND
Acidez (% ácido cítrico)	2,7	1,61	ND
pH	3,58	3,45	ND
Ácido ascórbico (mg)	ND	2,65	24,5
Fósforo (mg)	ND	ND	331
Potássio (mg)	ND	ND	21

ND: não determinado

Devido ao seu sabor ácido, a polpa dos frutos não é normalmente consumida sozinha, mas é utilizada na fabricação de bebidas (“vinho do cupuaçu” e suco), sorvetes, licores, geleias, conservas e doces (Bastos et al., 2002; Yang et al., 2003).

Um estudo avaliou as condições de cultivo de *Lacticaseibacillus casei* em uma bebida de cupuaçu, submetendo o produto final a uma análise sensorial. Os resultados mostraram que a bebida de cupuaçu é um substrato eficaz para o crescimento e viabilidade do probiótico. Os açúcares naturais e ácidos orgânicos presentes na fruta proporcionam um ambiente propício para o desenvolvimento dos microrganismos. Além disso, a análise sensorial revelou que o produto obteve uma boa aceitação global, indicando seu potencial como uma opção



viável e agradável para consumidores que buscam alimentos probióticos (Pereira *et al.*, 2017).

Zagmignan *et al.* (2023) realizaram um estudo tendo com um dos objetivos de analisar o crescimento de *L. rhamnosus* ATCC 9595 em suco de cupuaçu. Os resultados demonstraram que essa cepa probiótica foi capaz de crescer sem a necessidade de adição de suplementos. Além disso, a viabilidade de *L. rhamnosus* foi mantida durante um período de 28 dias sob condições de refrigeração a 4°C. Este estudo destaca a capacidade do suco de cupuaçu de proporcionar o crescimento de probióticos de maneira eficiente, sugerindo seu potencial como uma matriz vegetal viável para produtos probióticos. Dessa forma, esses achados podem incentivar o desenvolvimento de novos produtos probióticos à base de frutas, ampliando as opções para consumidores que procuram benefícios à saúde através da alimentação

2.5. Epidemiologia e Etiologia do Câncer

O câncer é uma patologia que se caracteriza por um crescimento desordenado de uma população de células que escapam da regulação normal de crescimento, replicação e diferenciação e que possuem a capacidade de invadir tecidos circundantes ou distantes. Essencialmente, as neoplasias resultam da função celular anormal, sendo estas anormalidades decorrentes de alterações na estrutura nucleotídica do DNA (Wiseman, 2011).

O câncer colorretal (CCR) origina-se primariamente de pólipos colorretais, que são projeções ou elevações da superfície da mucosa colorretal. Dividem-se de acordo com a sua histologia em: neoplásicos, hamartomatosos, inflamatórios e hiperplásicos. Estas alterações no epitélio colônico conhecidas como lesões benignas, evoluem para lesões malignas, denominados adenocarcinomas (Bodger, 2000; Rossi *et al.*, 2004).

Em relação ao CCR, a estimativa para novos casos no Brasil, para o ano de 2023 a 2025, são de 21.970 em homens e 23.660 em mulheres. Estes valores correspondem a um risco estimado de 20,78 casos novos a cada 100 mil homens e 21,41 a cada 100 mil mulheres. A nível mundial, o CCR é o terceiro tipo de câncer mais frequente no Brasil (INCA, 2023).

De acordo com o Instituto Nacional do Câncer (INCA, 2023) os fatores protetores mais importantes no desenvolvimento do CCR são a atividade física



e o consumo de alimentos que contêm fibra dietética, ou seja, aqueles de origem vegetal, tais como: frutas, hortaliças (legumes e verduras) e cereais integrais. No entanto, são fatores de risco para esse tipo de câncer: consumo regular de álcool e tabaco, condições genéticas ou hereditárias, como doença inflamatória intestinal crônica e histórico pessoal ou familiar de adenoma ou câncer colorretal, e ocupacionais, como exposição a radiações, por exemplo, raios X e gama.

Por outro lado, estudos já mostraram que os alimentos contendo probióticos podem modular benéficamente a microbiota intestinal do hospedeiro, a figura 2 mostra algumas das propriedades que eles possuem (Noor *et al.*, 2023).

Figura 2 - Benefícios dos probióticos na saúde humana.

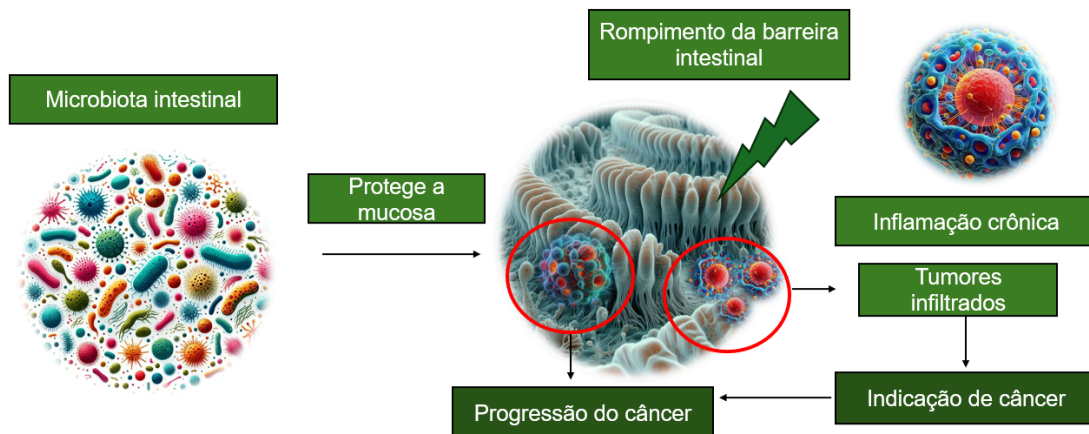


Fonte: Elaborado pelo autor.

A microbiota intestinal auxilia a produção de Ácidos Graxos de Cadeia Curta (AGCC). Reconhece-se que os AGCC exercem papel fundamental na fisiologia normal do colón, no qual constituem a principal fonte de energia para os enterocitos e colonocitos, estimulam a multiplicação celular do epitélio, o fluxo sanguíneo visceral e intensificam a absorção de sódio e água, auxiliando na redução da carga osmótica de carboidrato acumulado. O ácido butírico é o substrato preferido dos colonocitos e é produzido pela ação da fermentação das bactérias intestinais sobre a fibra dietética, particularmente os prebióticos (Almeida *et al.*, 2009). A Figura 3 ilustra a relação entre a microbiota intestinal e a progressão do câncer colorretal.



Figura 3 - Ligação entre a microbiota intestinal e a progressão do câncer colorretal.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Segundo Coppini *et al.* (2001), a carência de fibras aumenta o tempo de trânsito intestinal, elevando a concentração do conteúdo luminal e permitindo maior contato de agentes nocivos e carcinógenos eventualmente presentes na luz com a mucosa colônica. Diante de sua gravidade, salienta-se a importância de se reconhecer medidas dietéticas que possam ter influência na diminuição do risco de desenvolvimento do CCR, assim como interferências terapêuticas em seu tratamento. Dentre estas medidas dietéticas, destacam-se a utilização de alimentos prebióticos e probióticos (Machado *et al.*, 2014).

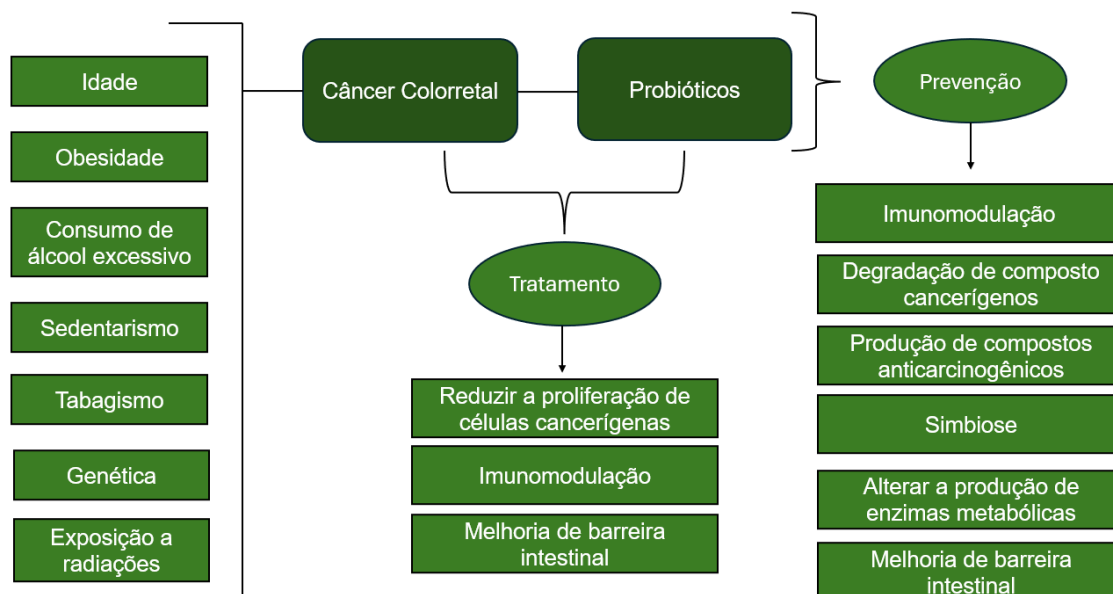
2.5 Probióticos x Câncer Colorretal

Os probióticos utilizam diversos mecanismos, como o reforço da barreira intestinal, prevenção da translocação bacteriana e manutenção da homeostase da microbiota intestinal, para auxiliar no tratamento do câncer. A Figura 4 mostra a etiologia do câncer colorretal e as funções dos probióticos na prevenção e tratamento contra o câncer.

Os mecanismos precisos pelos quais os probióticos inibem o câncer de colón podem envolver múltiplas vias, incluindo o ciclo celular, espécies reativas de oxigênio, apoptose, produção de enzimas bacterianas específicas e efeitos sobre o metabolismo do indivíduo (Zhu *et al.*, 2011).



Figura 4 - Diagrama representando a etiologia, opções de tratamento e papel dos probióticos na prevenção do câncer colorretal.



Fontes: Elaborado pelo autor

Dentre as influências dos probióticos relacionadas ao ciclo celular, destaca-se a sua relação com a biossíntese das poliaminas, cátions orgânicos com múltiplas funções relacionadas com a multiplicação e diferenciação celular. As poliaminas desempenham importante papel em praticamente todas as etapas da tumorigenese colorretal. Portanto, para que a funcionalidade da célula esteja preservada, torna-se necessário que a quantidade de poliamina intracelular seja estritamente controlada. A administração de probióticos revelasse como importante meio de controle da síntese de poliaminas (Zhu *et al.*, 2011).

Sugimura *et al.* (2022) demonstraram que a cepa *Lactobacillus gallinarum* aumentou a abundância de probióticos intestinais e reduziu a presença de patógenos potenciais no intestino de camundongos. Esta cepa é uma das espécies probióticas mais reduzidas nas fezes de pacientes com câncer colorretal (CCR). Além disso, o sobrenadante dessa cepa suprimiu a proliferação celular e induziu apoptose em linhas celulares de câncer colorretal e em organoides derivados de pacientes com CCR. Esses achados indicam que *Lactobacillus gallinarum* tem um potencial profilático significativo para a prevenção do câncer colorretal em humanos.



Um estudo revelou que *Limosilactobacillus fermentum* e *Lactiplantibacillus plantarum*, isolados do leite de mula, quando combinados com o quimioterápico 5-fluorouracil, mostraram uma eficácia significativa no tratamento do câncer colorretal. Essa combinação reduziu notavelmente a viabilidade das células HT-29, uma linhagem celular de câncer de cólon humano, e aumentou a taxa de apoptose, promovendo a morte programada dessas células cancerígenas. Esses resultados indicam que a utilização de probióticos em conjunto com tratamentos convencionais pode potencializar os efeitos terapêuticos contra o CCR (Salek et al., 2024).

Jacouton et al. (2017) demonstraram que *Lactobacillus casei* BL23 pode ser efetivamente utilizado para a prevenção do câncer colorretal (CCR). Em seu estudo, camundongos com CCR induzido por Dextrano Sulfato de Sódio (DSS) e Azoximetano (AOM) foram tratados com administração oral de *L. casei* BL23. Os resultados mostraram uma redução significativa na proliferação celular dentro dos tumores. Essa redução foi acompanhada pela regulação positiva dos genes Bik, caspase 7, caspase 9 e da citocina IL-22, todos eles críticos para o processo de apoptose.

Outro estudo determinou que camundongos com (CRC) transplantado ortotopicamente, a suplementação com *Lactiplantibacillus plantarum* LAB12 microencapsulado resultou em uma redução significativa no volume tumoral (-98,87%) e no peso tumoral (-89,27%) comparado ao grupo controle. Esses resultados sugerem que a incorporação de microcápsulas carregadas com *L. plantarum* LAB12 em alimentos e produtos nutracêuticos pode ser uma estratégia segura e eficaz para a prevenção do câncer colorretal (Fareez; Lim; Ramasamy, 2024).

Além disso, outros estudos demonstraram claramente a capacidade de probióticos em modificar as atividades enzimáticas bacterianas associadas ao aumento do risco de desenvolvimento de CCR (Masheghati et al., 2024), indicando que a administração de probióticos é eficaz para a saúde intestinal, preservando e estimulando bactérias benéficas, permitindo que o intestino permaneça saudável e diminuindo o risco de desenvolvimento de CCR.



3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de alimentos funcionais que combinam os benefícios nutricionais e terapêuticos do cupuaçu e da proteína de soja representa uma fronteira promissora na ciência dos alimentos e na medicina preventiva. Essa combinação oferece uma matriz rica em compostos bioativos, fibras e proteínas de alta qualidade, além de servir como veículo eficiente para a incorporação de microrganismos probióticos.

Os estudos revisados e as pesquisas apresentadas ao longo deste capítulo demonstram que o cupuaçu, com suas propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, juntamente com a proteína de soja, conhecida por seus efeitos benéficos no metabolismo lipídico e na saúde cardiovascular, podem sinergicamente criar um ambiente favorável para a proliferação de probióticos no trato gastrointestinal. Esta interação potencializa os efeitos benéficos dos probióticos na modulação da microbiota intestinal e na melhora da resposta imune desempenhando um papel crucial na prevenção e tratamento do câncer colorretal.

Portanto, a incorporação de microrganismos probióticos em matrizes alimentares à base de cupuaçu e proteína de soja não apenas amplia as possibilidades de produtos alimentícios funcionais inovadores, mas também oferece uma abordagem integrativa para a promoção da saúde e a prevenção de doenças. Futuras pesquisas devem focar na otimização das formulações, na avaliação de longo prazo dos benefícios clínicos e na compreensão dos mecanismos moleculares subjacentes a estas interações.

Em conclusão, a combinação de cupuaçu, proteína de soja e probióticos representa uma estratégia eficiente e promissora no combate ao câncer colorretal, oferecendo não apenas uma nova dimensão para os alimentos funcionais, mas também uma possibilidade para intervenções dietéticas eficazes na prevenção e tratamento desta doença.



4.REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M. A. C.; YAMACITA, D. S.; BEDANIA, R.; LEBLANC, J. G.; SAAD, S. M. I. Influence of passion fruit by-product and fructooligosaccharides on the viability of *Streptococcus thermophilus* TH-4 and *Lactobacillus rhamnosus* LGG in folate bio-enriched fermented soy products and their effect on probiotic survival and folate bio-accessibility under in vitro simulated gastrointestinal conditions. **International journal of food microbiology**, v. 292, p. 126-136, 2019.
- ALMEIDA, L. B.; MARINHO, C. B.; SOUZA, C. S.; CHEIBET, V. B. P. Disbiose Intestinal. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v. 24, n. 1, p. 58 - 65, 2009.
- ANTUNES, A. E. C.; LISERRE, A. M.; COELHO, A. L. A.; MENEZES, C. R.; MORENO, I.; OTSUYANAGI, K.; AZAMBUJA, N. C. Acerola nectar with added microencapsulated probiotic. **LWT - Food Science and Technology**, v. 54, p. 125-131, 2013.
- ARAUJO, L. M. **Produção de alimentos funcionais formulados com xilitol a partir de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*)**. 2007. Tese (Doutorado em Biotecnologia). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2007.
- BAKR, H. A.; HASSAN, M. S.; GIADINIS, N. D.; PANOUSIS, N.; OSTOJIC-ANDRIC, D.; ABD, E. T. M.; BOJKOVSKI, J. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on health and performance of dairy cows during transition and early lactation period. **Biotechnology in Animal Husbandry**, v. 31, n. 3, p. 349-364, 2015.
- BAUTISTA-GALLEGO, J.; FERROCINO, I.; BOTTA, C.; ERCOLINI, D.; COCOLIN, L.; RANTSIOU, K. Probiotic potential of a *Lactobacillus rhamnosus* cheese isolate and its effect on the fecal microbiota of healthy volunteers. **Food Research International**, v. 119, p. 305-314, 2019.
- BARNES, S.; PRASAIN, J.; D'ALESSANDRO, T.; WANG, C. C.; ZHANG, H. G.; KIM, H. Soy Isoflavones. **Nutritional Oncology**, p. 559-571, 2006.
- BASTOS, M. S. R.; GURGEL, T. E. P.; SOUSA, M. S. M. F.; LIMA, I. F. B.; SOUZA, A. C. R.; SILVA, J. B. Efeito da aplicação de enzimas pectinolíticas no rendimento da extração de polpa de cupuaçu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 240-242, 2002.
- BEDANI, R.; VIEIRA, A. D. S.; ROSSI, E. A.; SAAD, S. M. I. Tropical fruit pulps decreased probiotic survival to *in vitro* gastrointestinal stress in synbiotic soy yoghurt with okara during storage. **LWT-Food Science and Technology**, v. 55, n. 2, p. 436-443, 2014.
- BIMBO, F.; BONANNO, A.; NOCELLA, G.; VISCECCHIA, R.; NARDONE, G.; DE DEVITIIS, B.; CARLUCCI, D. consumers' acceptance and preferences for nutrition-modified and functional dairy products: A systematic review. **Appetite**, v. 113, p. 141-154, 2017.
- BIRD, R. P. Observation and quantification of aberrant crypts in the murine colon treated with a colon carcinogen: preliminary findings. **Cancer Letters**, v. 37, p. 147-151, 1987.



BIRD, R. P. Role of aberrant crypt foci in understanding the pathogenesis of colon cancer. **Cancer Letters**, v. 51, p. 55-71, 1995.

BOCK, H.; LEE, H.; LEE, N.; PAIK, H. Probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* KU210152 and its fermented soy milk attenuates oxidative stress in neuroblastoma cells. **Food Research International**, v. 177, p. 113868, 2024.

BODGER, K. Colorectal cancer. **Journal of the Royal College of Physicians**, London, v. 34, p. 197-201, 2000.

BOGUE, J.; COLLINS, O.; TROY, A. J. Market Analysis and Concept Development of Functional Foods. In: BAGCHI, D.; NAIR, S. (Eds.). **Developing New Functional Food and Nutraceutical Products**. Academic Press: San Diego, 2017. p 29-45.

BRASIL - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 18 de 03 de dezembro de 1999. Aprova o regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas para a análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno.htm>. Acesso em: 15 de maio de 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Alimentos com Alegações de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos. IX Lista de alegações de propriedade funcional aprovadas, 2008. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lista_alega.htm. Acesso em: 15 de maio de 2024.

CAMPOS, P. A.; MARTINS, E. M. F.; MARTINS, M. L.; DE OLIVEIRA MARTINS, A. D.; DE CASTRO LEITE JÚNIOR, B. R.; DA SILVA, R. R.; TREVIZANO, L. M. *In vitro* resistance of *Lactobacillus plantarum* LP299v or *Lactobacillus rhamnosus* GG carried by vegetable appetizer. **LWT - Food Science and Technology**, v. 116, p. 108512, 2019.

CAPRILES, V. D.; SILVA, K. E. A.; FISBERG, M. Prebióticos, probióticos e simbióticos: nova tendência no mercado de alimentos funcionais. **Nutrição Brasil**, v. 4, n. 6, p. 327-335, 2005.

CARVALHO, A. V.; PEZOA GARCÍA, N. H.; FARFÁN, J. A. Proteínas da semente de cupuaçu e alterações devidas à fermentação e à torração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 986-993, 2008.

CHOU, C.; HOU, J. Growth of bifidobacteria in soymilk and their survival in the fermented soymilk drink during storage. **International Journal of Food Microbiology**, v. 56, p. 113-121, 2000.

COHEN, K. O.; JACKIX, M. N. H. Estudo do líquido de cupuaçu. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 182 - 190, 2005.

COPPINI, L. Z.; CAMPOS, F. G.; WAITZBERG, D. L.; HABR GAMA, A. Fibras alimentares e ácidos graxos de cadeia curta. In: **Nutrição oral, enteral e parenteral na prática clínica**, v. 01, São Paulo: Atheneu, 2001.



COSTA, M. C. Conservação de polpa de cupuaçu *Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex Spreng.) Schum por métodos combinados. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 2, p. 213-215, 2003.

COSTA, M. G. M.; FONTELES, T. V.; JESUS, A. L. T.; RODRIGUES, S. Sonicated pineapple juice as substrate for *L. casei* cultivation for probiotic beverage development: process optimisation and product stability. **Food Chemistry**, v. 139, n. 1-4, p. 261-266, 2013.

COSTA, K. K. F. D.; SOARES JÚNIOR, M. S.; ROSA, S. I. R.; CALIARI, M.; PIMENTEL, T. C. Changes of probiotic fermented drink obtained from soy and rice byproducts during cold storage. **LWT-Food Science and Technology**, v. 78, p. 23-30, 2017.

DAVANI-DAVARI, D.; NEGAHDARIPOUR, M.; KARIMZADEH, I.; SEIFAN, M.; MOHKAM, M.; MASOUMI, S. J.; BERENJIAN, A.; GHASEMI, Y. Prebiotics: definition, types, sources, mechanisms, and clinical applications. **Foods**, v. 8, n. 3, p. 92, 2019.

DAVIDSON, P.; CARVALHO, G. Ecologia e disbiose intestinal. In: PASCHOAL V.; NAVES, A.; FONSECA, A. B. B. L. (Eds). **Nutrição Clínica Funcional: dos princípios à prática clínica**. São Paulo: Valéria Paschoal, 2007.

DE LA BASTIDA, A. R.; PEIROTEN, A.; LANGA, S.; RODRÍGUEZ-MÍNGUEZ, E.; CURIEL, J. A.; ARQUES, J. L.; LANDETE, J. M. Fermented soy beverages as vehicle of probiotic lactobacilli strains and source of bioactive isoflavones: A potential double functional effect. **Heliyon**, v. 9, n. 4, p. e14991, 2023.

DE OLIVEIRA, P. M.; LEITE JÚNIOR, B. R. C.; MARTINS, E. M. F.; MARTINS, M. L.; VIEIRA, E. N. R.; DE BARROS, F. A. R.; CRISTIANINI, M.; COSTA, N. A.; RAMOS, A. M. Mango and carrot mixed juice: a new matrix for the vehicle of probiotic lactobacilli. **Journal of Food Science and Technology-Mysore**, v. 58, p. 98-109, 2020.

DING, W. K.; SHAH, N. P. Survival of free and microencapsulated probiotic bacteria in orange and apple juices. **International Food Research Journal**, v. 15, p. 219-232, 2008.

DOMÍNGUEZ DÍAZ, L.; FERNÁNDEZ-RUIZ, V.; CÁMARA, M. An international regulatory review of food health-related claims in functional food products labeling. **Journal of Functional Foods**, v. 68, p. 103896, 2020.

FAO Stat. Crops and livestock products. 2024. Disponível em:
<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Acesso em: 5 de junho de 2024.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, WORLD HEALTH ORGANIZATION. FAO/WHO. **Health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria**. Córdoba. 34 p. 2001. Disponível em:
ftp://ftp.fao.org/es/esn/food/probio_report_en.pdf. Acesso em: janeiro de 2012.

FARAG, M. A.; ABDELWARETH, A.; SALLAM, I. E.; EL SHORBAGI, M.; JEHLICH, N.; FRITZ-WALLACE, K.; SERENA SCHÄPE, S.; ROLLE-KAMPCZYK, U.; EHRLICH, A.; WESSJOHANN, L. A.; VON BERGEN, M. Metabolomics reveals impact of seven functional foods on metabolic pathways in a gut microbiota model. **Journal of Advanced Research**, v. 23, p. 47-59, 2020.



- FAREEZ, I. M.; LIM, S. M.; RAMASAMY, K. Chemoprevention by microencapsulated *Lactiplantibacillus plantarum* LAB12 against orthotopic colorectal cancer mice is associated with apoptosis and anti-angiogenesis. **Probiotics and Antimicrobial Proteins**, v. 16, n. 1, p. 99-112, 2024.
- FERREIRA, C. L. L. F.; SILVA, A. C. Probióticos e prebióticos na saúde da Criança. In: COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. (Eds.). **Alimentos Funcionais – Componentes bioativos e efeitos fisiológicos**. Rio de Janeiro: Rubio, 2010, Cap. 6, p. 97-110.
- FRANCO, M. R. B.; SHIBAMOTO, T. Volatile compositions of some brazilian fruits: Umbu-caja (*Spondias citherea*), Camu-camu (*Myrciria dúbia*), Araça-boi (*Eugenia stipitsts*), and Cupuaçu (*Theobroma gradiflorum*). **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 48, p. 1263–1265, 2000.
- FREIRE, M. T. A.; PETRUS, R. R.; FREIRE, C. M. A.; OLIVEIRA, C. A. F.; FELIPE, A. M. P. F.; GATTI, J. B. Caracterizacao físico-química, microbiológica e sensorial de polpa de cupuacu congelada (*Theobroma grandiflorum* Schum). **Brazilian Journal Food Technology**, v. 2, n. 1, p. 9-16, 2009.
- FULLER, R. Probiotics in man and animals. **Journal of Applied bacteriology**, v. 66, p. 365 - 378, 1989.
- GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. **The Journal of nutrition**, v. 125, n. 6, p. 1401-1412, 1995.
- GUO, J.; LI, L.; CAI, Y.; KANG, Y. The development of probiotics and prebiotics therapy to ulcerative colitis: a therapy that has gained considerable momentum. **Cell Communication and Signaling**, v. 22, n. 1, p. 268, 2024.
- GRAND VIEW RESEARCH, 2019. Functional Foods Market Size, Growth & Trends | Industry Report, 2025. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/functional-food-market> Acesso em 14 de abril 2020.
- HALAT, D. H.; SOLTANI, A.; DALLI, R.; ALSARRAJ, L.; MALKI, A. Understanding and fostering mental health and well-being among university faculty: A narrative review. **Journal of clinical medicine**, v. 12, n. 13, 2023.
- HILL, C.; GUARNER, F.; REID, G.; GIBSON, G. R.; MERENSTEIN, D. J.; POT, B.; MORELLI, L.; CANANI, R. B.; FLINT, H. J.; SALMINEN, S.; CALDER, P. C.; SANDERS, M. E. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, v.11, p. 506–514, 2014.
- HOMAYOUNI, A.; MOKARRAM, R. R.; NOROUZI, S.; DEHNAD, A.; BARKHORDARI, A.; HOMAYOUNI, H.; POURJAFAR, H. Soy ice cream as a carrier for efficient delivering of *Lactobacillus casei*. **Nutrition & Food Science**, v. 51, n. 1, p. 61-70, 2021.



INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA. **Estimativa Câncer de Colon e Reto**. Rio de Janeiro: INCA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/numeros/estimativa/sintese-de-resultados-e-comentarios>. Acesso em: 06 junho. 2024.

JACOUTON, E.; CHAIN, F.; SOKOL, H.; LANGELLA, P.; BERMÚDEZ-HUMARÁN, L. G. Probiotic strain *Lactobacillus casei* BL23 prevents colitis-associated colorectal cancer. **Frontiers in immunology**, v. 8, p. 287098, 2017.

KOMATSU, T. R.; BURITI, F. C. A.; SAAD, S. M. I. Inovação, persistência e criatividade superando barreiras no desenvolvimento de alimentos probióticos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n. 3, p. 329-347, 2008.

KONAR, N.; PALABIYIK, I.; TOKER, O. S.; POLAT, D. G.; KELLECI, E.; PIROUZIAN, H. R.; AKCICEK, A.; SAGDIC, O. Conventional and sugar-free probiotic white chocolate: effect of inulin dp on various quality properties and viability of probiotics. **Journal of Functional Foods**, v.43, p. 206–213, 2018.

LANNES, S.C. da S.; MEDEIROS, M.L. Processamento de achocolatado de cupuaçu por spray-dryer. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 39, p. 115-123, 2003.

LEPAUS, B. M.; VALIATI, B. S.; MACHADO, B. G.; DOMINGOS, M. M.; SILVA, M. N.; FARIA-SILVA, L.; BERNARDES, P. C.; OLIVEIRA, D. S.; DE SÃO JOSÉ, J. F. B. Impact of ultrasound processing on the nutritional components of fruit and vegetable juices. **Trends in Food Science & Technology**, v. 138, p. 752-765, 2023.

LILLO-PÉREZ, S.; GUERRA-VALLE, M.; ORELLANA-PALMA, P.; PETZOLD, G. Probiotics in fruit and vegetable matrices: Opportunities for nondairy consumers. **LWT-Food Science and Technology**, v. 151, p. 112106, 2021.

LILLY, D. M.; STILLWELL, R. H. Probiotics: growth-promoting factors produced by microorganisms. **Science**, v.147, n.3659, p. 747-748, 1965.

LOPES, R. DE C. S. O.; DE LIMA, S. L. S.; DA SILVA, B. P.; TOLEDO, R. C. L.; MOREIRA, M. E. DE C.; ANUNCIAÇÃO, P. C.; WALTER, E. H. M.; CARVALHO, C. W. P.; QUEIROZ, V. A. V.; RIBEIRO, A. Q.; MARTINO, H. S. D. Evaluation of the health benefits of consumption of extruded tannin sorghum with unfermented probiotic milk in individuals with chronic kidney disease. **Food Research International**, v. 107, p. 629–638, 2018.

MACHADO, F. F.; LAZZARETTI, R. K.; POZIOMYCK, A. K. Uso de prebióticos, probióticos e simbióticos nos pré e pós-operatórios do câncer colorretal: uma revisão. **Revista Brasileira de Cancerologia**, v. 60, n. 4, p. 363-370, 2014.

MARKOWIAK, P.; ŚLIŻEWSKA, K. The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. **Gut pathogens**, v. 10, p. 1-20, 2018.

MARTINS, E. M. F.; RAMOS, A. M.; VANZELA, E. S. L.; STRINGHETA, P. C.; PINTO, C. L. O.; MARTINS, J. M. Products of vegetable origin: A new alternative for the consumption of probiotic bacteria. **Food Research International**, v. 51, p. 764–770, 2013.



MASHEGHATI, F.; ASGHARZADEH, M. R.; JAFARI, A.; MASOUDI, N.; MALEKI-KAKELAR, H. The role of gut microbiota and probiotics in preventing, treating, and boosting the immune system in colorectal cancer. **Life Sciences**, v.344, p. 122529, 2024.

MELO, E. A. Efeitos benéficos dos alimentos probióticos e prebióticos. **Revista de Nutrição Brasileira**, v.3, n.3, p. 174-179, 2004.

NAZZARO, F.; FRATIANNI, F.; COPPOLA, R.; SADA, A.; ORLANDO, P. Fermentative ability of alginate-prebiotic encapsulated *Lactobacillus acidophilus* and survival under simulated gastrointestinal conditions. **Journal of Functional Foods**, v. 1, p. 319-323, 2009.

NEWELL, L. E.; HEDDLE, J. A. The potent colon carcinogen 1,2- dimethylhydrazine induces mutations primarily in the colon. **Mutation Research**, v. 14, n. 564, p. 1-7, 2004.

NOOR, S.; ALI, S.; RIAZ, S.; SARDAR, I.; FAROOQ, M. A.; SAJJAD, A. Chemopreventive role of probiotics against cancer: a comprehensive mechanistic review. **Molecular Biology Reports**, v. 50, n. 1, p. 799-814, 2023.

PECH-CANUL, A. DE LA C.; ORTEGA, D.; GARCÍA-TRIANA, A.; GONZÁLEZ-SILVA, N.; SOLIS-OVIEDO, R. L. A brief review of edible coating materials for the microencapsulation of probiotics. **Coatings**, v. 10, p.197, 2020.

PEREIRA, A. L. F.; FEITOSA, W. S. C.; ABREU, V. K. G.; LEMOS, T. O.; GOMES, W. F.; NARAIN, N.; RODRIGUES, S. Impact of fermentation conditions on the quality and sensory properties of a probiotic cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) beverage. **Food Research International**, v. 100, p. 603-611, 2017.

PIMENTEL, T. C.; MADRONA, G. S.; PRUDENCIO, S. L. Probiotic clarified apple juice with oligofructose or sucralose as sugar substitutes: Sensory profile and acceptability. **LWT-Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 838-846, 2015.

PUUPPONEN-PIMIÄ, R.; AURA, A.M.; OKSMANCALENTY, K.M.; MYLLÄRINEN, P.; SAARELA, M.; MATTILA-SANHOLM, T.; POUTANEN, K. Development of functional ingredients for gut health. **Trends in Food Science Technology**, Amsterdam, v.13, p. 3-11, 2002.

ROLIM, F. R. L.; FREITAS NETO, O. C.; OLIVEIRA, M. E. G.; OLIVEIRA, C. J. B.; QUEIROGA, R. C. R. E. Cheeses as food matrixes for probiotics: in vitro and in vivo tests. **Trends in Food Science & Technology**, v.100, p. 138–154, 2020.

ROSSI, E. A.; ROSIER, I.; DAMASSO, A. R.; CARLOS, I. Z.; VENDRAMINI, R. C.; ABDALA, D. S. P.; TALARICO, V. H.; MINTO, D. F. Determinação de Isoflavonas nas diversas etapas do processamento do “iogurte” de Soja. **Alimentos e Nutrição**, v. 15, n. 2, p. 93-99, 2004.

SALEK, S.; MOAZAMIAN, E.; BARDBORI, A. M.; SHAMSDIN, S. A. The anticancer effect of potential probiotic *L. fermentum* and *L. plantarum* in combination with 5-fluorouracil on colorectal cancer cells. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 40, n. 5, p. 1-13, 2024.



- SINGH, S. P.; JADAUN, J. S.; NARNOLIYA, L. K.; PANDEY, A. Prebiotic oligosaccharides: special focus on fructooligosaccharides, its biosynthesis and bioactivity. **Applied biochemistry and biotechnology**, v. 183, n. 2, p. 613-635, 2017.
- SUGIMURA, N.; LI, Q.; CHU, E. S. H.; LAU, H. C. H.; FONG, W.; LIU, W.; LIANG, C.; NAKATSU, G.; SU, A. C. Y.; COKER, O. O.; WU, W. K. K.; CHAN, F. K. L. JUN YU. *Lactobacillus gallinarum* modulates the gut microbiota and produces anti-cancer metabolites to protect against colorectal tumourigenesis. **Gut**, v. 71, n. 10, p. 2011-2021, 2022.
- SUN, C.; WANG, S.; HUANG, X.; ZHANG, G.; ZHOU, D.; WANG, P.; LIU, H. Enhancing probiotic viability: Impact of soy hull polysaccharide concentration on stabilized high-internal-phase emulsions encapsulated with *Lactobacillus plantarum* and their release during gastrointestinal digestive. **Food Hydrocolloids**, p. 109959, 2024.
- TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. NEPA-UNICAMP. 4. ed. Revisada e ampliada. Campinas, 2011.161 p.
- TERPOU, A.; PAPADAKI, A.; BOSNEA, L.; KANELAKI, M.; KOPSAHELIS, N. Novel frozen yogurt production fortified with sea buckthorn berries and probiotics. **LWT - Food Science and Technology**, v.105, p. 242-249, 2019.
- TINDJAU, R.; CHUA, J.; LIU, S. Growth and metabolic behavior of probiotic *Bifidobacterium longum* subsp. longum in minimally supplemented soy (tofu) whey. **Future Foods**, v. 8, p. 100272, 2023.
- TURKMEN, N.; AKAL, C.; ÖZER, B. Probiotic dairy-based beverages: A review. **Journal of Functional Foods**, v. 53, p. 62-75, 2019.
- USAGA, J.; BARAHONA, D.; ARROYO, L.; ESQUIVEL, P. Probiotics survival and betalains stability in purple pitaya (*Hylocereus* sp.) juice. **NFS Journal**, v. 27, p. 47-53, 2022.
- VALLATH, A.; SHANMUGAM, A.; RAWSON, A. Prospects of future pulse milk variants from other healthier pulses-As an alternative to soy milk. **Trends in Food Science & Technology**, v. 124, p. 51-62, 2022.
- VIVEK, K.; MISHRA, S.; PRADHAN, R. C.; NAGARAJAN, M.; KUMAR, P. K.; SINGHD, S. S.; MANVI, D.; GOWDAF, N. A. N. A comprehensive review on microencapsulation of probiotics: Technology, carriers and current trends. **Applied Food Research**, v.3, p. 100248, 2022.
- WILSON, B.; WHELAN, K. Prebiotic inulin-type fructans and galacto-oligosaccharides: definition, specificity, function, and application in gastrointestinal disorders. **Journal of gastroenterology and hepatology**, v. 32, p. 64-68, 2017.
- WISEMAN, M. Nutrição e câncer. In: MANN, J.; TRUSWELL, A. S. (Eds). **Nutrição Humana**. v. 2. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.
- WOO, Y. P.; FUNG, W. Y.; EASA, A. M.; LIONG, M. T. Probiotic-fermented soy foods: benefits and enhanced bioactivities. **Acta Alimentaria**, v. 38, n. 3, p. 381-391, 2009.



XU, X.; CUI, H.; XU, J.; YUAN, Z.; LIU, X.; FAN, X.; LI, J.; ZHU, D.; LIU, H. Effects of different probiotic fermentations on the quality, soy isoflavone and equol content of soy protein yogurt made from soy whey and soy embryo powder. **LWT-Food Science and Technology**, v. 157, p. 113096, 2022.

YANG, H.; PROTIVA, P.; CUI, B.; MA, C.; BAGGETT, S.; HEQUET, V. New bioactive polyphenols from *Theobroma grandiflorum* (Cupuaçu). **Journal of Natural Products**, v. 66, n. 11, p. 1501-1504, 2003.

YOO, S.; JUNG, S.; KWAK, K.; KIM, J. The Role of Prebiotics in Modulating Gut Microbiota: Implications for Human Health. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 25, n. 9, p. 4834, 2024.

ZAGMIGNAN, A.; MENDES, Y. C.; MESQUITA, G. P.; SANTOS, G. D. C.; SILVA, L. S.; SALES, A. C. S.; BRANCO, S. J. S. C.; JUNIOR, A. R. C. J.; BAZÁN, J. M. N.; ALVES, E. R.; ALMEIDA, B. L.; SANTOS, A. K. M.; FIRMO, W. C. A.; SILVA, M. R. C.; FILHO, A. J. C.; MIRANDA, R. C. M.; SILVA, L. C. N. Short-term intake of *Theobroma grandiflorum* juice fermented with *Lactocaseibacillus rhamnosus* ATCC 9595 amended the outcome of endotoxemia induced by Lipopolysaccharide. **Nutrients**, v. 15, n. 4, p. 1059, 2023.

ZHANG, J.; XIONG, T.; WANG, X.; XU, H. Probiotics screening, physicochemical properties, antioxidant activity and volatile composition. **Food Bioscience**, v. 56, p. 103421, 2023.

ZHU, Y.; MICHELLE LUO, T.; JOBIN, C.; YOUNG, H.A. Gut microbiota and probiotics in colon tumorigenesis. **Cancer Letters**, v. 309, n. 2, p. 19 - 127, 2011.



Capítulo 7

USO DE FARINHA DO RESÍDUO DO PROCESSAMENTO DE ACEROLA NA ELABORAÇÃO DE BARRAS DE FRUTAS

Rosimarlani de Oliveira Gonçalves
Gabriel Henrique Horta de Oliveira
Eliane Mauricio Furtado Martins
Ana Carolina Moura de Sena Aquino
Vanessa Riani Olmi Silva
Bruno Ricardo de Castro Leite Júnior
Nataly de Almeida Costa

1. INTRODUÇÃO

As frutas são fonte importante de nutrientes por possuírem compostos bioativos, como os compostos fenólicos, vitaminas, carotenoides e minerais, além de fontes de fibras alimentares solúveis e insolúveis, que desempenham um papel importante na alimentação (Schiassi *et al.*, 2018). Projeções da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2017) indicam que o consumo *per capita* de frutas a nível mundial e no Brasil deve continuar crescendo a taxas superiores aos da economia mundial e doméstica.

A Organização das Nações Unidas (FAO, 2017) estima que, cerca de um terço de todos os alimentos produzidos no mundo, para nutrição humana, são perdidos ou desperdiçados, o que corresponde a um cálculo aproximado a 1,6 bilhão de toneladas por ano. Frutas, vegetais, raízes e tubérculos representam entre 40 e 50% da quantidade total de alimentos desperdiçados (Ravindran *et al.*, 2018). Nesse cenário, a valorização desses resíduos surge como estratégia fundamental para uma produção sustentável, uma vez que esses resíduos podem ser utilizados como matéria-prima para a obtenção de produtos de alto valor agregado (NG *et al.*, 2020).

Os resíduos agroindustriais já foram vistos como um grande problema para a cadeia produtiva de alimentos, devido aos seus custos de remoção, além do impacto ambiental gerado pelo seu descarte (Cakar *et al.*, 2019; Read *et al.*, 2019; Cattaneo *et al.*, 2020). Diante do exposto, coube investigar: de que forma



transformar o resíduo processado de farinha de acerola em alimento saudável e sustentável?

Dentre os resíduos, destacam-se aqueles provenientes do processamento de polpa de frutas, como a acerola, para a produção de sucos, xaropes, geleias, dentre outros. E devido ao fato de que os resíduos da produção de acerola podem variar de 15 a 41%, a depender do tipo de processamento empregado, é necessário pensar em alternativas visando à sua utilização. Esse resíduo pode ser processado em farinha, fornecendo diversos nutrientes comumente apresentados em maior quantidade do que em outras partes da fruta. Além da farinha, outra opção seria aproveitá-la no desenvolvimento de novos produtos, como por exemplo, barras de frutas.

As barras de frutas são produtos versáteis, elaboradas a partir de uma variedade de ingredientes, cuja seleção depende do público-alvo. Devido ao seu alto teor de proteínas, calorias, cor atrativa e sabor agradável, as barras de frutas são interessantes para os consumidores, como uma boa alternativa aos lanches convencionais (Masooma *et al.*, 2016).

Ao utilizar a farinha do resíduo do processamento da acerola, destaca-se a importância do desenvolvimento de projetos de pesquisa que ressaltem o desenvolvimento e aplicação de tecnologias e processos que busquem o uso sustentável dos recursos do meio ambiente. Na indústria de alimentos, o conceito de recuperação de recursos tem sido explorado, tanto em termos de separar o material valioso dos resíduos agroindustriais para a criação de um ingrediente alimentar, quanto no uso desses resíduos como insumos para desenvolver novos produtos (Ravindran *et al.*, 2018; Udugama *et al.*, 2019). Portanto o estudo dos resíduos do processamento de frutas tropicais como a acerola, é importante no sentido de avaliar se estes podem ser fontes viáveis de compostos bioativos e de antioxidantes naturais de interesse, podendo ser utilizados como ingredientes na formulação de outros produtos alimentícios. Além disso, outro fator considerável é a aceitabilidade dos consumidores, uma vez que, para esse desafio, tem-se a análise sensorial como uma importante ferramenta no desenvolvimento de novos produtos.



2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Geração e tratamento de resíduos do processamento de vegetais

Os resíduos alimentares podem ser classificados em dois grupos principais de acordo com a sua origem: animal ou vegetal. Dentro os resíduos de origem animal, destacam-se aqueles derivados das indústrias de laticínios, carnes, pescados e frutos do mar. Quanto aos resíduos de origem vegetal, encontram-se resíduos do processamento de cereais, raízes e tubérculos, resíduos de oleaginosas e leguminosas, e frutas e hortaliças (Galanakis, 2012).

Os resíduos vegetais são gerados ao longo da cadeia de abastecimento e variam amplamente dependendo do seu processamento. Em geral, mais de 30% das perdas ocorrem durante limpeza e retalho desses vegetais e com o consumidor. Logo, a maior parte das perdas ocorrem devido aos danos pós-colheita e ao nível do processamento (Singh *et al.*, 2012). Com o crescimento populacional e a expansão das indústrias de processamento de alimentos, ocorreu um aumento significativo na geração de resíduos representando cerca de 38% do desperdício total de alimentos (Kim *et al.*, 2022).

Os resíduos vegetais consistem em um material biodegradável gerado em grandes quantidades e grande parte desse resíduo é despejado na terra promovendo a emissão de odor desagradável e atraindo vetores de diferentes espécies. Além das perdas pós-colheita, as etapas de processamento e embalagem dos vegetais também são fatores importantes na geração de resíduos (Singh *et al.*, 2012).

2.2. Principais formas de reutilização dos resíduos vegetais

O reaproveitamento dos resíduos vegetais é um desafio devido a problemas logísticos, assim como à sua natureza perecível e heterogeneidade, dentre outros fatores. Dessa forma, diferentes estudos buscam por alternativas para reutilização desses resíduos, seja para elaboração de outros produtos, produção de embalagens ou extração de compostos benéficos.

De acordo com Hassan *et al.* (2021), alguns resíduos do processamento de manga, amaranto e bagaço de azeitona são fonte e se tornaram interessantes para a extração de pectina. As pectinas são uma família de polissacarídeos complexos presentes na parede celular primária e nas regiões intercelulares das dicotiledôneas,



que conferem flexibilidade e resistência mecânica às plantas (Jarvis, 1984). As pectinas são usadas nas indústrias cosmética, farmacêutica e alimentícia para estabilizar bebidas lácteas ou sucos acidificados e como agente gelificante ou espessante (Belkheiri *et al.*, 2021).

Os subprodutos obtidos do processamento de frutas como maçã, frutas cítricas, mamão, melancia e outras frutas tropicais são especialmente ricos em pectina e têm potencial para exploração (Dalal *et al.*, 2020). O conteúdo de pectina disponível para extração é diferente dependendo da fonte vegetal utilizada. Do mesmo modo que o rendimento e a qualidade da pectina extraída também dependem do método utilizado e de alguns outros parâmetros, como pH, ácido utilizado na extração, temperatura, tempo de extração e relação líquido-sólido (Picot-Allain *et al.*, 2022).

Além da extração de pectina, os resíduos obtidos do processamento de vegetais também podem ser utilizados para extração de outros compostos. Panza *et al.* (2023) avaliaram cascas de romã, brócolis e subprodutos da produção de azeite como fonte de compostos bioativos para conservar massas frescas artesanais. Os subprodutos foram adicionados respectivamente à formulação da massa na concentração de 3%, 5% e 8% (p/p) e os seus efeitos na vida útil das massas foi comparado. Os resultados demonstraram que todos os subprodutos investigados tiveram um efeito positivo na preservação da massa, sendo o pó de casca de romã o mais eficaz e o prazo de validade das massas aumentou à medida que a concentração do subproduto aumentou.

No Quadro 1 foram apresentados outros estudos que também reutilizaram os resíduos obtidos do processamento de vegetais.



Quadro 1 - Estudos que utilizaram os resíduos vegetais para elaboração/enriquecimento de produtos.

Subproduto utilizado	Produto elaborado	Principais características	Referência
Casca de kiwi	Patê de presunto	- Aumento do teor de fibra, diminuição do valor (L*) e aumento do valor (a*) com aumento da concentração do aditivo; - Aumento da atividade antioxidante, diminuição do valor de DPPH; - Boa aceitação sensorial.	Soquetta et al., 2017
Goiaba, laranja e maracujá	Produtos fermentados probióticos	- Adição dos subprodutos de frutas não afetou o tempo de fermentação da bebida; - Subprodutos de laranja e maracujá aumentou a resistência dos probióticos às condições gastrointestinais simuladas.	Casarotti et al., 2018
Resíduos da indústria do azeite	Pães e Massas	- O enriquecimento de pães e massas com melhorou ligeiramente a qualidade química sem comprometer as propriedades sensoriais; - Baixa aceitabilidade sensorial devido ao sabor amargo e picante; - O pão era melhor do que a massa para reutilizar subprodutos do azeite.	Cedola et al., 2020
Bagaço de laranja e maçã, casca de tomate, casca de pimenta, casca de figo da Índia e casca de semente de figo da Índia.	Pão sem glúten	- Subprodutos aumentaram a altura máxima da massa, a produção total de CO₂ e o coeficiente de retenção de CO₂ em comparação com a massa sem glúten não enriquecida; - A adição de subprodutos melhorou significativamente o volume específico do pão sem glúten, com valores aumentando de 1,48 para 2,50 cm³/g.	Djeghim et al., 2021
Resíduos da produção de bebidas à base de plantas (amêndoa, coco e aveia)	Pão com trigo	- Maior aceitabilidade geral dos pães produzidos com 20% de subproduto de preparação da bebida de amêndoas fermentada; - Encontrado menor teor de acrilamida nos pães preparados.	Bartkiene et al., 2021



Amêndoa de baru e casca de abacaxi	Barra de cereal	- Amêndoa de baru e casca de abacaxi proporcionaram melhor composição nutricional; - As barras apresentaram boa aceitação sensorial.	Arruda et al., 2021
Cascas de ervilha	Biscoito salgado e sopa instantânea em pó	- Melhorou o valor nutricional dos biscoitos com maior teor de proteína e maiores teores de aminoácidos minerais e essenciais; - Maior valor de reidratação e conteúdo mineral (Ca, Mg, Fe e Zn) foram observados nas amostras de sopa; - Sopas apresentaram maior aceitação sensorial.	Mousa et al., 2021
Resíduo resultante da fermentação de vinho (borras de vinho)	Barra de cereal	- Maior teor de proteína à medida que aumentou a concentração de biomassa; - Barras de cereais com biomassa nas concentrações de 2,5% e 5% apresentaram boa aceitação sensorial.	Borges et al., 2021
Trub (subproduto da cerveja)	Massa alimentícia	- As massas com 10% de Trub aumentaram em 33,51% o teor de proteína; - Resultou em uma estrutura mais compacta; - Melhores propriedades nutricionais e de qualidade da massa.	Saraiva et al., 2022
Resíduos de vegetais congelados e bagaço de maçã	Snacks vegetais liofilizados	- Produziram snacks porosos e com dureza de 79,43 – 113,26 N; - Estrutura desordenada e frágil;	Karwacka, Ciurzyńska, Galus, Janowicz, 2022
Goma de feno-grego e extrato de casca de berinjela	Sobremesa láctea	- Menor liberação de água e melhor estabilidade de armazenamento; - Maior conteúdo de antocianinas monoméricas, fenólicos totais, flavonóides totais e atividade antioxidante.	Yazicioğlu, 2023
Resíduos de hibisco (<i>Hibiscus sabdariffa</i>) em pó	Massa alimentícia	- Hibisco pode ser utilizado para preparar uma massa enriquecida, contendo boa proporção de fibras e minerais nutricionalmente importantes, sem comprometer o conteúdo e a qualidade da proteína.	Baigts-Allende et al., 2023
Mesocarpo de coco	Sobremesa láctea pronta para consumo (Kheer)	- Kheer com 10% de mesocarpo apresentou aceitabilidade máxima.	Naik, Kumar, Gupta, 2023

Fonte: elaborado pelo autor.



Além da elaboração de novos produtos, os resíduos provenientes do processamento de vegetais também podem ser utilizados para a produção de embalagens. Sani et al. (2023) discutiram a utilização de diferentes subprodutos do processamento de frutas e vegetais como cascas, sementes, miudezas, folhas e gomas da produção e processamento de alimentos para a fabricação de filmes biodegradáveis para embalagens de alimentos. Os autores verificaram que os resíduos alimentares podem ser reutilizados para reciclagem e para fins de elevado valor agregado, reduzindo a poluição ambiental e permitindo um desenvolvimento sustentável.

Florentino et al. (2022) realizaram a caracterização de um novo material para embalagem de alimentos à base de proteínas de subprodutos de pescado e pectina de maracujá. De acordo com os resultados, o filme otimizado apresentou-se homogêneo, forte, flexível e biodegradável, com baixa solubilidade e permeabilidade ao vapor de água, indicando que os biopolímeros de proteína e pectina tiveram boa interação e poderiam produzir bioplásticos indicando sua aplicação na indústria alimentícia e, assim, promovendo uma redução na produção de subprodutos industriais.

2.3 Resíduos do processamento de acerola

O Brasil é o maior produtor mundial de acerola, totalizando 60.966 toneladas/ano, destacando-se a região Nordeste, que detém 75% da produção do país (IBGE, 2017). A demanda do mercado pelo consumo de acerola aumentou significativamente nos últimos anos (Rezende et al., 2017). Sua elevada concentração de vitamina C é o principal atrativo econômico e essa característica aumenta a aplicabilidade dos compostos bioativos da fruta, aumentando seu valor comercial (Prakash; Baskaran, 2018; Poletto, 2019; Monteiro et al., 2020).

A acerola (*Malpighia emarginata* DC) tem sido mencionada na literatura como uma “superfruta” devido ao seu teor de ácido ascórbico, compostos fenólicos e potencial antioxidante (Prakash & Baskaran, 2018) e apesar de ser considerada uma “superfruta”, poucos estudos focaram na extração de compostos bioativos de subprodutos da acerola (Marques et al., 2016; Monteiro et al., 2020; Poletto et al., 2021).

Com o aumento da demanda e da capacidade das indústrias de processamento de frutas, uma grande quantidade de resíduos é gerada, que pode



chegar a até 40% do volume total processado (Bortolotti *et al.*, 2013), comumente constituído por cascas, sementes e bagaço não usados durante o processo.

Como o resíduo agroindustrial da acerola tem baixo custo e apresenta importância nutricional e funcional, por ser rico em fibras e compostos antioxidantes, ele pode ser utilizado como novo ingrediente na indústria alimentícia. Vários estudos mostram que esses componentes oferecem muitos benefícios à saúde, por apresentarem atividades anti-inflamatórias, antidiabéticas, antioxidantes, anticâncer, antimicrobianas e antiproliferativas (Tunna *et al.*, 2017; Peanparkdee; Iwamoto, 2019; Ballesteros-Vivas *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2019).

Dessa forma, Ressutte *et al.* (2019), afirma que a farinha do bagaço de acerola pode ser utilizada como ingrediente alimentar no preparo de bolos, biscoitos, pães e barras de cereais. Segundo estudos têm demonstrado, resíduos agroindustriais, inclusive de acerola, costumam apresentar elevados teores de proteínas e lipídios poli-insaturados, além de elementos metabólicos ou fisiológicos benéficos ao corpo humano, como fibras e substâncias fenólicas, e para Sancho *et al.* (2015) e Prakash e Baskaran (2018), eles podem ser usados como suplementos alimentares.

Na Tabela 1 são apresentados estudos de determinações físico-químicas dos resíduos da acerola entre 2009 a 2017.

Tabela 1. Caracterização físico-química de resíduos desidratados de acerola oriundos da indústria de polpas de frutas

ANÁLISES	AUTORES				
	Abud; Narain (2009)	Braga <i>et al.</i> (2012)	Silva <i>et al.</i> (2012)	Batista Sobrinho (2014)	Silva (2017)
pH	3,87	3,27	3,43	3,35	3,25
Acidez (% Acido cítrico)	0,14	0,40	25,02	3,93	0,65
Umidade (%)	7,02	9,18	10,06	9,66	8,95
Cinzas (%)	2,13	0,40	1,99	4,87	2,35
Poder calorífico (Kcal/100g)	332,53	-	-	393	-
Proteína (%)	0,52	-	7,04	6,11	0,94
Lipídio (%)	5,23	2,32	8,92	2,41	0,87
Atividade da água	-	-	0,6	0,38	0,45

Fonte: Silva (2017)



2.4 Farinha do resíduo de acerola na elaboração de alimentos

Além do apelo funcional, tecnológico, fisiológico e nutricional, o uso de matérias-primas como a farinha do resíduo da acerola, oriundas do agronegócio ou da agroindústria encontra-se em ampla expansão, pois valorizam o desenvolvimento regional, a agricultura familiar e a sustentabilidade, destacando-se a manutenção da capacidade produtiva do agro ecossistema, a redução do desperdício, o aproveitamento dos subprodutos, a valoração dos coprodutos e a conservação dos recursos naturais e da biodiversidade (Borges *et al.*, 2020; Souza; Schmiele, 2021).

Há estudos como os de Ressutte *et al.* (2019) e Monteiro *et al.* (2020) indicando que a utilização da farinha de resíduo da acerola no desenvolvimento de novos produtos pode ser considerada uma fonte de proteínas e vitamina C (ácido ascórbico), demonstrando inúmeros efeitos benéficos à saúde, o que torna a utilização deste resíduo um atrativo componente para o desenvolvimento da barra de frutas como um novo produto.

Monteiro *et al.* (2020) avaliaram a adição do resíduo agroindustrial de acerola na elaboração de biscoitos. Os biscoitos foram analisados microbiologicamente e sensorialmente. O produto elaborado não apresentou contaminação microbiológica e todos os atributos sensoriais apresentaram boa aceitação. Desta forma, os autores confirmam que a elaboração do biscoito, a partir do resíduo agroindustrial de acerola, mostra-se uma opção viável para a indústria de panificação, com grande potencial em termos nutricionais, funcionais, estabilidade microbiológica e aceitação sensorial, podendo ser introduzido na alimentação da população, como forma de reduzir o desperdício.

Tomé *et al.* (2024) avaliaram a utilização do subproduto da acerola no desenvolvimento de um iogurte funcional. A concentração de subproduto de acerola teve maior influência na acidez, pH, ácido ascórbico, açúcares redutores e cinzas. O iogurte elaborado com resíduo agroindustrial do suco de acerola apresenta-se como um produto rico em vitamina C (428,55 mg/100g) sendo uma alternativa para a incorporação de resíduos de acerola em iogurtes.

Outra forma de utilização foi a encontrada por Gomes *et al.* (2024), os autores microencapsularam os compostos bioativos de subprodutos de acerola através das técnicas de *spray drying* e liofilização utilizando maltodextrina, goma arábica e proteína isolada de soro de leite como agentes carreadores para obtenção



de pó bioativo. De acordo com os resultados apresentados pelos autores, o pó seco pode ser usado como corante natural e confirmam que subprodutos da acerola têm potencial para reutilização, e a microencapsulação é uma boa técnica para gerar extratos estáveis.

No entanto, não foram encontrados, na literatura, trabalhos que utilizaram a farinha de resíduo do processamento da acerola na produção de barras de frutas, sendo assim, este trabalho teve como objetivos: elaborar barras de frutas produzidas com diferentes percentuais de farinha do resíduo do processamento de acerola e avaliar suas características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais.

2.5 Barras de frutas

Devido a busca por uma alimentação mais saudável e equilibrada, os consumidores estão substituindo os biscoitos com alto de teores de sódio e açúcares por alimentos mais naturais de consumo fácil e rápido como as barras de frutas. Essas barras são produzidas congelando diferentes tipos de frutas secas, como damascos, figos, uvas e maçãs combinadas com nozes, amendoins ou sementes de girassol. Esses ingredientes são envolvidos mel ou xarope de açúcar para proporcionar maior consistência (Eyiz; Tontul; Türker, 2020).

A barra de frutas é uma solução prática para o consumo de frutas fora de época e contém conteúdo nutricional concentrado por ser produzida a partir de frutas secas. A produção da barra de frutas varia nos diferentes produtores de acordo com formulações e processos. Polpa de frutas, frutas frescas ou secas, açúcares (sacarose, maltodextrina, xarope de glicose e sucos concentrados de frutas), aglutinantes (pectina, glicerol, vários carboidratos) e vários componentes menores (corantes, sabores e ácidos) podem ser usados na produção de barras de frutas (Munir *et al.*, 2016).

Um estudo verificou o aproveitamento de resíduos agroindustriais como o bagaço de brasagem que é gerado no processamento de cerveja para elaboração de barras de cereais com proteína de soja hidrolisada e gelatina. Os autores verificaram que a melhor formulação foi utilizando 27,08% de bagaço de brasagem, 12,44% de proteína de soja hidrolisada e 0,89% de gelatina hidratada (proporção 1:3 – gelatina:água). As barras desenvolvidas apresentaram características tecnológicas satisfatórias, com redução significativa nos teores de lipídios, açúcares e amido. Além disso, o produto final apresentou redução de



19,27% no valor calórico total e aumento nos teores de proteínas, minerais e fibra alimentar (Silva *et al.*, 2019).

Ferreira *et al.* (2015) desenvolveram produtos alimentícios a partir do resíduo sólido gerado na fabricação de uma bebida isotônica elaborada com laranja, maracujá, melancia, alface, courgette, cenoura, espinafres, hortelã, inhame, pepino e rúcula. O resíduo foi transformado em farinha que foi incorporada em biscoitos e barras de cereais. Biscoitos enriquecidos com 35% de farinha FVR apresentaram fibra significativamente maior, variando de 57% a 118% e teor de minerais, de 25% a 37% do que quando apenas 20% foi adicionado. As barras de cereais apresentaram cerca de 75% de fibras e teores minerais variáveis entre 14% e 37%. Além disso, a incorporação da farinha proveniente dos resíduos nos biscoitos e nas barras de cereais não prejudicou a aceitação sensorial pelo consumidor

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente capítulo abordou o uso da farinha obtida a partir de resíduos do processamento de acerola na elaboração de barras de frutas, destacando suas vantagens nutricionais e tecnológicas. A inclusão da farinha consiste em uma alternativa importante para a agregação de valor aos produtos e para a sustentabilidade do processamento de vegetais através da redução dos resíduos gerados.

Os diferentes estudos que reutilizaram resíduos vegetais demonstraram que são uma fonte com alto teor de fibras, vitaminas e compostos bioativos como antioxidantes, proporcionando benefícios significativos para a saúde. Dessa forma, a incorporação da farinha de resíduo de acerola em barras de frutas tem potencial para contribuir com o perfil nutricional do produto final e com a aceitação sensorial.

Portanto, o uso da farinha de resíduo de acerola na produção de barras de frutas representa uma alternativa sustentável e nutricionalmente vantajosa, alinhada às tendências atuais de aproveitamento integral dos alimentos e redução do desperdício. Espera-se com este estudo contribuir com a pesquisa e o desenvolvimento de novos produtos alimentícios que utilizem subprodutos de maneira eficiente para uma indústria alimentícia mais sustentável e consciente.



4. REFERÊNCIAS

- ABUD, A. K. S.; NARAIN, N. Incorporação da farinha de resíduo do processamento de polpa de fruta em biscoitos: uma alternativa de combate ao desperdício. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 12, p. 257-265, 2009.
- ARRUDA, L. C.; FARIA, W. C. S.; SIQUEIRA, N. F. M. P.; DE SOUSA CAMPOS, M. F.; DE BARROS, W. M. Development of cereal bar with baru almonds and pineapple peels. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, p. e21610514684-e21610514684, 2021.
- BAIGTS-ALLENDE, D. K.; PÉREZ-ALVA, A.; METRI-OJEDA, J. C.; ESTRADA-BERISTAIN, C.; RAMÍREZ-RODRIGUES, M. A.; ARROYO-SILVA, A.; RAMÍREZ-RODRIGUES, M. M. Use of Hibiscus sabdariffa by-Product to Enhance the Nutritional Quality of Pasta. **Waste and Biomass Valorization**, v. 14, n. 4, p. 1267-1279, 2023.
- BALLESTEROS-VIVAS, D.; ALVAREZ-RIVERA, G.; MEDINA, S. J. M.; DEL PILAR SÁNCHEZ CAMARGO, A.; IBÁÑEZ, E.; PARADA-ALFONSO, F.; CIFUENTES, A. An integrated approach for the valorization of mango seed kernel: efficient extraction solvent selection, phytochemical profiling and antiproliferative activity assessment. **Food Research International**, v. 126, p. 108616, 2019.
- BARTKIENE, E.; BARTKEVICS, V.; PUGAJEVA, I.; BORISOVA, A.; ZOKAITYTE, E.; LELE, V.; STARKUTE, V.; ZAVISTANAVICIUTE, P.; KLUPSAITE, D.; ZADEIKE, D.; JUODEIKIENE, G. The quality of wheat bread with ultrasonicated and fermented by-products from plant drinks production. **Frontiers in microbiology**, v.12, p. 1-14, 2021.
- BATISTA SOBRINHO, I.S. **Propriedades nutricionais e funcionais de resíduos de abacaxi, acerola e cajá oriundos da indústria produtoras de polpas**. 2014. 166f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, 2014.
- BELKHEIRI, A.; FOROUHAR, A.; URSU, A. V.; DUBESSAY, P.; PIERRE, G.; DELATTRE, C.; DJELVEH, G.; ABDELKAFI, S.; HAMDAMI, N.; MICHAUD, P. Extraction, characterization, and applications of pectins from plant by-products. **Applied Sciences**, v.11, n.14, p. 6596, 2021.
- BORGES, I. M. S.; ALMEIDA, R. L. J.; FERNANDES, A. C. G.; SILVA, S. E.; SILVA, M. L. A.; BARROS, U. I. G.; LIMA, C. A. O.; REINALDO, L. R. L. R.; GOMES, R. M.; FREIRE, J. G. T. B. Agricultura familiar: análise de sustentabilidade através de indicadores sociais econômicos e ambientais. **Research, Society and Development**, v. 9, p. 4, 2020.
- BORGES, M. S.; BIZ, A. P.; BERTOLO, A. P.; BAGATINI, L.; RIGO, E.; CAVALHEIRO, D. Enriched cereal bars with wine fermentation biomass. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.101, n.2, 542-547, 2021.
- BORTOLOTTI, C. T.; SANTOS, K. G.; FRANCISQUETTI, M. C. C.; DUARTE, C. R.; BARROZO, M. A. S. Hydrodynamic study of a mixture of west Indian cherry residue and soybean grains in a spouted bed. **The Canadian Journal of Chemical Engineering**, v. 91, p. 1871-1880, 2013.



- BRAGA, A. C. D.; LIMA, M. S.; AZEVEDO, L. C.; RAMOS, M. E. C. Caracterização e obtenção de farinha do resíduo gerado no processo industrial de clarificação do suco de acerola. **Revista Semiárido De Visu**, v. 1, n. 2, 126-133, 2011.
- CAKAR, B.; AYDIN, S.; VARANK, G.; OZCAN, H. K. Assessment of environmental impact of food waste in Turkey. **Journal of Cleaner Production**, v. 244, p. 2, 2019.
- CASAROTTI, S. N.; BORGONOV, T. F.; BATISTA, C. L.; PENNA, A. L. B. Guava, orange and passion fruit by-products: Characterization and its impacts on kinetics of acidification and properties of probiotic fermented products. **LWT - Food Science and Technology**, v. 98, p. 69-76, 2018.
- CATTANEO, A.; FEDERIGHI, G.; VAZ, S. The Environmental Impact of Reducing Food Loss and Waste: A Critical Assessment. **Food Policy**, v. 98, p. 2, 2020.
- CEDOLA, A.; CARDINALI, A.; D'ANTUONO, I.; CONTE, A.; DEL NOBILE, M. A. Cereal foods fortified with by-products from the olive oil industry. **Food Bioscience**, v. 33, p. 100490, 2020.
- DALAL, N.; PHOGAT, N.; BISHT, V.; DHAKAR, U. Potential of fruit and vegetable waste as a source of pectin. **International Journal of Chemical Studies**, v. 8, n. 1, p. 3085-3090, 2020.
- DJEGHIM, F.; BOUREKOUA, H.; RÓŻYŁO, R.; BIEŃCZAK, A.; TANAS, W.; ZIDOUNE, M. N. Effect of by-products from selected fruits and vegetables on gluten-free dough rheology and bread properties. **Applied Sciences**, v. 11, n. 10, p. 4605, 2021.
- EYIZ, V.; TONTUL, İ.; TÜRKER, S. The effect of edible coatings on physical and chemical characteristics of fruit bars. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v.14, p.1775-1783, 2020.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. 2017. The state of food and agriculture. Catálogo de Publicações da FAO, 2017.
- FERREIRA, M. S.; SANTOS, M. C.; MORO, T. M.; BASTO, G. J.; ANDRADE, R. M.; GONÇALVES, É. C. Formulation and characterization of functional foods based on fruit and vegetable residue flour. **Journal of Food Science and Technology**, v.52, p. 822-830, 2015.
- FLORENTINO, G. I. B.; LIMA, D. A. S.; SANTOS, M. M. F.; DA SILVA FERREIRA, V. C.; GRISI, C. V. B.; MADRUGA, M. S.; DA SILVA, F. A. P. Characterization of a new food packaging material based on fish by-product proteins and passion fruit pectin. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 33, p. 100920, 2022.
- GALANAKIS, C. M. Recuperação de componentes de elevado valor acrescentado provenientes de resíduos alimentares: Tecnologias convencionais, emergentes e aplicações comercializadas. **Tendências em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 68-87, 2012.
- GOMES, B. T.; ARAÚJO, C. D. S.; AGUIAR, L. L.; COSTA, A. G. V.; DE SOUZA CARNEIRO, J. C.; SILVA, P. I. Acerola byproducts microencapsulated by spray and freeze-drying: the effect of



carrier agent and drying method on the production of bioactive powder. **International Journal of Food Engineering**, v. 9. 2024.

HASSAN, M. L.; BERGLUND, L.; ABOU ELSEOUD, W. S.; HASSAN, E. A.; OKSMAN, K. Effect of pectin extraction method on properties of cellulose nanofibers isolated from sugar beet pulp. **Cellulose**, v. 28, p. 10905-10920, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Agropecuário**, 2017. Disponível em: https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?localidade=0&tema=76215. Acesso em: 19 jul.2021.

JARVIS, M. C. Estrutura e propriedades de géis de pectina nas paredes celulares das plantas. **Ambiente de Células Vegetais**, v. 7, p. 153–164, 1984.

KARWACKA, M.; CIURZYŃSKA, A.; GALUS, S.; JANOWICZ, M. Freeze-dried snacks obtained from frozen vegetable by-products and apple pomace—Selected properties, energy consumption and carbon footprint. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 77, 102949, 2022.

KIM, S.; ISHIZAWA, H.; INOUE, D.; TOYAMA, T.; YU, J.; MORI, K.; IKE, M.; LEE, T. Microalgal transformation of food processing byproducts into functional food ingredients. **Bioresource Technology**, v. 344, 126324, 2022.

MARQUES, T. R.; CAETANO, A. A.; SIMÃO, A. A.; CASTRO, F. C. O.; RAMOS, V. O.; CORRÊA, A. D. Methanolic extract of *Malpighia emarginata* bagasse: Phenolic compounds and inhibitory potential on digestive enzymes. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 26, n. 2, p. 191 - 196, 2016.

MASOOMA, M.; MUHAMMAD, N.; TAHIR, M. Q.; SAQIB J.; FARHAN A. A.; XIAOXIONG Z. Effect of protein addition on the physicochemical and sensory properties of fruit bars. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 40, n. 3, p. 559-566, 2016.

MONTEIRO, S. A.; BARBOSA, M. M.; BEZERRA, R. F.; DA SILVA MAIA, K. Elaboração, caracterização microbiológica e avaliação sensorial de cookies produzidos a partir da farinha do bagaço de acerola (*Malpighia emarginata*). **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, e1489119605-e1489119605, 2020.

MONTEIRO, S. A.; BARBOSA, M. M.; SILVA, M. F. F.; BEZERRA, R. F.; MAIA, K. S. Preparation, phytochemical and bromatological evaluation of flour obtained from the acerola (*Malpighia punicifolia*) agroindustrial residue with potential use as fiber source. **LWT- Food Science and Technology**, v. 134, p. 1-7, 2020.

MOUSA, M. M.; EL-MAGD, M. A.; GHAMRY, H. I.; ALSHAHRANI, M. Y.; EL-WAKEIL, N. H.; HAMMAD, E. M.; ASKER, G. A. Pea peels as a value-added food ingredient for snack crackers and dry soup. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 22747, 2021.

MUNIR, M.; NADEEM, M.; QURESHI, T. M.; JABBAR, S.; ATIF, F. A.; ZENG, X. Effect of protein addition on the physicochemical and sensory properties of fruit bars. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 40, n. 3, p. 559-566, 2016.



NAIK, B.; KUMAR, V.; GUPTA, A. K. Valorization of tender coconut mesocarp for the formulation of ready-to-eat dairy-based dessert (Kheer): Utilization of industrial by-product. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 12, p. 100572, 2023.

NG, H.S.; KEE, P.E.; YIM, H.S.; CHEN, P.-T.; WEI, Y.-H.; CHI-WEI LAN J. Recent advances on the sustainable approaches for conversion and reutilization of food wastes to valuable bioproducts. **Bioresource Technology**, v. 302, p. 1, 2020.

PANZA, O.; LACIVITA, V.; TARANTINO, F.; MANZI, A.; CONTE, A.; DEL NOBILE, M. A. Fruit and vegetable by-products as source of bioactive compounds to preserve handmade fresh pasta. **LWT - Food Science and Technology**, v. 190, p.115584, 2023.

PEANPARKDEE, M.; IWAMOTO, S. Bioactive compounds from by-products of rice cultivation and rice processing: Extraction and application in the food and pharmaceutical industries. **Trends in Food Science & Technology**, v. 86, p. 109-117, 2019.

PICOT-ALLAIN, M. C. N.; RAMASAWMY, B.; EMMAMBUX, M. N. Extraction, characterisation, and application of pectin from tropical and sub-tropical fruits: a review. **Food Reviews International**, v. 38, n. 3, 282-312, 2022.

POLETO, P.; ROCHA, A. J. A. C.; BORDIGNON, S. E. **Avaliação do potencial antimicrobiano do extrato da acerola**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

POLETO, P.; ALVAREZ-RIVERA, G.; LÓPEZ, G.D.; BORGES, O. M. A.; MENDIOLA, J. A.; IBÁÑEZ, E.; CIFUENTES, A. Recovery of ascorbic acid, phenolic compounds and carotenoids from acerola by-products: an opportunity for their valorization. **Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie- Food Science and Technology**, v. 146, p. 1, 2021.

PRAKASH, A.; BASKARAN, R. Acerola, an untapped functional superfruit: A review on latest frontiers. **Journal of Food Science & Technology**, v.55, n.9, p. 3373-3384, 2018.

RAVINDRAN, R.; HASSAN, S.; WILLIAMS, G.; JAISWAL, A. A review on bioconversion of agro-industrial wastes to industrially important enzymes. **Bioengineering**, v. 5, n. 4, p. 93, 2018.

READ, Q. D.; BROWN, S.; CUÉLLAR, A. D.; FINN, S. M.; GEPHART, J. A.; MARSTON, L. T.; MEYER, E.; WEITZ, K. A.; MUTH, M. K. Assessing the environmental impacts of halving food loss and waste along the food supply chain. **Science of The Total Environment**, v. 712, p.136255, 2019.

RESSUTTE, J. B.; CHAVANTE, A. R.; ALMEIDA-COUTO, J. M. F.; BELLUCO, C. Z.; NASCIMENTO, M. G.; SCAPIM, M. R. S., *et al.* Barra de cereais de Resíduo de acerola isenta de glúten. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTIFICA, XI EPCC, 2019, Maringá, PA. **Anais [...]**. UNICESUMAR, 2019, p. 1-8.

REZENDE, Y. R. R. S.; NOGUEIRA, J. P.; NARAIN, N. Comparison and optimization of conventional and ultrasonic assisted extraction for bioactive compounds and antioxidant activity from agro-industrial acerola (*Malpighia emarginata* DC) residue. **LWT - Food Science and Technology**, v. 85, p. 158-169, 2017.



- SANCHO, S. O.; SILVA, A. R. A.; DANTAS, A. N. S.; MAGALHÃES, T. A.; LOPES, G. S.; RODRIGUES, S.; COSTA, J. M. C.; FERNANDES, F. A. N.; SILVA, M. G. V. Characterization of the industrial residues of seven fruits and prospection of their potential application as food supplements. **Journal of Chemistry**, v. 1, p. 1- 8, 2015.
- SANI, I. K.; MASOUDPOUR-BEHABADI, M.; SANI, M. A.; MOTALEBINEJAD, H.; JUMA, A. S.; ASDAGH, A.; EGHBALJOO, H.; KHODAEI, S. M.; RHIM, J. W.; MOHAMMADI, F. Value-added utilization of fruit and vegetable processing by-products for the manufacture of biodegradable food packaging films. **Food chemistry**, v. 405, p. 134964, 2023.
- SANTOS, P. S.; OLIVEIRA, E. R.; SILVA, R. F.; F. QUEIROZ, F. Potential of alternative solvents to extract biologically active compounds from green coffee beans and its residue from the oil industry. **Food and Bioproducts Processing**, v.115, p. 47 – 58, 2019.
- SARAIVA, B. R.; ZANCHETA, J. C.; SVERSUT GIBIN, M.; ANJO, F. A.; LAZZARI, A.; MACHADO FILHO, E. R.; SATO, F.; MATUMOTO-PINTRO, P. Brewing by-product valorisation: trub debittered for nutritional and quality improvement of pasta. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 73, n. 7, p. 915-926, 2022.
- SCHIASSI, M. C. E. V.; SOUZA, V. R.; LAGO, A. M. T.; CAMPOS, L. G.; QUEIROZ, F. Fruits from the Brazilian Cerrado region: Physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. **Food Chemistry**, v. 245, p. 305-311, 2018.
- SILVA, B. S.; GOMES, P. T. G.; SILVA, I. N.; SCHMIELE, M. Estruturados de frutas com adição de fibras provenientes do processo de brassagem da indústria cervejeira. In: **IV Jornada Regional Sudeste de Engenharia de Alimentos**, 2019.
- SILVA, I. F. B. *et al.* Elaboração de biscoitos tipo cookies com farinha de resíduos do processamento de polpa de acerola. In: Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia, 1., 2012, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa: UEPB, 2012.
- SILVA, N. C.; DUARTE, C. R.; BARROZO, M. A. S. Effects of dehydration methods on quality characteristics of yellow passion fruit co-products. **Journal of Food and Agriculture**, v. 97, p. 4750-4759, 2017.
- SINGH, A.; KUILA, A.; ADAK, S.; BISHAI, M.; BANERJEE, R. Utilization of vegetable wastes for bioenergy generation. **Agricultural Research**, v. 1, p. 213-222, 2012.
- SOQUETTA, M. B.; MONTEIRO, S. S.; BOEIRA, C. P.; COPETTI, C.; POLLI, V. A.; ROSA, C. D.; TERRA, N. N. Development and quality of ham pâté with added natural antioxidant kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*) skin. **Cabi Digital Library**, v. 7, n. 5, p. 1000624, 2017.
- SOUZA, A. R., SCHMIELE, M. Custard apple puree, fructooligosaccharide and soy protein hydrolysate as alternative ingredients in low carb pound cake. **Journal of Food Science and Technology**, v. 58, n. 9, p. 3632-3644, 2021.
- TOMÉ, A. E. S.; DE SOUSA, S.; FARIAS, J. Q.; DE OLIVEIRA, E. A.; DE ALCÂNTARA RIBEIRO, V. H.; MATA, M. E. C. Influence of the addition of acerola residue on the physical characteristics of yogurt. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 1, p. e9313144554, 2024.



TUNNA, T. S.; SARKER, M. Z. I.; GHAFOR, K.; FERDOSH, S.; JAFFRI, J. M.; ALJUHAIMI, F. Y.; SELAMAT, J. Enrichment, in vitro, and quantification study of antidiabetic compounds from neglected weed *Mimosa pudica* using supercritical CO₂ and CO₂-Soxhlet **Separation Science and Technology**, v. 53, n. 2, p. 243-260, 2017.

UDUGAMA, I. A.; PETERSEN, L. A. H.; FALCO, F. C.; JUNICKE, H.; MITIC, A.; ALSINA, X. F.; MANSOURI, S. S.; GERNAEY, K. V. Resource recovery from waste streams in a Water-Energy-Food nexus perspective: toward more sustainable food processing. **Food and Bioproducts Processing**, v. 119, p. 133-147, 2019.

YAZICIOĞLU, N. Effect of Fenugreek Gum and Eggplant Peel Extract on Physicochemical, Storage, Bioactive, and Sensory Properties of Dairy Dessert. **Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology**, v. 11, n. 12, p. 2323-2331, 2023.



Capítulo 8

MATRIZ VEGETAL COMO CARREADORA DE PROBIÓTICOS: ÊNFASE EM ERVILHA E SUA RELAÇÃO COM A SAÚDE DE IDOSOS

Thamiris Carla Campos Santos
Maurílio Lopes Martins
Fabiana de Oliveira Martins
André Narvaes da Rocha Campos
Aurélia Dornelas de Oliveira Martins
Eliane Maurício Furtado Martins

1. INTRODUÇÃO

A crescente busca por alimentos funcionais, proporcionou o aumento na pesquisa e no desenvolvimento de novos produtos, possibilitando a inovação na área de alimentos e a criação de novos nichos de mercado (Pimentel *et al.*, 2015), como aqueles contendo compostos bioativos e probióticos (Marrero *et al.*, 2019).

Assim, é enfatizado que o desenvolvimento de alimentos probióticos se deve a sua eficácia comprovada e a adaptabilidade das culturas a diferentes matrizes alimentares (Açik *et al.*, 2020). Os probióticos são microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, fornecem benefícios à saúde do hospedeiro (FAO/WHO, 2002; Hill *et al.*, 2014). Estes microrganismos devem apresentar um custo acessível e viáveis durante o processamento, armazenamento e consumo do produto (Panghal *et al.*, 2017).

Durante décadas, o mercado de probióticos se concentrou em laticínios, como iogurte e outros produtos fermentados, porém com o aumento do vegetarianismo, veganismo e a intolerância à lactose, mudanças ocorreram neste cenário (Pimentel *et al.*, 2020). Por essa razão, vegetais crus e fermentados (Zhao *et al.*, 2019) e algumas leguminosas podem representar uma excelente forma de propagação dessas bactérias probióticas (Chaturvedi; Chakraborty, 2020).



A adição de probióticos como *Lacticaseibacillus rhamnosus* e *Lactiplantibacillus plantarum* em matrizes vegetais vem sendo estudada pelo nosso grupo de pesquisa no Campus Rio Pomba, alcançando resultados promissores (Furtado et al., 2017; Oliveira et al., 2017; Campos et al., 2018; Campos et al., 2019; Montanari et al., 2020).

A ervilha (*Psium Sativum*) representa uma das principais leguminosas do mundo, cultivada em mais de 90 países, com grande produção anual (FAOSTAT, 2018). Devido aos seus excelentes rendimentos, disponibilidade e produção de baixo custo, essa leguminosa é comercializada como fonte de proteína (Sun; Arntfield, 2012).

Os idosos são um grupo de consumidores que apresentam alterações intestinais como a constipação, com uma prevalência estimada em cerca de 5-27%. As causas desse problema que acomete esse público podem ser diversas e, entre elas, se destacam o elevado número de comorbidades, reduzida ou ausência de atividade física e mobilidade, dietas deficientes em nutrientes e desidratação (Gallegos-Orozco et al. 2012).

Nesse contexto, a incorporação de bactérias probióticas em produtos à base de ervilha pode incentivar o consumo dessa leguminosa pela população em geral e, sobretudo pela população idosa, contribuindo para a produção de alimentos funcionais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Microrganismos probióticos e sua relação com a saúde

Uma variedade de bactérias do ácido láctico (BAL) é listada geralmente como segura (GRAS) e compreende as espécies probióticas mais utilizadas em suplementos ou alimentos.

Juntamente com o gênero *Bifidobacterium* (*Bifidobacterium animalis*, *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium lactis*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium infantis* e *Bifidobacterium breve*), espécies de BAL dos gêneros *Lacticaseibacillus* (*Lacticaseibacillus casei*, *Lacticaseibacillus paracasei*, *Lacticaseibacillus rhamnosus*), *Lactiplantibacillus* (*Lactiplantibacillus plantarum*), *Ligilactobacillus* (*Ligilactobacillus salivarius*), *Limosilactobacillus* (*Limosilactobacillus fermentum*, *Limosilactobacillus reuterii*) (Zheng et al., 2020)



e *Lactobacillus* como *Lactobacillus acidophillus* são comumente usadas como probióticos. Além disso, a levedura *Saccharomyces cerevisiae* e alguns *Streptococcus* e espécies de *Bacillus* também são usados como probióticos e explorados para incorporação em alimentos não lácteos (Hill et al., 2014). Os efeitos dos probióticos são específicos, portanto, o conhecimento do gênero, da espécie e da estirpe são necessários para se obter os efeitos desejados no hospedeiro.

Os probióticos apresentam funções importantes na saúde digestiva (García; Abreu; Dias, 2018), alergias alimentares (Ma et al., 2019), função cerebral (Chahwan et al., 2019) e inflamações (Chen; Wu; Hu, 2019).

Ensaios clínicos, metanálise e revisões sistemáticas, mostram o efeito benéfico do uso de probióticos nas doenças gastrointestinais (Floch et al., 2015).

Entre muitos estudos publicados, Ritchie e Romanuk (2012) realizaram uma metanálise contendo 74 estudos, 84 ensaios e 10.351 pacientes e concluíram que, em geral, os probióticos são benéficos no tratamento e prevenção de doenças gastrointestinais.

Evidências científicas apoiam o uso de probióticos no tratamento da diarreia infecciosa aguda (Allen et al., 2010), na prevenção de diarreia associada a antibióticos (Hempel et al., 2012), na terapia de tratamento de *Helicobacter pylori* (Dang et al., 2014), no tratamento da síndrome do intestino irritável (Ford et al., 2014) e colite ulcerativa (Fujiya; Ueno; Kohgo, 2014).

Existem produtos contendo probióticos disponíveis no mercado brasileiro, como alguns da marca Activia®, que fornecem de 10^9 - 10^{10} UFC UFC/dose. Entretanto, alguns produtos demonstram ser eficazes com doses mais baixas. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) recomenda que para um alimento ser considerado probiótico e atuar no equilíbrio da microbiota intestinal, este deve apresentar quantidade mínima viável do microrganismo na faixa de 10^8 - 10^9 UFC por porção consumida do produto (Brasil, 2018).

Segundo Talebzadeh e Sharifan (2015), a fim de fornecer benefícios para a saúde relacionado aos probióticos, o mínimo sugerido no alimento durante o armazenamento, antes do momento do consumo é de 10^6 UFC/mL.

A eficácia dos probióticos está associada à manutenção da sua viabilidade no produto. Portanto, é importante a seleção apropriada dos probióticos às matrizes alimentares, e o desenvolvimento de combinações simbióticas para adição desses microrganismos em alimentos naturalmente ricos em prebióticos



é outra abordagem interessante para estimular o crescimento e viabilidade das culturas probióticas (Sengupta *et al.*, 2019).

2.2. Benefícios dos probióticos na dieta dos idosos

A microbiota intestinal é de suma importância na manutenção da saúde humana. No entanto, o perfil da microbiota é alterado com o envelhecimento, enquanto a perda da diversidade da microbiota, alterações na composição e quantidade de microrganismos benéficos aumentam o risco de doenças (Gao *et al.*, 2018).

A suplementação de probióticos contribui com o aumento da expectativa devida, associada as mudanças relacionadas na composição da microbiota intestinal auxiliando nos efeitos do envelhecimento do sistema imunológico e reduzindo o risco de morbidades relacionadas à idade (Clements; Carding, 2018).

Miller *et al.* (2017), em sua metanálise, relataram que probióticos como *Bifidobacterium lactis* aumentaram os marcadores de imunidade inata em idosos. Assim, a intervenção probiótica pode ser benéfica para idosos, pois essas bactérias são capazes de modular e equilibrar a microbiota intestinal (Hemarajata; Versalovic, 2013). Os probióticos podem apresentar benefícios durante a passagem pelo trato gastrointestinal (Silvi *et al.*, 2014), melhorando o tempo de trânsito intestinal, frequência e consistência das fezes em adultos constipados (Dimidi *et al.*, 2014).

A influência de *L. rhamnosus* GG ATCC 53103 sobre a expressão gênica da microbiota intestinal de 12 indivíduos saudáveis, de 65 a 80 anos, foi avaliada por Fadrosh *et al.* (2015), que verificaram modificação substancial da microbiota residente após consumo do probiótico.

O estudo de Gao *et al.* (2018) demonstrou que a ingestão prolongada de probióticos causou alterações significativas na estrutura da microbiota intestinal, incluindo aumento na composição de microrganismos benéficos, que podem contribuir para a manutenção da saúde do hospedeiro e homeostase do microambiente.

Hutchinson *et al.* (2021) avaliaram estudos com ensaios clínicos que utilizaram suplementos probióticos e simbióticos em idosos saudáveis com idade mínima de 60 anos e constataram que os probióticos parecem ser eficazes



na modificação da composição da microbiota intestinal em idosos saudáveis e têm efeitos moderados na função imunológica.

A constipação crônica também é um problema comum entre os indivíduos mais velhos, especialmente nos indivíduos institucionalizados (Serrano-Falcão *et al.*, 2016). Flach *et al.* (2018) observaram que em lares de idosos, como em instituições de acolhimento, em que há elevada prevalência de constipação e a questão econômica associada, as despesas relacionadas à constipação dos idosos institucionalizados podem ser reduzidas por meio da suplementação diária de probióticos, diminuindo a prevalência de incidência.

A microbiota intestinal exerce forte impacto ao envelhecimento, por sua atividade nutricional e imunomoduladora, redução das espécies benéficas e a baixa biodiversidade microbiana em idosos, associadas à patogênese de muitas doenças. Assim, um estilo de vida saudável com a inclusão de probióticos à dieta de idosos pode contribuir para redução o estado pró-inflamatório crônico e outras patologias relacionadas à idade (Landete *et al.*, 2017).

2.3. Adição de probióticos em matriz vegetal

Durante décadas, o mercado de probióticos se concentrou em laticínios, como iogurte e outros produtos fermentados, porém com o aumento do vegetarianismo, veganismo e a intolerância à lactose e/ou indivíduos hipercolesterolêmicos, mudanças ocorreram neste cenário (Pimentel *et al.*, 2020).

A intolerância à lactose deve ser destacada neste contexto, pois segundo Silanikove, Leitner e Merin (2015), um total de 75% da população é intolerante à lactose, sendo que o inchaço gástrico, cólicas, produção de gás no trato gastrointestinal, diarreia, entre outros, são sintomas comumente observados.

Os consumidores têm buscado produtos que substituem o leite e seus derivados, e a principal estratégia da indústria de alimentos tem sido a comercialização de extratos hidrossolúveis, como aqueles à base de vegetais como amêndoas, coco, grão de bico, aveia, arroz e soja (Rincon; Botelho; Alencar, 2020).

Bebidas de cereais, pseudocereais e grãos como cevada, aveia, painço, milho, sorgo, arroz, quinoa e chia também foram formuladas com o objetivo de substituir os produtos de laticínios tradicionais (Salmerón *et al.*, 2015). Além das



referidas bebidas, chás e sucos de frutas ou bebidas fermentadas são interessantes matrizes para adição de probióticos (Amorim; Piccoli; Duarte, 2018).

Além das matrizes não lácteas já mencionadas, as leguminosas, como o grão-de-bico, ervilha, feijão e tremoço são consideradas como substitutos aos produtos de origem animal, já que fornecem os nutrientes necessários à dieta vegetariana (Chaturvedi; Chakraborty, 2020) e tem sido menos exploradas, uma vez que a maioria dos estudos se concentram na soja. Portanto, essas leguminosas podem ser mais estudadas e avaliadas quanto ao seu potencial para carrear os probióticos.

De modo geral, os vegetais são constituídos majoritariamente de carboidratos, vitaminas e minerais (Yadav et al., 2014). Eles também são ricos em fitoquímicos e fitonutrientes, podendo ser ótimas matrizes para adição de probióticos (Tabela 1), como *L. acidophilus*, *L. plantarum*, *L. casei* e *L.* ou *B. longum* (Panghal et al., 2017).

A adição de *L. rhamnosus* e *L. plantarum* em matrizes vegetais vem sendo estudada há, aproximadamente, 13 anos pelo nosso grupo de pesquisa no Campus Rio Pomba e trabalhos promissores foram realizados (Furtado et al., 2017; Oliveira et al., 2017; Campos et al., 2018; Campos et al., 2019; Montanari et al., 2020).

L. rhamnosus GG (LGG) é uma estirpe isolada em 1983 do trato intestinal de um ser humano saudável, inicialmente classificado como *L. acidophilus* GG e posteriormente reclassificado como *L. rhamnosus*. A patente reivindica que *L. rhamnosus* inclui estabilidade ácida e biliar e grande avidez por células da mucosa intestinal humana (Goldstein; Tyrrel; Citron, 2015). *L. rhamnosus* tornou-se um dos probióticos mais amplamente utilizados no mundo e além de regular a estrutura da microbiota intestinal, pode aumentar a imunidade corporal e tem outras funções probióticas (Capurso, 2019).



Tabela 1. Estudos recentes sobre a adição de probióticos em matrizes vegetais.

Probiótico	Produto alimentício	Viabilidade x tempo	Referência
<i>Bacillus coagulans</i>	Morango desidratado	12,0 Log UFC/g - 48h	Oliveira et al., 2021
<i>L. acidophilus</i> e <i>B. longum</i>	Bebida fermentada de soja com subproduto de acerola	9,3 Log UFC/mL 28 dias	Vieira et al., 2021
<i>L. rhamnosus</i>	Bebida mista contendo amendoim, soja, goiaba e beterraba	7,3 – 7,4 Log UFC/mL - 24h	Montanari et al., 2020
Bactérias do ácido láctico	Suco de cacau fermentado	8,0 Log UFC/mL 48h	Mabeku et al., 2020
<i>L. casei</i>	Suco de lichia	6,0 Log UFC/mL 24h	Wen et al., 2020
<i>Lactobacillus</i> plus (<i>Lactobacillus</i> probióticos, <i>bifidobactérias</i> , <i>Saccharomyces</i> e frutooligossacarídeo)	logurte de soja	> 7,86 Log UFC/mL	Sengupta et al., 2019
<i>L. rhamnosus</i>	Suco de goiaba	9,61 - 8,25 Log UFC/mL - 48h Suco fermentado e não fermentado	Andrade et al., 2019
<i>L. plantarum</i> ou <i>L. rhamnosus</i>	Antepasto contendo maçã, berinjela, pepino, repolho, pimentão e cebola	8,0 Log UFC/g 24h	Campos et al., 2019
<i>L. rhamnosus</i> GG e <i>L. plantarum</i>	Bagaço de mirtillo	7,5 Log UFC/g 24h	Yan et al., 2019
<i>L. rhamnosus</i> GG	Suco de abacaxi e Jussara	>7,2 Log UFC/mL 28 dias	Campos et al., 2018
<i>L. plantarum</i>	Antepasto de azeitona	7 Log/ UFC/g	Alves et al., 2015

Fonte: Elaborado pelo autor

Além de LGG, *L. plantarum* é outro probiótico, heterofermentativo facultativo que é geralmente reconhecido como seguro (GRAS) e amplamente utilizado em alimentos (Garcia-González et al., 2021), tendo demonstrado



efeitos anti-inflamatórios por promover a integridade da mucosa intestinal (Chong *et al.*, 2019).

O consumo de produtos probióticos está relacionado principalmente aos efeitos benéficos à saúde. Porém, é necessário avaliar a sobrevivência das culturas probióticas e seu impacto nas características de qualidade dos produtos, sobretudo com relação à aceitabilidade comercial. É importante que a aceitação sensorial destes produtos seja semelhante aos produtos convencionais, isentos de aromas e sabores desagradáveis (Costa, 2017), para que não ocorra rejeição por parte dos consumidores. Vivek *et al.* (2019) observaram que a contagem da cultura probiótica impactou na aceitação sensorial de suco fermentado, uma vez que a amostra com maior contagem de *L. plantarum*, aproximadamente 8 Log UFC/mL, apresentou menor pontuação para todos os atributos sensoriais avaliados, comparado aos produtos contendo 4,0 ou 6,0 Log UFC/mL, demonstrando a importância da avaliação do produto pelo consumidor.

É importante que o produto potencialmente probiótico de base vegetal preserve suas características sensoriais e, além disso, é fundamental que o consumidor compreenda os efeitos benéficos para a saúde do consumo regular de tais microrganismos aliados à dieta e hábitos saudáveis (Granato *et al.*, 2018).

Dessa maneira, faz-se também necessário a realização de ensaios *in vitro* para comprovar a eficácia do alimento como carreador de bactéria probiótica ao trato gastrointestinal humano.

2.4. Potencial uso de ervilha como matriz alimentícia para adição de probióticos

A ervilha (*Psium sativum*) e outros legumes de grão, comumente chamadas de leguminosas, são as sementes comestíveis das vagens, muito conhecidas em todo o mundo. As cultivares de ervilha são classificadas, quanto à sua utilização principal, em grupos: 1) grãos secos, 2) grãos verdes para enlatamento e congelamento, 3) grãos verdes debulhados para consumo *in natura*, 4) vagens do tipo comestível ou ervilha torta, consumidas ainda verdes ou tenras e 5) forragem. As cultivares utilizadas para a produção de grãos secos possuem sementes redondas e lisas e apresentam teor de amido mais elevado que as cultivares utilizadas para produção de grãos verdes para enlatamento.



Estas cultivares são utilizadas para produção de ervilha partida ou na indústria de reidratação (Giordano, 1989).

De um modo geral, as sementes da ervilha contêm 20-25% de proteína, 40-50% de amido e 10-20% de fibras (Dahl; Foster; Tyler, 2012; Tulbek *et al.*, 2016). De acordo com o Manual de Medidas Caseiras, a ervilha cozida apresenta, por porção de 100 g, valores de referência de 96 calorias (Pinheiro *et al.*, 2000). Seu conteúdo de carboidrato consiste, principalmente, de amido (35-40% de amilose) e fibra dietética (10-15% de fibra insolúvel e 2- 9% de solúvel), incluindo também carboidratos não amiláceos tais como sacarose, oligossarídeos e celulose (Tiwari; Gowen; Kenna, 2011). Os oligossacarídeos protegem os microrganismos probióticos do ambiente ácido do estômago, além de ser fonte de nutrientes, influenciando positivamente sua sobrevivência (Ranadheera *et al.*, 2010).

A proteína da ervilha pode ser classificada em quatro grupos principais: globulina, albumina, prolamina e glutelina (Adebiyi; Aluko, 2011) e comparado às proteínas de cereais, a proteína de ervilha apresenta altos níveis de lisina, leucina e fenilalanina, mas relativamente menor teor em aminoácidos contendo enxofre (metionina e cisteína) (Pownall; Udenigwe; Aluko, 2010).

As proteínas são um dos principais grupos de nutrientes essenciais para a saúde, sendo vital para manter a massa muscular e força na vida adulta. É estimado que 0,5-1,0 % da massa muscular é perdida anualmente em humanos acima de 50 anos, portanto a ingestão de proteínas é especialmente importante para a população desta faixa etária (Lonnie *et al.*, 2018).

Muitos fatores são levados em consideração no desenvolvimento de um produto probiótico não lácteo, como por exemplo, as características intrínsecas da matriz alimentícia. A presença de proteínas naturalmente presentes na matriz vegetal está entre os fatores que favorecem a multiplicação e/ou manutenção da viabilidade do probiótico, sendo extremamente importante no momento de se selecionar a matriz. A presença desse nutriente na matriz vai além do ponto de vista nutricional, pois as proteínas também exercerem um papel importante na proteção do microrganismo probiótico (Nualkaekul; Charalampopoulos, 2011).

Aliado a isso, cientistas e pesquisadores se esforçam para promover o consumo de grãos inteiros (Rebello; Greenway; Finley, 2014), devido a sua funcionalidade e a ervilha vem surgindo como uma alternativa popular. Dessa



forma, a incorporação de bactérias probióticas em produtos à base de ervilha pode incentivar o consumo dessa leguminosa, contribuindo para a produção de alimentos funcionais com significativo teor de proteínas e nutrientes de interesse ao organismo

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os microrganismos probióticos são benéficos na prevenção e tratamento de doenças gastrointestinais e devido o perfil da microbiota ser alterado com o passar do tempo, seu uso regular é vantajoso para os idosos. Aliado aos probióticos, uma dieta que forneça fontes proteicas, contendo leguminosas como ervilha se torna interessante, uma vez que esta leguminosa apresenta aminoácidos essenciais que são fundamentais para a construção da massa muscular, além de fornecer boa digestibilidade e baixa alergenicidade.

4. REFERÊNCIAS

- AÇIK, M.; ÇAKIROGLU, F. P.; ALTAN, M.; BAYBO, T. Alternative source of probiotics for lactose intolerance and vegan individuals: sugary kefir. **Trends in Food Science & Technology**, v. 40, p. 523-540, 2020.
- ADEBIYI, A. P.; ALUKO, R. E. Functional properties of protein fractions obtained from Commercial yellow field pea (*Pisum sativum* L.) seed protein isolate. **Food Chemistry**, v.128, p. 902-908, 2011.
- ALLEN, S.J.; MARTINEZ, E.G.; GREGORIO, G.V.; DANS, L.F. Probiotics for treating acute infectious diarrhoea (Review). **Cochrane Databases Syst Rev**, 2010.
- ALVES, M.; PERES, C.M.; MENDONZA-HERNANDEZ, A.; BRONZE, M.R.; PERES, C.; MALCATA, F.X. Olive paste as vehicle for delivery of potential probiotic *Lactobacillus plantarum* 33. **Food Research International**, v.75, p.61-70, 2015.
- AMORIM, J. C.; PICCOLI, R. H.; DUARTE, W. F. Probiotic potential of yeasts isolated from pineapple and their use in the elaboration of potentially functional fermented beverages. **Food Research International**, v. 107, p. 518-527, 2018.
- ANDRADE, R.; SANTOS, E.; AZOUBELC, P.; RIBEIRO, E. Increased survival of *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 7469 in guava juices with simulated gastrointestinal conditions during refrigerated storage. **Food Bioscience**, v.32, p. 100470, 2019.



BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Alimentos com Alegações de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos. IX Lista de alegações de propriedade funcional aprovada. Atualizada em julho/2018. Disponível em http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno_lista_alega.htm. Acesso: 09 setembro. 2021.

CAMPOS, P.A.; MARTINS, E.M.F.; MARTINS, M.L.; MARTINS, A.D.O.; JUNIOR, B.R.C.L.; SILVA, R.R.; TREVISANO, L.M. In vitro resistance of *Lactobacillus plantarum* LP299v or *Lactobacillus rhamnosus* GG carried by vegetable appetizer. **Food Science and Technology**, v. 116, p. 108512, 2019.

CAMPOS, R. C. de. A. B.; MARTINS, E. M. F.; PIRES, B. de. A.; PELUZIO, M. do. C. G.; CAMPOS, A. N. da. R.; RAMOS, A. M.; JÚNIOR, B. R. de. C. L.; MARTINS, A. D. de. O.; SILVA, R. R. da.; MARTINS, M. L. In vitro and in vivo resistance of *Lactobacillus rhamnosus* GG carried by a mixed pineapple (*Ananas comosus* L. Merrill) and jussara (*Euterpe edulis* Martius) juice to the gastrointestinal tract. **Food Research International**, p. 1247-1257, 2018.

CAPURSO, L. Thirty yers of *Lactobacillus rhamnosus* GG: A review. **Journal of Clinical Gastroenterology**, v. 53, p. 1-41, 2019.

CHAHWAN, B.; KWAN, S.; ISIK, A.; HEMERT, S. V.; BURKE, C.; ROBERTS, B. L. Gut feelings: A randomised, triple-blind, placebo-controlled trial of probiotics for depressive symptoms. **Journal of affective disorders**, v. 253, p. 317-326, 2019.

CHATURVEDI, S.; CHAKRABORTY, S. Review on potential non-dairy synbiotic beverages: a preliminar approuch using legumes. **Food Engineering and Techonology Department**, v.56, p. 2068, 2020.

CHEN, Y. C.; WU, Y. J.; HU, C. Y. Monosaccharide composition influence and immunomodulatory effects of probiotic exopolysaccharides. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 133, p. 575-582, 2019.

CHONG, H.; YUSOFF, N. A.; HOR, Y.; LEW, L.; JAAFAR, M. H.; CHOI, S.; YUSOFF, M. S. B.; WAHID, N.; ABDLLAH, M. F. L.; ZAKARIA, N.; ONG, K.; PARK, Y.; LIONG, M. *Lactobacillus plantarum* DR7 improved upper respiratory tract infections via enhacing immune and inflammatory parameters: A randomized, double-blind, placebo-co trolled study. **Journal of Dairy Science**, v. 102, p. 4783-4797, 2019.

CLEMENTS, S. J.; CARDING, S. R. Diet, the intestinal microbiota and immune health in aging. **Gut Health and Food Safety Research Programme**. Institute of Food Research, Norwich, v. 58, n. 4, p. 651-661, 2018.

COSTA, K. K. F. D.; JÚNIOR, M. S. S., ROSA, S. I. R.; CALIARI, M.; PIMENTEL, T. C. Changes of probiotic fermented drink obtained from soy and rice byproducts during cold storage. **LWT Food Science and Technology**, v.78, p.23–30, 2017.

DAHL, W. J.; FOSTER, L. M.; TYLER, R. T. Review of the health benefits of peas (*Pisum sativum* L.). **British Journal of Nutrition**, v.108, p. 3-10 2012.



DANG, Y.; REINHARDT, J. D.; ZHOU, X.; ZHANG, G. The Effect of Probiotics Supplementation on *Helicobacter pylori* Eradication Rates and Side Effects during Eradication Therapy: A Meta-Analysis. **Plos one**, v.9, n. 11, p. 111030, 2014.

DIMIDI, E.; CHRISTODOULIDES, S.; KONSTANTINOS, C. F.; SCOTT, S. M.; WHELAN, K. The effect of probiotics on functional constipation in adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **Clinical Nutrition**, v.100, p. 1075-84, 2014.

FADROSH, E. A.; BRADY, A.; CRABTREE, J.; DRABEK, E. F.; MA, B.; MAHUKAR, A.; RAVEL, J.; HAVERKAMP, M.; FIORINO, A.; BOTELHO, C.; ANDREYEVA, I.; HIBBERD, P. L.; FRASER, C. M. Functional Dynamics of the Gut Microbiome in Elderly People during Probiotic Consumption. **Cross Mark**, v.6, n. 2, p. 00231-15, 2015.

FAOSTAT. Production and prices statistics of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2018. Disponível em: <http://faostat.fao.org>

FLACH, J.; KOKS, M. B.; WAAL, V.D.; CLAASSEN, E.; LARSEN, O.F.A. Economic potential of probiotic supplementation in institutionalized elderly with chronic constipation. **Pharma Nutrition**, v.6, p.198-206, 2018.

FLOCH, M. H.; WALKER, A. Recommendations for Probiotic Use—2015 Update Proceedings and Consensus Opinion. **Journal Clinical Gastroenterology**, v.49, p. 69-73, 2015.

FORD, A. C.; QUIGLEY, E. M. M.; LACY, B. E.; LEMBO, A. J.; SAITO, Y. A.; SCHILLER, L. R.; SOFF, E. E.; SPIEGEL, B. M. R.; MOAYYED, P. Efficacy of Prebiotics, Probiotics, and Synbiotics in Irritable Bowel Syndrome and Chronic Idiopathic Constipation: Systematic Review and Meta-analysis. **The American Journal of gastroenterology**, v. 109, p. 1547-61, 2014.

FUJIYA, M.; UENO, N.; KOHGO, Y. Probiotic treatments for induction and maintenance of remission in inflammatory bowel diseases: a meta-analysis of randomized controlled trials. **Clinical journal Gastroenterol**, v. 7, p. 1-13, 2014.

GAO, R.; ZHANG, X.; HUANG, L.; SHEN, R.; QIN, H. Gut Microbiota Alteration After Long-Term Consumption of Probiotics in the Elderly. **Probiotics and Antimicrobial**, v.11, p.655-66, 2018.

GALLEGOS-OROZCO, J.F.; FOXX-ORENSTEIN, A.E.; STERLER, S.M.; STOA, J.M. Chronic Constipation in the Elderly. **Clinical and systematic reviews**, v.107, p.18-25, 2012.

GARCIA-GONZÁLES, N.; BATTISTA, N.; PRETE, R.; CORSETTI, A. Health-Promoting Role of Lactiplantibacillus plantarum Isolated from Fermented Foods. **Microorganisms**, v. 9, p. 349, 2021.

GIORDANO, L de B. Cultivares de ervilha. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 158, p. 22-25, 1989.

GOLDSTEIN, E. J. C.; TYRRELL, K. L.; CITRON, D. M. *Lactobacillus* species: Taxonomic Complexity and controversial susceptibilities. **Clinical Infectious Diseases**, v. 60, p. 98-107, 2015.



HEMARAJATA, P.; VERSALOVIC, J. Effects of probiotics on gut microbiota: mechanisms of intestinal immunomodulation and neuromodulation. **Therapeutic advances in Gastroenterology**, v.6, p.39-51, 2013.

HEMPEL, S.; NEWBERRY, S.J.; MAHER, A.R.; WANG, Z.; MILES, J.N.V.; SHANMAN, R.; JOHNSEN, B.; SHEKELLE, P.G. Probiotics for the Prevention and Treatment of Antibiotic-Associated Diarrhea. **Jama**, v.307, p. 1959-69, 2012.

HILL, C.; GUARNER, F.; REID, G.; GIBSON, G. R.; MERENSTEIN, D. J.; POT, B.; MORELLI, L.; CANANI, R. B.; FLINT, H. J.; SALMINEN, S. S.; CALDER, P. C.; SANDRES, M. E. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. **Nature reviews Gastroenterology & hepatology**, v. 11, p.5066-514, 2014.

HUTCHINSON, A. N.; BERGH, C.; KRUGER, K.; SUSSEROVÁ, M.; ALEN, J.; AMEEN, S.; TINGO, L. The Effect of Probiotics on Health Outcomes in the Elderly: A Systematic Review of Randomized, Placebo-Controlled Studies. **Microrganisms**, v.9, p.1344, 2021.

LANDETE, J.M.; GAYA, P.; RODRIGUES, E.; LANGA, S.; PEIROTÉN, A.; MEDINA, M.; ARQUÉS, J. L. Probiotic Bacteria for Healthier Aging: Immunomodulation and Metabolism of Phytoestrogens. **BioMed Research International**, v.2017, p.1-10, 2017.

LONNIE, M.; HOOKER, E.; BRUNSTROM, J.M.; CORFE, B.M.; GREEN, M.A.; WATSON, A.W.; WILLIAMS, E.A.; STERVENSON, E.J.; PENSON, S.; JOHNSTONE, A.M. Protein for life: review of optimal protein intake, sustainable dietary sources and the effect on appetite in ageing adults. **Nutrients**, v. 10, p.360, 2018.

MABEKU, L.B.K.; NGUE, S.; NGUEMO, I.B.; LEUNDJI, H. Potential of selected lactic acid bacteria from *Theobroma cacao* fermented fruit juice and cell-free supernatants from cultures as inhibitors of *Helicobacter pylori* and as good probiotic. **BMC Research Notes**, v.13, p.64, 2020.

MA, J.; ZHANG, J.; LI, O.; SHI, Z.; WU, H.; ZHANG, H.; TANG, L.; YI, R.; SUN, X. Oral administration of a mixture of probiotics protects against food allergy via induction of CD103+ dendritic cells and modulates the intestinal microbiota. **Journal of Functional Foods**, v. 55, p.65-75, 2019.

MARRERO, S. C.; MARTÍNEZ-RODRIGUEZ, A.; PÉREZ, S. E. M.; MOYA, S. P. New Trends and Applications in Fermented Beverages. **Nutrition and Food Science Department**, v.5, p.31-66, 2019.

MARTINS, E. M. F.; RAMOS, A. M.; VANZELA, E. S. L.; STRINGHETA, P. C.; PINTO, C. L. O.; MARTINS, J.M. Products of vegetable origin: A new alternative for the consumption of probiotic bacteria. **Food Research International**, v.51, p.764- 700, 2013.

MILLER, L. E.; LEHTORANTA, L.; LEHITINEN, M. J. Short-term probiotic supplementation enhances cellular immune function in healthy elderly: systematic review and meta-analysis of controlled studies. **Nutrition Research**, v. 64, p. 1-8, 2017.



MONTANARI, S.R.; JÚNIOR, B.R.C.L.; MARTINS, M.L.; RAMOS, A.M.; BINOTI, M.L.; CAMPOS, R.C.A.B.; CAMPOS, A.N.R.; MARTINS, E.M.F. *In vitro* gastrointestinal digestion of a peanut, soybean, guava and beet beverage supplemented with *Lactobacillus rhamnosus* GG. **Food Bioscience**, v.36, p.100623, 2020.

NUALKAEKUL, S.; CHARALAMPOPOULOS, D. Survival of *Lactobacillus plantarum* in model solutions and fruit juices. **International Journal of Food Microbiology**, v. 146, n. 2, p. 111-117, 2011.

OLIVEIRA, D.C.; MARTINS, E.M.F.; MARTINS, M.L.; MARTINS, G.B.; BINOTI, M.L.; CAMPOS, A.N.R.C.; RAMOS, A.M.; SILVA, M.H.L.S.; STRINGHETA, P.C. Blanching effect on the bioactive compounds and on the viability of *Lactobacillus rhamnosus* GG before and after *in vitro* simulation of the digestive system in jabuticaba juice. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.38, p.1277-1294, 2017.

PANGHAL, A.; JANGHU, S.; VIRKAR, K.; GAT, Y.; KUMAR, V.; CHHIKARA, N. Potential Non-Dairy Probiotic Products – A Healthy Approach. **Food Bioscience**, v. 21, p. 80-89, 2017.

PIMENTEL, T.C.; COSTA, W.K.A.; BARÃO, C.E., ROSSET, M., MAGNANI, M. Vegan probiotic products: a modern tendency or the newest challenge in functional foods. **Food Research International**, v.140, p. 110033, 2020.

PIMENTEL, T.C.; MADRONA, G.S.; GARCIA, S.; PRUDENCIO, S. H. Probiotic viability physicochemical characteristics and acceptability during refrigerated storage of clarified apple juice supplemented with *Lactobacillus paracasei* ssp. *Paracasei* and oligofructose in different package type. **Food science and Technology**, v. 63, p. 415-442, 2015.

PINHEIRO, A.B.V.; LACERDA, E.M.A.; BENZECRY, E.H.; GOMES, M.C.S.; COSTA, V.M. **Tabela para avaliação de consumo alimentar em medidas caseiras**. 4. ed. São Paulo: Atheneu, 2000.

POWNALL, T. L.; UDENIGWE, C. C.; ALUKO, R. E. Amino acid composition and antioxidant properties of pea seed (*Pisum sativum* L.) enzymatic protein hydrolysate fractions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.58, p.4712-4718, 2010.

RANADHEERA, R. D. C. S.; BAINES, S. K.; ADAMS, M. C. Importance of food in probiotic efficacy. **Food Research Internacional**, v. 43, p. 1-7, 2010.

REBELLO, C.J.; GREENWAY, F.L.; FINLEY, J.W. Whole Grains and Pulses: A Comparison of the Nutritional and Health Benefits. **Journal of agricultural and food chemistry**, v.62, p.7029-49, 2014.

RINCON, L.; BOTELHO, R.B.A.; ALENCAR, E. R. Development of novel plant-based milk based on chickpea and coconut. **Food Science & Technology**. v.128, p.109479, 2020.

RITCHIE, M. L., ROMANUK, T. N. A meta-analysis of probiotic efficacy for gastrointestinal diseases. **Plos one**, v.7, p. 34938, 2012.



SALMERÓN, I.; THOMAS, K.; PANDIELLA, S. S. Effect of potentially probiotic lactic acid bacteria on the physicochemical composition and acceptance of fermented cereal beverages. **Journal of Functional Foods**, v. 15, p.106-115, 2015.

SENGUPTA, S.; KOLEY, H.; DUTTA, S.; BHOWAL, J. Hepatoprotective effects of synbiotic soy yogurt on mice fed a high-cholesterol diet. **Nutrition**, v. 63-64, p.36-44, 2019.

SILANIKOVE, N.; LEITNER, G.; MERIN, U. The interrelationships between lactose intolerance and the modern dairy industry: global perspectives in evolutionary and historical backgrounds. **Nutrients**, v.7, p. 7312-7331, 2015.

SILVI, S.; VERDENELLI, M.C.; CECCHINI, C.; COMAN, M.M.; BERNABEI, S.; ROSATI, J.; LEONE, R.; ORPIANESI, C.; CRESCE, A. Probiotic-enriched foods and dietary supplement containing SYN BIO positively affects bowel habits in healthy adults: an assessment using standard statistical analysis and Support Vector Machines. **International journal of food sciences nutrition**, v.65, p. 994-1002, 2014.

SUB, X.D.; ARNTFIELD, S.D. Molecular forces involved in heatinduced pea protein gelation: Effects of various reagents on the rheological properties of salt-extracted pea protein gels. **Food Hydrocolloids**, v. 28, p.325-332, 2012.

TALEBZADEH, S.; SHARIFAN, A. Developing probiotic jelly desserts with *Lactobacillus acidophilus*. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 41, n. 1, p. 1745-4549, 2015.

TIWARI, B.K.; GOWEN, A. KENNA, B. **Pulse foods: Processing Quality and Nutraceutical Application**. 1. ed. Elsevier Incorporation, 2011.

TULBEK, M.C.; LAM, R.S.H.; WANG, Y.C; ASAVAJARU, P.; LAM, A. Pea: a sustainable vegetable protein crop. **Sustainable Protein Sources**, p. 145-164, 2016.

VIEIRA, A.D.S.; BATTISTINI, C.; BEDANI, R.; SAAD, S.M.I. Acerola by-product may improve the *in vitro* gastrointestinal resistance of probiotic strains in a plant-based fermented beverage. **Food Science and Techonology**, v.141, p. 110858, 2021.

VIVEK, K.; MISHRA, S.; PRADHAN, R. C.; JAYABALN, R. Effect of probiotification with *Lactobacillus plantarum* MCC 2974 on quality of Sohiong juice. **Food Science and technology**, v.108, p. 55-60, 2019.

WEN, J.; MA, L.; XU, Y.; WU, J.; YU, Y.; DAOBANG, P.; TANG, D.; ZOU, B.; LI, L. Effects of probiotic litchi juice on immunomodulatory function and gut microbiota in mice. **Food Research International**, v.137, p. 109433, 2020.

YADAV, D. N.; SHARMA, M.; CHIKARA, N.; ANAND, T.; BANSAL, S. Quality Characteristics of Vegetable-Blended Wheat–Pearl Millet Composite Pasta. **Agric. Res.**, v. 3, p. 263-270, 2014.

YAN, Y.; ZHANG, F.; CHAI, Z.; LIU, M.; BATTINO, M.; MENG, X. Mixed fermentation of blueberry pomace with *L. rhamnosus* GG and *L. plantarum*-1: Enhance the active ingredient, antioxidant activity and healthpromoting benefits. **Food Chemical Toxicology**, v. 131, p. 110541, 2019.



ZHENG, J.; WITTOUCH, S.; SALVETTI, E.; FRANZ, C. M. A. P.; HARRIS, H. M. P.; MATTARELLI, P.; TOOLE, P. W. O.; POT, B.; VANDAMME, P.; WALTER, J.; WATANABE, K.; WUYTS, S.; FELIS, G. E.; GANZLE, M. G.; LEBEE, S. A taxonomic note on the genus *Lactobacillus*: Description of 23 novel genera, emended description of the genus *Lactobacillus* Beijerinck 1901, and union of *Lactobacillaceae* and *Leuconostocaceae*. **International journal of systematic and evolutionary microbiology**, v. 4, p. 2782-2858, 2020.



Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos

O e-book Mestrado Profissional em Ciência e tecnologia de Alimentos - Contribuições para a área de alimentos: experiências do MPCTA campus Rio Pomba engloba revisão de literatura e/ou resultados de várias pesquisas realizadas no Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos do IF Sudeste MG, campus Rio Pomba. A equipe organizadora agradece a todos que fizeram parte da construção desta obra.



ISBN: 978-65-996404-8-3

IF Sudeste MG Campus Rio Pomba

Departamento Acadêmico de Ciência e Tecnologia de Alimentos - DCTA

Av. Dr. José Sebastião da Paixão, s/n - Bairro Lindo Vale - 36180-000 - Caixa Postal 45 - Rio Pomba - MG