

WESCLEN VILAR NOGUEIRA
ORGANIZADOR

TÓPICOS EM CIÊNCIA DOS ALIMENTOS

VOLUME III



Pantanal Editora

2021

Wesclen Vilar Nogueira
Organizador

Tópicos em ciência dos alimentos
volume III



Pantanal Editora

2021

Copyright© Pantanal Editora

Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera e Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

Conselho Editorial

Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos
Prof. Msc. Adriana Flávia Neu
Prof. Dra. Albys Ferrer Dubois
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior
Prof. Msc. Aris Verdecia Peña
Prof. Arisleidis Chapman Verdecia
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu
Prof. Dr. Carlos Nick
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva
Prof. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos
Prof. Msc. David Chacon Alvarez
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira
Prof. Dra. Denise Silva Nogueira
Prof. Dra. Dennyura Oliveira Galvão
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves
Prof. Me. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Fábio Steiner
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira
Prof. Msc. Javier Revilla Armesto
Prof. Msc. João Camilo Sevilla
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski
Prof. Msc. Lucas R. Oliveira
Prof. Dra. Keyla Christina Almeida Portela
Prof. Dr. Leandro Argentele-Martínez
Prof. Msc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann
Prof. Msc. Marcos Pisarski Júnior
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla
Prof. Msc. Mary Jose Almeida Pereira
Prof. Msc. Núbia Flávia Oliveira Mendes
Prof. Msc. Nila Luciana Vilhena Madureira
Prof. Dra. Patrícia Maurer
Prof. Msc. Queila Pahim da Silva
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo
Prof. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca
Prof. Msc. Wesclen Vilar Nogueira
Prof. Dra. Yilan Fung Boix
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Instituição

OAB/PB
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
UO (Cuba)
IF SUDESTE MG
Facultad de Medicina (Cuba)
ISCM (Cuba)
UFESSPA
UEA
UNEMAT
UFV
AJES
UFGD
UEMS
IFPA
UNICENTRO
IFMT
UFMG
URCA
ISEPAM-FAETEC
IFG
UEMS
UFF
(Colômbia)
UNAM (Peru)
IFRR
UCG (México)
Mun. Rio de Janeiro
UNMSM (Peru)
UFMT
Mun. de Chap. do Sul
IFPR
Tec-NM (México)
Consultório em Santa Maria
UFJF
UEG
FAQ
UNAM (Peru)
SEDUC/PA
IFB
IFPA
UNIPAMPA
IFB
UO (Cuba)
UFMS
UFPI
UFG
UEMA
IFB
UFPI
FURG
UO (Cuba)
UFT

Conselho Técnico Científico
- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Esp. Tayronne de Almeida Rodrigues
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

T673 Tópicos em ciência dos alimentos [livro eletrônico] : volume III / Organizador
Wesclen Vilar Nogueira. – Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora, 2021.
77p.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN 978-65-81460-08-2

DOI <https://doi.org/10.46420/9786581460082>

1. Alimentos – Análise. 2. Tecnologia de alimentos. I. Nogueira, Wesclen
Vilar.

CDD 664.07

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

APRESENTAÇÃO

À medida que a população aumenta, cresce também a necessidade de pensar a produção alimentícia. Além disso, deve ser levado em consideração as mudanças de hábitos dos consumidores, que, cada vez mais, buscam itens saudáveis e de boa qualidade. Nesse contexto, surgem alguns desafios relacionados ao processamento de alimentos para que sejam contempladas as exigências dos consumidores e as legislações vigentes.

Desta forma, o volume 3 do e-book “*Tópicos em Ciência dos Alimentos*” aborda pontos importantes para produção alimentícia, como: sistemas de produção; qualidade microbiológica; degradação de corantes utilizados na indústria; processamento de alimentos por meios alternativos; tecnologias para obtenção de novos produtos; instrumentos regulatórios, seus avanços e perspectivas. Além de caracterizar e descrever a atividade anti-inflamatória de frutos *in natura* da biodiversidade brasileira, principalmente aqueles ainda pouco conhecidos.

O conteúdo abordado em cada capítulo, demonstra os diferentes aspectos e realidades da Ciência de Alimentos, de modo a suprir a escassez de material na literatura para assuntos muitas vezes desconhecidos. Além disso, contribui para acesso ao conhecimento numa linguagem contextualizada e de fácil compreensão aos leitores. Assim, espero que os temas sejam de grande proveito e ofereçam subsídios teóricos para profissionais da área de Ciência dos Alimentos e áreas afins.

Wesclen Vilar Nogueira

SUMÁRIO

Apresentação	4
Capítulo I.....	6
Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica de méis inspecionados e não inspecionados comercializados no município Picos-Pi.....	6
Capítulo II	15
Panorama da produção do leite de búfala.....	15
Capítulo III.....	21
Frutos de babaçu: Um referencial teórico sobre sua composição química e aplicações nos alimentos	21
Capítulo IV	37
Aquecimento por radiofrequência no processamento de alimentos.....	37
Capítulo V.....	52
Degradação de corantes alimentícios: uma eficiente metodologia através da aplicação de processo avançado de oxidação	52
Capítulo VI	60
Frutas da biodiversidade do Rio Grande do Sul: composição química e potencial anti-inflamatório...	60
Índice Remissivo	76
Sobre o organizador.....	77

Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica de méis inspecionados e não inspecionados comercializados no município Picos-Pi

Recebido em: 15/07/2021

Aceito em: 29/07/2021

 10.46420/9786581460082cap1

Ana Carolina Santana da Silva¹ 

Gabriela Almeida de Paula^{2*} 

Lindalva de Moura Rocha³ 

Ronnyely Suerda Cunha Silva⁴

Whellyda Katrynne Silva Oliveira⁵ 

Hilton André Cunha Lacerda⁶ 

Rafael Elias Fernandes de Oliveira⁷ 

INTRODUÇÃO

Por definição, o mel é um produto natural de abelhas obtido a partir do néctar das flores (mel floral), de secreções de partes vivas das plantas ou de excreções de insetos sugadores de partes vivas das plantas (mel de melato) (Campos e Cozzolino, 2006). O mel é constituído essencialmente de vários açúcares, predominantemente D-frutose e D-glicose, como também de outros componentes e substâncias como ácidos orgânicos e partículas sólidas coletadas pelas abelhas. A aparência do mel varia de quase incolor a marrom escuro. Pode ser fluido, viscoso ou até mesmo sólido. Seu sabor e aroma variam de acordo com a origem da planta. Variedades de mel podem ser identificadas por sua cor, gosto, sabor, e maneira de cristalização (Silva et al., 2006)

O mel é considerado o produto apícola de fácil exploração, sendo também o mais conhecido e com maior possibilidade de comercialização. Além de ser um alimento, é também utilizado em indústrias farmacêuticas e cosméticas, pelas suas conhecidas ações terapêuticas. O mel é um alimento rico e de elevado valor energético, consumido mundialmente e de extrema importância para a saúde do organismo humano. Quando puro, por apresentar diversas propriedades: antimicrobiana, curativa, calmante, regenerativa de tecidos, estimulante, dentre outras (Freitas et al, 2008).

No Nordeste, a apicultura é uma atividade de grande importância, pois apresenta uma alternativa de ocupação e renda para o homem do campo. É uma atividade de fácil manutenção e de baixo custo inicial em relação às demais atividades agropecuárias. Esta atividade desperta muito interesse em diversos

^{1,6,7} Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí, Curso de Engenharia Agrônômica.

² Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Piauí, Curso de Nutrição

^{3,4,5} Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal do Piauí, Curso de Engenharia Agrônômica.

* Autora correspondente: gabrieladepaula@ufpi.edu.br

segmentos da sociedade por se tratar de uma atividade que corresponde ao tripé da sustentabilidade: o social, o econômico e o ambiental. O social por se tratar de uma forma de geração de ocupação e emprego no campo. Quanto ao fator econômico, além da geração de renda, há a possibilidade de obtenção de bons lucros. Na questão ambiental, pelo fato de as abelhas atuarem como polinizadores naturais de espécies nativas e cultivadas, preservando-as e consequentemente contribuindo para o equilíbrio do ecossistema e manutenção da biodiversidade (Freitas et al, 2004).

O Brasil é considerado um dos maiores produtores de méis, ficando atrás somente da China, Estados Unidos, Argentina, México e Canadá. Entretanto, o país apresenta grande potencial para desenvolvimento da atividade apícola devido apresentar flora e clima adequados. Para tanto, é necessário que o produtor possua conhecimentos sobre biologia das abelhas, técnicas de manejo e colheita do mel, pragas e doenças dos enxames, importância econômica, mercado e comercialização (Embrapa, 2003).

No Brasil, a apicultura forma uma cadeia produtiva composta por mais de 300 mil apicultores e uma centena de unidades de processamento de méis, que juntos empregam, temporária ou permanentemente, quase 500 mil pessoas. Em 2004, este setor foi responsável pela produção de 32 mil toneladas (t) de mel e 1,6 mil t de cera de abelha, atraindo divisas de mais de US\$ 42 milhões com exportação e se inserindo com destaque na pauta de exportação de agroprodutos do país (Freitas et al, 2008).

As abelhas possuem grande importância no serviço da polinização cruzada, que constitui uma importante adaptação evolutiva das plantas, aumentando o vigor das espécies, possibilitando novas combinações de fatores hereditários e aumentando a produção de frutos e sementes, que são responsáveis por fecundar 73% dos vegetais da flora (Bacaxixi e Neira, 2011).

A maior eficiência das abelhas como polinizadores se dá, tanto pelo seu número na natureza, quanto por sua melhor adaptação às complexas estruturas florais como, por exemplo, peças bucais e corpos adaptados para embeber o néctar das flores e coletar pólen, respectivamente (Bacaxixi e Neira, 2011).

Segundo Queiroga et al. (2015) a região Nordeste do Brasil possui um dos maiores potenciais apícolas do mundo. Além disso, alguns estados também vocacionados para a produção de geleia real, própolis, pólen, cera e apitoxina, produtos que podem atingir preços superiores ao do próprio mel. A região também é uma das poucas do mundo com possibilidade de produzir o mel orgânico em grande quantidade, devido à diversidade florística e de microclima. Diante das vastas extensões ainda inexploradas e isentas de atividade agropecuária tecnificada, à existência de extensas áreas onde não se utilizam agrotóxicos nas lavouras, fazem dessa região a de maior potencial para a produção de mel orgânico em todo o mundo, produto este bastante procurado e valorizado no mercado internacional.

De acordo com o ministério da saúde os contaminantes de alimentos considerados perigosos podem ser de natureza biológica, química e física. Podendo ainda ser considerado contaminante uma condição do alimento que poderá causar danos à saúde ou a integridade do consumidor.

Segundo Mota et al. (2018) dentre os perigos biológicos enquadram-se: bactérias, vírus, parasitos, toxinas microbianas e príons. Entre os químicos se destacam as toxinas de origem biológicas (e.g toxinas marinhas, micotoxinas etc.), pesticidas, aminas biogênicas, resíduos de drogas veterinárias, produtos de limpeza, lubrificantes, alergênicos. Já os físicos se destacam os fragmentos de vidro, metais, madeira, pedras, cabelos, pragas.

O controle microbiológico do mel também está relacionado à qualidade e segurança deste alimento, pois, a microbiota do mel pode variar, tendo além de micro-organismos introduzidos pelas próprias abelhas, outros introduzidos de forma indesejada por falta de higiene na manipulação ou durante a extração e beneficiamento (Marinho et al 2018)

Em relação as análises físico-químicas do mel, essas, são consideradas úteis para detectar prováveis adulterações e também para confirmar as condições de manipulação e armazenamento dos méis inspecionados e não inspecionados. Os resultados das análises são comparados com os valores de referência das legislações e recomendações dos órgãos internacionais para confirmar a identidade e qualidade do produto disponibilizado para o consumo.

Diante desse cenário, o objetivo do trabalho foi a avaliação da qualidade físico-química e microbiológica de méis inspecionados e não inspecionados, comercializados no município de Picos - Piauí.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenções das amostras de méis

As amostras de méis não inspecionadas foram doadas por apicultores e as amostras inspecionadas adquiridas no comércio local do município de Picos - PI.

Análises físico-químicas de méis

As análises foram realizadas no Núcleo de Estudo Pesquisa e Processamento de Alimentos (NUEPPA), localizado no Centro de Ciências Agrária da Universidade Federal do Piauí.

Determinação do pH (Potencial Hidrogênico)

O potencial hidrogeniônico (pH) das amostras foi determinado utilizando-se um pHmetro portátil, modelo mPA-210P, devidamente calibrado.

Determinação resíduo físico mineral (cinzas)

O teor de cinzas das amostras foi determinado segundo técnica do Instituto Adolfo Lutz (2008). Foram pesados 2 g de cada amostra de mel foi transferida para cadinho de porcelana previamente aquecido em mufla por 30 min. Posteriormente a amostra foi levada à mufla 105 °C por 1 h a fim de retirar sua umidade. Logo após a amostra foi levada ao forno mufla a 600 °C por 5 horas e calcinada até cinzas brancas. As amostras esfriaram em dessecador e foram posteriormente pesadas.

Determinação da acidez

O método foi realizado de acordo com as diretrizes definidas pela Association of Official Analytical Chemistry (A.O.A.C, 2005). A determinação se fundamenta na neutralização dos compostos ácidos presentes no mel por uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N até atingir o ponto de equivalência (pH 8,3). Foram pesados 10,0 g amostra de mel em becker e posteriormente realizada a titulação gota a solução de hidróxido de sódio (NAOH) 0,1 N até atingir pH 8,3.

Determinação da umidade e sólidos solúveis

A determinação da umidade foi estabelecida de acordo com a Association of Official Analytical Chemistry (A.O.A.C, 2005). Foram pingadas duas ou três gotas da amostra de mel no prisma principal, fechado e travado o prisma secundário e realizado a leitura do índice de refração a 20 °C e anotado o resultado.

Análises microbiológicas

Os parâmetros avaliados nas análises microbiológicas foram: número mais provável de coliformes a 35 °C e 45 °C, ocorrência de *Salmonella sp.*, e presença de *Clostridium sp.*, conforme o Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos (Silva et al., 2007; Martins et al., 2018).

Clostridium sp.

Na preparação das amostras foram pesadas 25 g das amostras de méis e diluídas em 225 ml de água peptonada e homogeneizada. Dessa amostra foi retirada 1 ml e realizadas diluições seriadas. Para a preparação foi utilizado o Ágar SPS (Angelotti Perfringens Selective) suplementada com gema de ovo e posteriormente realizada o plaqueamento e logo após realizada a inoculação com as diluições da amostra de mel. A incubação foi feita em atmosfera anaeróbica por um período de 48 h em estufa a 37 °C.

Coliformes Termotolerantes e Coliformes totais

Foi realizado o teste presuntivo, em que são feitas alíquotas de 1 ml das respectivas diluições da amostra e inoculadas em uma série de três de Caldo Lauril Sulfato Tryptose (LST) e posteriormente incubadas por um período de 24-48 horas em estufa a 35 °C para posterior enumeração de coliformes.

Salmonella sp.

O teste para verificação de presença ou ausência de *Salmonella* consiste em diluir 25 g da amostra de mel em triplicata em 25 ml de água destilada e diluir novamente em 225 ml de água Peptonada tamponada (BPW) e homogeneizada. Logo após incubada a 37 °C por 24 h. Dessa amostra diluída foram transferidas alíquotas de 1ml em 10ml de Caldo Selenito Cistina e 0,1ml em Caldo Rappaport Vassilidis Soja (RVS), as amostras foram encubadas em 37 °C por 24 hs e depois realizada a inoculação das amostras em placas com Ágar Hektoen Enteric e em Ágar *Salmonella Shigella*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO***Análises microbiológicas de méis***

Não foi verificado presença de *Clostridium sp* e *Salmonella sp.* nas amostras inspecionadas e não inspecionadas. Os valores para coliformes termotolerantes e totais encontram-se dentro dos padrões exigidos pela legislação.

Tabela 1. Análises microbiológica de méis de abelha inspecionados e não inspecionados oriundos do município de Picos PI.

Amostra	Categoria	Coliformes (35°C e 45 °C NMP/g)	<i>Clostridium sp.</i>	<i>Salmonella sp.</i>
1	MSI	<3,0 NMP/g	0,0	Ausência
2	MSI	<3,0 NMP/g	0,0	Ausência
3	MSI	<3,0 NMP/g	0,0	Ausência
4	MSI	<3,0 NMP/g	0,0	Ausência
5	MCI	<3,0 NMP/g	0,0	Ausência
6	MCI	<3,0 NMP/g	0,0	Ausência
7	MSI	<3,0 NMP/g	0,0	Ausência

MSI- Méis sem inspeção; **MCI-** Méis com inspeção.

Os valores obtidos NMP por grama de mel para as amostras MSI e MCI, encontraram-se dentro do recomendado pela RDC nº 12 para micro-organismos totais e termotolerantes, indicando condições

adequadas de higiene ao longo do processamento do mel e que o produto possui qualidade higiênico-sanitária adequada para consumo e comercialização, segundo (BRASIL, 2001).

Segundo Franco e Landgraf (2008), o mel apícola é um alimento que apresenta uma microbiota restrita, devido as condições desfavoráveis para o crescimento e desenvolvimento de fungos e bactérias que se devem ao pH ácido dos méis impedindo o desenvolvimento. No entanto, Souza et al. (2011), relatam que essa contaminação pode ocorrer pós-processamento, limpeza e sanitização. Considerado indicativo das condições higiênico sanitárias para o grupo coliformes a contaminação ocorre através da contaminação fecal de animais de sangue quente, inclusive o homem, podendo originar-se também da deficiente sanitização das superfícies de trabalho na planta de processamento. Segundo a Portaria nº 367, de 04 de setembro de 1997 do Ministério do Abastecimento, os padrões microbiológicos para o mel são: ausência de coliformes totais/g em cinco amostras analisadas de um lote e presença de no máximo 100 UFC/g de bolores e leveduras em duas amostras de cinco analisadas de um mesmo lote

Nenhuma das amostras avaliadas foi positiva para presença do grupo coliforme e contaminação por *Clostridium sp* e *Salmonella sp.*. Esses resultados demonstraram que os apicultores e os fabricantes de méis estão obedecendo à regulamentação, seguindo a recomendação de Boas Práticas de Fabricação, garantindo boa qualidade do mel produzido e processado.

Análises físico-químicas

Não houve diferenças estatísticas a 5% de probabilidade pelo teste Tukey entre as amostras de méis avaliadas em relação a composição físico-química. Tanto as amostras inspecionadas como as amostras não inspecionadas encontram-se dentro dos padrões exigidos pela legislação (Tabela 2).

Tabela 2. Médias das Análises físico-químicas dos méis inspecionados e não inspecionados.

Categoria	Umidade (g/100g)	Sólidos solúveis (%)	Resíduos minerais físicos (Cinzas) (g/100g)	pH	Acidez total (g/100g)
MSI	18,2 a	81,8	0,4 a	3,06 a	3,25 a
MSI	19,4 a	80,6	0,35 a	3,91 a	2,81 a
MSI	18,4 a	81,6	0,08 a	3,74 a	2,98 a
MSI	18,6 a	81,4	0,5 a	3,79 a	2,67 a
MCI	17,6 a	82,4	0,48 a	3,4 a	3,01 a
MCI	17,2 a	82,8	0,52 a	3,5 a	3,03 a
MSI	16,4 a	83,6	0,027 a	3,39 a	3,32 a

MSI- Méis sem inspeção; **MCI**- Méis com inspeção. Letra iguais na coluna indicam diferem entre si a 5% de significância pelo teste Tukey.

Todas as amostras apresentaram pH dentro da legislação brasileiras que, de acordo com o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento deve variar entre 3,3 e 4,6. Conforme Dantas et al. (2017), a análise de pH não é obrigatória para avaliação da qualidade do mel, mas é um parâmetro auxiliar para avaliação da acidez total. A avaliação do pH é importante, uma vez que maioria dos micro-organismos patogênicos necessitam para o seu crescimento de um pH na faixa de 7,2 a 7,4. Por ser ácido, em média 3,9, o pH é considerado um fator antimicrobiano, pois grande parte dos microrganismos patogênicos não conseguem se desenvolver nessa faixa. (Araújo et al., 2006). A ausência de crescimento dos micro-organismos analisados pode ter sido favorecida pela alta acidez e baixo pH e pelo conteúdo de umidade encontrada nas amostras analisadas (Marinho et al., 2018).

Os valores de resíduos minerais físicos (Cinzas) mantiveram-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação. Normalmente os méis contêm uma variedade de substâncias minerais e micronutrientes, e a quantidade absoluta destes varia entre 0,02 a 1,0%. Dentre os minerais contidos, o potássio é o mais abundante, presente na proporção de um terço do conteúdo total de minerais. Diversos estudos avaliam possíveis fatores que influenciam na quantidade de minerais e elementos traço. Dentro destes fatores se destacam a origem botânica (Souza et al. 2012).

Para o parâmetro umidade a legislação estabelece que o teor de umidade nos méis não pode ultrapassar a 20%, os resultados encontram-se em conformidade com os padrões estabelecidos. Tanto as amostras de méis inspecionados como as de méis não inspecionada possuem valores abaixo de máximo.

O conteúdo de água é um parâmetro de qualidade muito importante em praticamente todos os produtos alimentícios, bem como em seus ingredientes. Ele é muito importante, se o conteúdo de água é o principal fator com respeito a alterações por fermentação (Cavia et al., 2002).

A acidez total de todas as amostras analisadas apresentou valores inferiores a 50 meq/kg, os valores de acidez não devem ser superiores a 50 meq/kg mel. Portanto não foram encontrados processos fermentativos nas amostras de méis. A acidez total do mel pode ser determinada por diversos fatores, variando de acordo com a variação de ácidos orgânicos, que são causadas pelas diferentes fontes de néctar, a ação das bactérias durante a maturação e os minerais presentes na composição. A acidez é importante na manutenção da estabilidade, reduzindo o risco de desenvolvimento de microrganismos (Nogueira Neto et al., 1997).

CONCLUSÕES

Todas as amostras, inspecionadas e não inspecionadas apresentaram valores dentro dos padrões exigidos pelos órgãos regulamentadores. O mesmo foi observado para as análises microbiológicas. Os resultados garantem que os méis estão aptos para o consumo indicando boas práticas de higiene no seu processamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC - Association of Official Analytical Chemists (2005). Official methods of analysis. 16. ed. Arlington: AOAC.
- Araújo et al. (2006). Avaliação da qualidade físico-química do mel comercializado na cidade de Crato, CE. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 6(1): 51-55.
- Bacaxixi P, Neira M (1988). Tecnología de la producción apícola. Valdivia: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciências Agrarias Empaste.
- Cavia MM et al. (2002). Evolution of Fructose and Glucose in Honey Over One Year: influence of induced granulation. *Food Chemistry*, 78: 157-161.
- Campos E, Cozzolino D (2006). Classification of the Floral Origin of Uruguayan honeys by Chemical and Physical Characteristics Combined with Chemometrics. *Food Science and Technology*, 39(5): 534-539.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2003). Produção de Mel; O valor nutricional do mel; Nova Sampa Diretrizes; editora Ltda: São Paulo.
- Dantas JJJ et al. (2017). Influência das características físico-químicas e composição elementar nas cores de méis produzidos por *Apis mellifera* no sudoeste da Bahia utilizando análise multivariada. *Química Nova*, 33(5): 1022-1026.
- Freitas JE et al. (2004). Caracterização físico-química de méis de *Apis mellifera* L. da região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, 38(6): 1737-1741.
- Franco BDGM, Landgraf M (2008). Microbiologia dos alimentos. São Paulo: Atheneu, 2008.
- Instituto Adolfo Lutz (2008). Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos; 4ª ed. São Paulo: IMESP, 2.
- Nogueira-Neto (1997). Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão. São Paulo: Nogueirapis. 446p.
- Martins AMC de O (2018). Water Quality Enumeration of *Clostridium perfringens*-Method using membrane filtration. Tese de Doutorado.
- Marinho N da et al. (2018). Manual de Métodos de Análises Microbiológicas de Alimentos e Água. 3. Ed. São Paulo: Varela.
- Marinho BC (2018). Exame dos elementos químicos inorgânicos encontrados em méis brasileiros de *Apis mellifera* e suas relações físico-biológicas. São Paulo. 131p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biologia, Universidade de São Paulo (USP).
- Mota M, Moura P (2018). Vida e Criação de Abelhas Indígenas Sem Ferrão. São Paulo: Nogueirapis. 446p.
- Silva N et al. (2007). Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos. 3. ed. São Paulo: Varela. 552p.
- Souza CL et al. (2012). Caracterização físico-química de méis produzidos no Estado do Piauí para diferentes floradas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 8: 260-265.

- Souza FG et al. (2011). Controle de qualidade e análise química em produtos derivados da abelha (APIS MELLIFERA); Universidade de Ribeirão Preto-SP.
- Silva SJN da et al. (2006). Determinação do 5-hidroximetilfurfural em méis utilizando cromatografia a eletrocinética capilar micelar. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28: 46-50.
- Queiroga A et al. (2015). Characterization of Spanish Thyme Honeys by Their Physicochemical Characteristics and Mineral Contents. *Food Chemistry*, 88(4): 537-542.

Panorama da produção do leite de búfala

Recebido em: 12/09/2021

Aceito em: 18/09/2021

 10.46420/9786581460082cap2

Ariane Dantas^{1*} 

INTRODUÇÃO

O búfalo é um animal de extraordinária capacidade de adaptação e produtividade, pois reúne uma combinação de atributos inerentes à espécie a qual possibilita adequar-se facilmente às mais diferentes condições ambientais e tipos de manejos. É chamado popularmente de ouro negro devido à excelente aptidão para o fornecimento de diversos produtos, sendo o setor lácteo apontado em diversos países como o segmento mais promissor dentro da bubalinocultura, visto a liquidez que esse produto apresenta (El Debaky et al., 2019).

A Índia, país berço da bubalinocultura mundial e local de origem da espécie, é um grande representante da produção de leite de búfala. Apresenta expressivos resultados zootécnicos e aumento consistente no setor de laticínios e do mercado consumidor, fazendo com que essa seja vista como uma prática rural de grande importância socioeconômica à população (Zicarelli, 2020).

No Brasil, devido ao aumento da demanda por parte dos consumidores no mercado interno, a criação de bubalinos para a produção de leite também está em expansão, sendo constatado o surgimento de uma desenvolvida cadeia produtiva de leite e derivados. O processamento do leite de búfala gera produtos diferenciados, tais como a muçarela, representando um atrativo e promissor segmento para a pecuária leiteira brasileira. No entanto, ainda com especificidades que devem ser melhor estudadas e adaptadas às condições ambientais do país (Silva e Ribeiro, 2021).

A superioridade do leite de búfala e, por conseguinte a de seus derivados quando comparado ao de vaca, consiste no fato de que apresenta maior quantidade dos principais constituintes do leite, tais como sólidos totais, gordura e proteína (Da Silva et al., 2019). A elevada qualidade nutricional confere maior rendimento e melhor aproveitamento na fabricação de seus derivados, o que é de significativa importância econômica aos produtores (Napolitano et al., 2021).

Segundo Ricci e Domingues (2012), para a produção de 1 kg de muçarela são necessários 5 litros de leite de búfala, já para fabricar a mesma quantidade de muçarela com leite bovino são exigidos mais de

¹ Departamento de Produção Animal e Medicina Veterinária Preventiva, FMVZ, UNESP, Botucatu, SP, Brasil.

* Autora correspondente: dantas.vet@gmail.com

10 litros. Portanto, o leite de búfala proporciona rendimento de 50% maior que ao leite de vaca na fabricação de derivados. As características peculiares do leite de búfala permitem uma produção de derivados que se faz mais rentável, além de proporcionar sabor e aroma singulares (Cavali e Pereira, 2017).

No entanto, estudos sobre os aspectos químicos, físicos e microbiológicos do leite de búfala e diversos fatores que influenciam esses atributos, ainda são modestos e alguns apresentam resultados divergentes (El-Salam e El-Shibiny, 2011; Gantner et al., 2015). Desta forma, conhecer melhor essas características que são determinantes na produção e qualidade do leite é fundamental.

Assim, tornam-se relevantes estudos que apresentem informações que acompanhem o crescimento da bubalinocultura leiteira no país e no mundo. Este capítulo tem por objetivo revisar particularidades relacionadas ao leite de búfala, destacando: distribuição geográfica da produção e características físico-químicas peculiares desta substância.

DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA PRODUÇÃO DE LEITE DE BÚFALAS

A criação de búfalos é uma atividade importante em diversos países do mundo, seja para a produção de carne e leite ou ainda para serem usados como animais de tração, auxiliando na agricultura. É uma prática que se apresenta em crescimento, sendo esse incremento na produção mundial atribuído ao investimento em nutrição e genética, bem como à implementação de programas nacionais de incentivo à produção de leite aplicados em vários países (Mane e Chatli, 2015).

Atualmente, 15% da produção global de leite fresco é de leite de búfala. Entre os anos de 2009 a 2019, observou-se aumento de 49,43% na sua produção, saltando de aproximadamente 89.077 para 133.752 milhões toneladas (t). O continente asiático apresenta maior produção de leite (97,2%), sendo a Índia o país que detém os títulos mundiais de maior produtor (92 milhões de t), rebanho bubalino (109,85 milhões de cabeças) (FAOSTAT, 2021) e consumidor (per capita de 337 g/dia), consumindo quase toda a sua própria produção de leite (Vekariya et al., 2021).

Outros países asiáticos como Paquistão, China e Nepal também apresentam significativa produção de leite de búfala, juntos são responsáveis por 38.672 milhões t. São tradicionalmente reconhecidos quanto a importância que essa atividade tem econômica e socialmente a população, dependendo dessa espécie para seu sustento mais do que qualquer outro animal doméstico (Zhang et al., 2020).

O Egito destaca-se como principal criador de búfalo no continente africano. É a principal fonte de leite produzido neste país (2.109 milhões t), superando a produção de leite de vacas. É considerado o preferido pelo consumidor egípcio, principalmente devido ao sabor, cor e teor de sólidos totais, particularmente gordura. O leite de búfala tem valor elevado quando comparado ao leite de vaca (Minervino et al., 2020).

Na Europa, o maior representante da bubalinocultura leiteira é a Itália, a qual destaca-se pela genética dos animais, intensificação do sistema de produção e quantidade de leite produzido (378 mil t). A maioria do leite produzido é utilizado na elaboração de derivados de alta qualidade, sendo considerado nicho de mercado. Exemplo disso, cita-se a muçarela de búfala caracterizada com denominação de origem (Cappelli et al., 2021).

Quanto ao continente americano, o Brasil e a Colômbia são grandes referências na criação de búfalos. O rebanho bubalino brasileiro, é considerado o maior do continente americano e está estimado em 1.434.141 de cabeças, com destaque a região norte do país, onde se concentra a maioria dos animais, só o estado do Pará detém 66,38% do rebanho nacional (IBGE, 2019).

A atividade leiteira brasileira tem se expandido constantemente nos últimos anos a sua capacidade de processamento e produção de derivados. A produção de leite no país é estimada em 83,5 milhões de litros, obtidos de 75.684 búfalas espalhadas em 3.357 fazendas, gerando um montante de aproximadamente R\$ 665,8 milhões. Atualmente, há em torno de 150 laticínios que processam o leite de búfala no Brasil, destes, 8 trabalham com o chamado Selo de Pureza da Associação Brasileira de Criadores de Búfalo (ABCB) o qual proporciona autenticidade e responsabilidade ao que se é produzido (Boletim do Búfalo, 2019).

O leite de búfala é quase que totalmente processado e o principal derivado, desta matéria-prima, é a muçarela. A região sudeste do país é considerada a responsável pelo crescimento e fortalecimento da atividade devido à presença de uma desenvolvida e articulada cadeia de produção para que assim, consiga-se atingir todos os requisitos exigidos pelo consumidor (ABCB, 2021).

Contudo, a produção de leite carece de trabalhos no Brasil envolvendo dados de produção de bubalinos a partir de informações de rebanho comercial. Geralmente, há informações de regiões isoladas, com pouca ou nenhuma conexão entre animais, aumentando a importância de melhor conhecer as características do leite que aqui é produzido (Matos et al., 2020).

COMPOSIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO LEITE DE BÚFALA

O leite de búfala apresenta em média 17% de sólidos totais e teor de gordura que varia entre 5,3 a 9,0%, sendo esta constituída de glóbulos maiores (3,9-7,7 μm) que possuem, na sua estrutura de membrana, compostos bioativos (esfingolípídeos e fosfolípídeos) os quais atribuem grande valor nutricional e propriedades anticarcinogênicas a este alimento (Roy et al., 2020). Além disso, a concentração total do colesterol é menor do que a encontrada no leite de vaca (275 e 330 mg/100 g, respectivamente) (Amaral, 2005).

A fração lipídica do leite de búfala possui em sua composição 30% de ácidos graxos insaturados e 70% de saturados, sendo essas informações muito importantes, pois permitem a fabricação de produtos

que agregam qualidade nutricional ao alimento, característica essa muito apreciada pelos consumidores em geral (Ménard et al., 2010).

Os níveis de proteínas variam entre 3,8 a 4,5%, sendo o perfil proteico constituído por 77 a 79% de caseína (α 1-, α 2-, β - e κ -caseína) e de 21 a 23% de soroproteínas (β -lactoglobulina e lactoalbumina) (Shindhu e Arora, 2011). As proteínas presentes no leite de búfala desempenham funções importantes ao organismo, tais como precursores de peptídeos bioativos (Guha et al., 2021).

A lactose, principal açúcar do leite, está presente no leite bubalino em teores que oscilam entre 4,05 a 5,39%. Níveis estes importantes na fabricação de derivados lácteos influenciando os processos de acidificação e fermentação do leite. É o componente de menor diferença entre os leites de búfala e vaca, no entanto, o leite de búfala possui sabor mais adocicado (Zotos e Bampidis, 2014).

Já quanto aos minerais, seus níveis são superiores ao leite de vaca, apresentando 59% mais cálcio e 47% mais fósforo (Enb et al., 2009). A proporção de cálcio bem como o tamanho maior das micelas do leite de búfala, faz com que a κ -caseína tenha menor capacidade de estabilizar a α s-caseína no processo de formação do coalho, logo o tempo de coagulação é menor, contribuindo dessa forma na fabricação de queijos (Joshi et al., 2003).

O leite de búfala não contém β -caroteno em sua composição química, composto este responsável pela tonalidade amarelada da gordura. Dessa forma, o leite e os derivados produzidos por possuem apenas a vitamina A, que é incolor, apresentam coloração mais clara que o de vaca (Verruma e Salgado, 1994).

Destacam-se também no leite de búfala, os teores significativos de vitamina E (tocoferol), ácido ascórbico, tiamina, riboflavina, ácido nicotínico, ácido *o*-aminobenzoico, ácido fólico e piridoxina, todos superiores aos níveis encontrados no leite de vaca (Shindhu e Arora, 2011).

O leite de búfala apresenta densidade média entre 1,025 e 1,047 g/ml, pH de 6,41 a 6,47, ponto crioscópico entre -0,531 e -0,548° e acidez titulável média de 15,7 e 19,01°D, devido a grande quantidade de caseína que apresentam. Esses aminoácidos possuem características anfotéricas, os quais agem como ácido durante o processo de titulação, interferindo na acidez do leite (Nader Filho et al., 1996). No entanto, no Brasil não há uma legislação federal específica para determinar o padrão de identidade e qualidade do leite de búfala.

CONCLUSÃO

A bubalinocultura leiteira é uma atividade em crescimento no Brasil, particularmente na região sudeste do país, apresentando-se como nova alternativa a pecuária leiteira. O leite de búfala, por exibir características físico-químicas que o diferem de qualquer outro tipo de leite, apresenta-se como uma iguaria de extraordinário valor nutricional e elevado rendimento na produção de derivados, despertando grande

interesse à indústria de lácteos. Porém um manejo competente é essencial, para que a eficiência da produção e utilização do potencial total da bubalinocultura leiteira possam ser alcançados, auxiliando no desenvolvimento e fortalecimento da atividade no país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaral FR (2005). Qualidade do leite de búfalas: composição. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 29: 106-110.
- ABCB - Associação Brasileira de Criadores de Búfalos. Laticínios: derivados de leite de búfalas. Disponível em: <<http://www.bufalo.com.br/laticinios.html>>. Acesso em: 01/09/2021.
- Boletim do Búfalo. Disponível em: < <https://www.bufalo.com.br/home/wp-content/uploads/2021/01/boletim-bufalo-2019-no1.pdf>>. Acesso em: 01/09/2021.
- Cappelli G et al. (2021). Italian Tracing System for Water Buffalo Milk and Processed Milk Products. *Animals*, 11: 2-10.
- Cavali J; Pereira RGA (2020). Produção leiteira de búfalos. Salman AKD; LFM Pfeifer (ed.). *Pecuária Leiteira na Amazônia*. Brasília: Embrapa. 391-399p.
- Da Silva DA et al. (2019). Características qualitativas e sensoriais do leite das diferentes espécies domésticas. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, 3(4): 05-13.
- El Debaky HA et al. (2019). Review: Potential of water buffalo in world agriculture: Challenges and opportunities. *Applied Animal Science*, 35: 255-268.
- El-Salam MA; El-Shibiny S (2011). A comprehensive review on the composition and properties of buffalo milk. *Dairy Science & Technology*, 91: 663-699.
- Enb A et al. (2009). Chemical composition of raw milk and heavy metals behavior during processing of milk products. *Global Veterinaria*, 3: 268-275.
- FAOSTAT - Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em: 1/09/2021.
- Gantner V et al. (2015). The overall and fat composition of milk of various species. *Mljekarstvo* 65(4): 223-231.
- Guha S et al. (2021). A comprehensive review on bioactive peptides derived from milk and milk products of minor dairy species. *Food Production, Processing and Nutrition*, 3(2): 1-21.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Pecuária Municipal: Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 01/09/2021.
- Joshi NS et al. (2003). Effect of calcium on physicochemical properties of fat-free mozzarella cheese. *Journal of Food Science*, 68: 2289-2294.

- Mane BG; Chatli MK (2015). Buffalo Milk: Saviour of Farmers and Consumers for Livelihood and Providing Nutrition. *Agricultural Rural Development*, 2: 5-11.
- Matos AS et al. (2020). Production of buffalo milk (*bubalus bubalis*) in Brazil. *Buffalo Bulletin*, 39(3): 323-329.
- Ménard O et al. (2010). Buffalo vs. cow milk fat globules: Size distribution, zeta-potential, compositions in total fatty acids and in polar lipids from the milk fat globule membrane. *Food Chemistry*, 120: 544-551.
- Minervino AHH et al. (2020). *Frontiers in Veterinary Science*. *Bubalus bubalis*: A Short Story, 7: 1-15.
- Nader Filho A et al. (1996). Variação das características físico-químicas do leite de búfala, durante os diferentes meses do período de lactação. *Artigos de Veterinária*, 12: 148-153.
- Napolitano F et al. (2021). Advances and Perspectives in Research on Buffalo Milk Production and Mozzarella Cheese. *Agro productividad*, 1: 1-9.
- Ricci GD, Domingues PF (2012) O leite de búfala. *Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP*, 10(1): 14-19.
- Roy D et al. (2020). Composition, Structure, and Digestive Dynamics of Milk From Different Species - A Review. *Frontiers in Nutrition*, 7: 1-17.
- Shindhu JS, Arora S (2011). Buffalo milk. Fuquay JW (ed). *Encyclopedia of dairy sciences*. San Diego: Academic Press, 503-511p.
- Silva GC, Ribeiro LF (2021). Os bubalinos no Brasil e a produção de leite. *GeTeC - Gestão, Tecnologia e Ciências*, 10(26): 42-50.
- Vekariya SJ et al. (2021). Prospects of Dairy Farming in India: A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 10(1): 1127-1134.
- Verruma MR, Salgado JM (1994). Análise química do leite de búfala em comparação ao leite de vaca. *Scientia Agricola* 51: 131-137.
- Zhang Y et al. (2020). Asian water buffalo: domestication, history and genetics. *International Foundation for Animal Genetics*, 51: 177-191.
- Zicarelli L (2020). Current Trends in Buffalo Milk Production. *Journal of Buffalo Science*, 9: 121-132.
- Zotos A, Bampidis VA (2014). Milk fat quality of Greek buffalo (*Bubalus bubalis*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 33(2): 181-186.

Frutos de babaçu: Um referencial teórico sobre sua composição química e aplicações nos alimentos

Recebido em: 13/09/2021

Aceito em: 20/09/2021

 10.46420/9786581460082cap3

Cleber do Amaral Mafessoni¹ 

Andressa dos Santos Cruz¹ 

Juliana Rodrigues Santana¹ 

Gisele Teixeira de Souza Sora² 

Luís Fernando Polesi² 

Gabrieli Oliveira-Folador² 

INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo país com maior diversidade de espécies frutíferas tropicais, produzindo aproximadamente 38 milhões de toneladas (t) por ano (Brasil, 2016). A região Amazônica destaca-se nessa produção, considerando que das 500 espécies de frutas nativas brasileiras 44% encontram-se nesta região (Brasil, 2016).

Entre as espécies nativas da região, tem-se o babaçu. O fruto do babaçu tem potencialidade tecnológica nas indústrias químicas, de cosméticos e alimentícias. Sendo utilizado na obtenção do óleo comestível, margarinas, além de saboarias, velas, carvão, furfural, ácido acético, metanol, alcatrão, celulose, papel e álcool anidro (Carneiro, 2013).

As partes da composição do fruto de babaçu, têm sido empregadas para elaboração de produtos, tais como farinhas e óleo. O babaçu é considerado a maior fonte mundial de óleo silvestre para uso doméstico (Lima et al., 2006) e nos últimos anos, a farinha do mesocarpo alavancou o processamento de alimentos (Camili et al., 2019; Cavalcante; Adeval, 2012).

Considerando as potencialidades do fruto de babaçu, principalmente suas amêndoas e seu mesocarpo, o objetivo deste capítulo foi compilar informações relativas às características físicas, sensoriais para tornar mais acessível esta matéria prima para aproveitamento e aplicações na indústria de alimentos.

¹ Mestrandos em Agroecossistemas Amazônicos, Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Campus de Rolim de Moura. Av. Norte Sul, nº 7300, Bairro Nova Morada, 76940-000. Rolim de Moura, Rondônia – Brasil.

² Docentes, Departamento de Engenharia de Alimentos, Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Campus de Ariquemes. Av. Tancredo Neves, 3450 – Setor Institucional, CEP: 76.872.848. Ariquemes, Rondônia – Brasil. Docentes em Agroecossistemas Amazônicos, Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Campus de Rolim de Moura. Av. Norte Sul, nº 7300, Bairro Nova Morada, 76940-000. Rolim de Moura, Rondônia – Brasil

* Autor correspondente: cleberkrt@gmail.com

PALMEIRA DE BABAÇU

A palmeira do fruto babaçu (*Attalea speciosa*), pertence à família *Arecaceae/Palmae* e está presente em vários países da América Latina. No Brasil, encontra-se praticamente em todo território, sendo seu uso mais difundido na Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga (Carrazza et al., 2012b). Pode alcançar entre 15 a 20 m de altura, e começa a frutificar entre 8 a 10 anos de vida, sendo que o ápice da produção ocorre aos 15 anos. Apresenta uma vida média de 35 anos (Souza et al., 2021b). Produz o ano todo, de 3 a 6 cachos de frutos, sendo que cada cacho possui cerca de 150 a 300 cocos

Devido a ocorrência geográfica, o fruto do babaçu pode apresentar várias denominações, tais como: coco-palmeira, coco-de-macaco, coco-pindoba, baguaçu, uauaçu, catolé, andaiá, andajá, indaia, pindoba, pindobassu, além outras denominações (Carazza et al., 2012b). De acordo com o Inventário Florestal Nacional (IFN), é considerada como “babaçu” a espécie *Attalea speciosa* Mart. ex Spreng (Brasil, 2019).

O Babaçu tem grande importância no meio econômico no Brasil, principalmente entre as populações tradicionais e famílias rurais que possuem baixa renda. Em certas regiões o aproveitamento da palmeira é integral, sendo aproveitado das folhas até as sementes (Silveira, 2017).

ASPECTOS MORFOLÓGICOS DO FRUTO

Os frutos de babaçu têm formato elipsoidal cilíndrico, variando de 90 a 280 g sendo composto por epicarpo, mesocarpo, endocarpo e amêndoas. O epicarpo do fruto é uma camada externa rígida e fibrosa. O mesocarpo apresenta dimensões entre 0,5 a 1,0 cm de espessura e é rico em amido. O endocarpo ocupa aproximadamente 2 a 3 cm. As amêndoas, por sua vez, muito utilizadas industrialmente, possuem tamanho entre 2,5 a 6 cm de comprimento e 1 a 2 cm de largura, podendo variar de 3 a 4 amêndoas por fruto (Carrazza et al., 2012a).

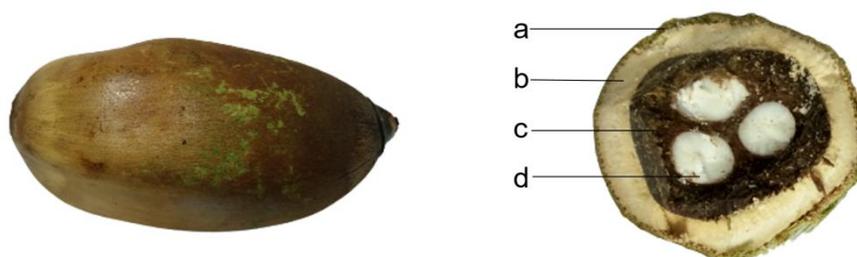


Figura 1. Fruto babaçu inteiro e em corte transversal. Componentes: epicarpo (a), mesocarpo (b), endocarpo (c) e amêndoa (d). Fonte: os autores.

Epicarpo

Aproximadamente 11% do fruto do babaçu é composto pelo epicarpo, que reveste toda a fruta, ou seja, é a casca do fruto. Devido ser um material muito resistente é muito utilizado para a fabricação de utensílios como escovas, tapetes e artesanatos (Silva et al., 2019a).

Mesocarpo

O mesocarpo consiste na camada localizada entre a casca e o endocarpo e compreende aproximadamente 23% do fruto (Silva et al., 2019a; Albiero et al., 2007). Após a colheita a casca é retirada manualmente e o mesocarpo é colocado para secar ao sol durante 03 dias. Posteriormente é triturado, embalado e destinado à fabricação de farinha (Carrazza et al., 2012a). O mesocarpo é rico em amido, por este motivo apresenta interesse comercial para a fabricação de farinha (Lorenzi, 2004).

Sua composição química se destaca pela considerável concentração de proteínas e fibras, além de ser rica em polifenóis com elevada capacidade antioxidante (Holanda et al., 2020). Por esse motivo é utilizado como suplemento alimentar. Silva et al. (2019b) destacam que o mesocarpo do babaçu se apresenta como uma matéria-prima promissora para a indústria alimentícia e farmacêutica (Silva et al., 2019a). Segundo Silva et al. (2021), apresenta propriedades que auxiliam no tratamento de inflamações, cólicas menstruais e até leucemias. Lorenzi (2004) afirma que esta fração do babaçu apresenta propriedades que auxiliam na cicatrização, na diminuição de risco de trombose e antimicrobiana.

Endocarpo

O endocarpo se apresenta como um tecido rico em feixes vasculares, fibra e parênquimas de enchimento. Possui característica de tecido lignificado, extremamente duro, com estrutura de grã-fina. Por sua composição química e alta densidade, demonstrapotencialidade para produção de carvão de alta qualidade para uso em gasogênios e em operações siderúrgicas (Porro, 2019; Tenório, 1982).

Amêndoas

De forma abrangente, as amêndoas se destacam pelo alto teor de óleo, normalmente acima de 60% (Holanda et al., 2020). O lipídio em sua composição predominante é o ácido láurico e pode ser empregado na produção de alimentos, é amplamente utilizado na indústria cosmética e farmacêutica como na fabricação de cremes, sabonetes, lubrificantes, sabão, dentre outros (Bauer et al., 2020; Silva et al., 2019b).

O óleo extraído da amêndoa do babaçu ainda é pouco utilizado na indústria alimentícia especialmente pela escassez de dados sobre sua composição físico-química e térmica, o que limita sua aplicação (Bauer et al., 2020).

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO MESOCARPO DO BABAÇU

O mesocarpo do fruto é constituído basicamente de água, carboidratos, proteínas, lipídios e sais minerais (Fioroto, 2013). A partir do mesocarpo que é produzida a denominada farinha de mesocarpo do babaçu (FMB) (Cavalcante et al., 2016), rica em amido e apresenta alto valor nutritivo (Fioroto, 2013; Pinto et al., 2014). Vários estudos buscam promover a utilização desta farinha na produção de pães, massas alimentícias, biscoitos, entre outros (Melo et al., 2011; Cavalcante; Adeval, 2012; Santana, 2009; Santana et al., 2007). A FMB é amplamente conhecida como “pó de babaçu” ou somente “mesocarpo do babaçu”. Sua composição é 100% natural e, devido a presença de taninos em sua composição apresenta coloração acastanhada (Almeida et al., 2011). Em seus estudos Melo et al. (2011) esclarece que a FMB possui propriedades anti-inflamatórias e analgésicas, muito consumida por pessoas em tratamento de diversos tipos de doenças.

Por muito tempo apenas as amêndoas do fruto babaçu foram aproveitadas para extração de óleo. Somente na última década que o interesse pelo mesocarpo começou a despontar. Desde então, alguns estudos apresentaram resultados sobre a composição físico-química da FMB (Tabela 1).

Almeida et al. (2011) avaliaram as características térmicas da FMB antes e após a hidrólise enzimática. A análise DSC (do inglês, Differential Scanning Calorimetry) da FMB revelou suas temperaturas de fusão e gelatinização, 163°C e 73°C, respectivamente. Ademais, os autores constataram uma redução na temperatura de gelatinização após a realização da hidrólise enzimática e atribuíram esse fato ao processo ter interrompido a ordem da região cristalina dos grânulos, favorecendo sua hidratação e gelatinização. Por fim, o referido estudo destacou que as propriedades térmicas avaliadas na FMB são muito semelhantes às encontradas na farinha de milho.

Tabela 1. Composição química da FMB, descrita por diferentes autores.

Parâmetros (%)	TACO (2011)	Almeida et al. (2011)	Couri e Giada (2016)	Melo et al. (2011)	Cavalcante e Adeval (2012)	Silva(2011)
Umidade	15,8	14,5	13,7	15	12	12,2
Proteína	1,4	2	3,4	NA	15,3	7,4
Lipídios	0,2	2,4	0,27	NA	4	0,8
Cinzas	3,4	2,9	0,97	4 - 5	2,2	0,8
Fibra alimentar total	17,9	9,7	19,6	20	15,9	2,8
Amido	79,2	64	62,7*	60	66,6**	66,9

* = glicídios totais, ** = carboidratos totais, NA = não analisado

USO DA FARINHA DO MESOCARPO DO BABAÇU COMO MATÉRIA-PRIMA

Maniglia e Tapia-Blacido (2016) isolaram o amido da FMB, utilizando dois diferentes métodos, extração em água (EA) e em solução alcalina (SA) e avaliaram as propriedades físico-químicas, funcionais e estruturais deste amido. Os autores apontaram que o método de extração em pH alcalino resultou em maior concentração de amido (85%). O amido extraído em SA apresentou maior pureza em relação ao amido extraído em EA, cerca de 98,8% e 94%, respectivamente, demonstrando que SA proporcionou a solubilização dos lipídios e clivagem das fibras.

Outro aspecto importante relatado pelos autores Maniglia e Tapia-Blacido (2016), foi em relação ao conteúdo de amilose. O amido extraído com SA, apresentou menor concentração de amilose (24,38%) do que para o amido extraído com EA (35,79%). Destaca-se que o conteúdo de amilose é um parâmetro importante, pois pode afetar as propriedades físico-químicas e sua aplicação industrial. A redução deste componente foi atribuída a clivagem da cadeia na região amorfa pela solução alcalina. Outras propriedades interessantes, relatadas neste estudo e afetadas pela concentração de amilose foram: i) o poder de expansão do amido foi maior em SA (13,13 g.g-1) do que EA (9,85 g.g-1); ii) a solubilidade dos amidos SA e EA variou de 1,99 a 13,36% e de 2,33 a 12,21%, respectivamente.

APLICAÇÃO DA FARINHA DO MESOCARPO DO BABAÇU NA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

Além do conhecimento da composição química de FMB, conhecer o comportamento tecnológico e sensorial é necessário. Tal conhecimento permitirá a utilização da FMB na substituição total ou parcialmente das farinhas convencionais, para elaboração de alimentos, possibilitando melhor aproveitamento.

Silva et al. (2019a), avaliaram as propriedades sensoriais e os valores nutricionais de cookies elaborados com FMB em substituição à farinha de trigo (25, 50 e 75% de FMB). A formulação com 50% de FMB recebeu maior avaliação sensorial em relação a cor, aparência, textura e impressão global. Em relação ao sabor, a formulação com 50% não diferiu estatisticamente das formulações controle ($p > 0,05$). Os autores demonstraram que a formulação com 50% de adição de FMB apresentou maior teor de minerais (1,19%) e fibra bruta (4,69%) quando comparada ao tratamento com farinha de trigo (1,09 e 3,64% respectivamente). Os pesquisadores concluíram que a FMB ainda é considerada um subproduto, mas que apresenta boa qualidade nutricional e tecnológica e deve ser utilizada para o desenvolvimento de cookies.

Cavalcante et al. (2016), produziram massa alimentícia mista, substituindo parcialmente farinha de trigo (FT), por FMB, com o intuito de enriquecer nutricionalmente e disponibilizar uma alternativa na alimentação. Foram elaboradas quatro formulações de massa fresca tipo talharim desenvolvidas com as

seguintes composições: Controle (100% FT); 90% FT + 10% FMB; 85% FT + 15% FMB; 80% FT + 20% FMB. Ao final, foi observado que as massas alimentícias mistas com 10, 15 e 20% de FMB, quando comparadas a controle, tiveram acréscimo no valor proteico de 28,85; 41,60 e 51,68%, respectivamente. Em relação ao teor de fibras alimentares foram encontrados valores de 4,12; 5,28 e 6,51%, respectivamente. Ficou evidente ainda que, as massas frescas suplementados com FMB reduziram a perda de sólidos durante o cozimento. Observou-se também que durante o processo de homogeneização, a massa com maior quantidade de FMB precisou de maior tempo de mistura para obtenção da massa homogênea.

De maneira similar, Camili et al. (2019), desenvolveram massa alimentícia tipo talharim enriquecido nutricionalmente com substituição parcial da farinha de trigo (FT) por FMB. Os autores elaboraram três formulações da massa, sendo: A: controle (0% FMB/100% FT); B (12,5% FMB/87,5% FT) e C (25% FMB/ 75% FT). Foram analisados, tempo de cozimento, aumento de peso, aumento de volume, perda de sólidos, cor, textura, características sensoriais e microbiológicas. Os autores relataram que a massa com maior concentração de FMB apresentou maior força de cisalhamento. Entre as características físicas avaliadas, apenas a cor se diferenciou significativamente entre as formulações ($p < 0,05$).

Couri e Giada (2016), elaboram pão sem glúten enriquecido com FMB. Os autores avaliaram as propriedades físicas, químicas e sensoriais de pão sem glúten, com adição de diferentes percentuais (5 e 10%) de FMB. Os resultados apontaram que entre as formulações com FMB, a formulação com 5% apresentou os melhores resultados para os parâmetros físicos antes e após o forneamento, e que os valores de altura, volume aparente e volume específico, foram melhores que a formulação controle, sem FMB. Os autores sugerem que o pão sem glúten com adição de FMB a 5% apresentou bom potencial de crescimento. Em relação a composição química, avaliando as três formulações de pão sem glúten, controle, 5 e 10% de FMB, a adição da farinha aumentou significativamente o teor de fibras solúveis e a umidade das formulações. Eles demonstraram com o estudo que a FMB reduziu o teor de glicídios totais e, conseqüentemente, o valor calórico das formulações. De modo geral, esses resultados indicam boa aceitação sensorial das formulações com FMB para elaboração de pães.

A redução calórica em pães, também foi verificada por Melo et al. (2011), para a fabricação dos pães, uma parte da farinha de trigo foi substituída por FMB, nas proporções de 2,5; 5,0 e 7,5%, com a finalidade de verificar as alterações provocadas, caracterizar as propriedades nutricionais e determinar o percentual de substituição adequado para ser utilizado na indústria de panificação. Os autores concluíram que a adição da FMB, em substituição de parte da farinha de trigo, demonstrou baixa mudança nas características de textura e aparência dos pães, quando comparados com a formulação controle (somente com farinha de trigo). Os resultados da análise sensorial, os atributos foram bem aceitos.

Santana et al. (2007), produziram biscoitos ricos em fibras com adição de FMB com diferentes concentrações (10, 15 e 20%). Foram realizadas nas amostras as análises de umidade, cinzas, acidez, pH, lipídeos, proteínas e valor calórico. Os autores concluíram que não foi possível verificar a tendência de comportamento nos valores de acidez, cinzas, lipídios e valor calórico. Porém, nas características de pH, umidade e proteína, foi observado aumento com o acréscimo de FMB. De forma geral, os autores concluíram que os biscoitos enriquecidos com FMB apresentaram aceitação por parte dos consumidores, desta forma, apresentando-se como uma alternativa para substituição da farinha de trigo pela indústria de alimentos.

Santana et al. (2008), elaboraram três formulações de biscoito de amido, e adicionaram 10, 15 e 20% de FMB. Foram realizadas análises de umidade, proteína, cinzas, lipídios, pH, acidez e análises sensoriais. Através da caracterização físico-química dos biscoitos os autores concluíram que o aumento da concentração da FMB não afetou os valores de acidez, cinzas, lipídios e valor calórico. Porém, houve aumento nos valores de pH, umidade, proteína e fibra com o acréscimo da FMB. Em relação à análise sensorial, os biscoitos nas três concentrações de FMB foram classificados no índice 8, 7 e 7 da escala hedônica para aroma, sabor e textura, significando avaliação sensorial positiva.

Santana (2009) avaliou as propriedades sensoriais e físico-químicas de biscoitos elaborados com farinha de maracujá, caju e FMB, em substituição da farinha de trigo em diferentes concentrações (5, 10 e 15%). Foram avaliadas as características físico-químicas e higroscópicas das farinhas e as características físico-químicas e análise sensorial dos biscoitos. Os biscoitos apresentaram grau de aceitabilidade com escores sempre acima de 7, o que significa que os provadores gostaram moderadamente. As avaliações das propriedades higroscópicas das diferentes formulações demonstraram que esta matéria-prima possui ótima qualidade tecnológica para ser incorporada na elaboração de alimentos.

Silva et al. (2014), desenvolveu biscoito tipo cookie com adição da FMB, com a finalidade de avaliar sua aceitação sensorial. Foram elaboradas quatro formulações contendo 0, 25, 50 e 75% de FMB em substituição a farinha de trigo (FT). Foram realizadas análises microbiológicas, físico-químicas e análise sensorial. O autor concluiu que a atividade de água dos biscoitos variou entre 0,29 e 0,40, indicando que o produto é microbiologicamente estável. Em relação a umidade foram determinados valores entre 1,54 e 4,5%. Os lipídios apresentaram percentuais entre 20,28% e 26,38%. Os valores para fibras variaram entre 0,19% (0% de FMB) e 10,96% (75% de FMB). As análises microbiológicas detectaram ausência de coliformes, *Salmonella* e *Estafilococcus* coagulase positiva. No tocante a aceitação, as formulações testadas apresentaram percentuais acima de 70% para todos os atributos avaliados. Com isso, é possível afirmar que a elaboração de biscoitos tipo cookies usando diferentes proporções de FMB é satisfatória, não afetou as características sensoriais, apresentando potencial para ser lançado no mercado alimentício.

Oliveira et al. (2020) desenvolveram massa alimentícia sem glúten, produzidas com FMB, farinha de pupunha e farinha de arroz e avaliaram as características físico-químicas e de cocção. Foram elaboradas as seguintes formulações: massa alimentícia com 100% de FMB; massa alimentícia com 100% de farinha de arroz; massa alimentícia com 100% de farinha de pupunha; massa alimentícia com 50% de FMB e 50% de farinha e arroz e; massa alimentícia com 50% de farinha de pupunha e 50% de farinha de arroz. Todas as formulações apresentaram boas características tecnológicas de fabricação, tais como, moldagem e aparência. A formulação desenvolvida com FMB apresentou 0,68% de cinzas, 1,36% de proteínas, 0,03% de lipídeos e 77,3% de carboidratos totais. Esta formulação expressou um ótimo resultado quanto ao parâmetro perda de sólidos (6%), o que a classifica como massa alimentícia de boa qualidade.

Souza et al. (2021) desenvolveram e caracterizaram diferentes formulações de sobremesa láctea mista de cupuaçu e babaçu. Foram elaboradas sobremesas lácteas com as configurações: 50% de babaçu e 50% de cupuaçu, sendo a fração de cupuaçu elaborada com diferentes concentrações de açúcar (8, 11,5 e 15%). As sobremesas apresentaram acidez equilibrada, alta umidade, alto teor de carboidratos e fibra alimentar, estando de acordo com a legislação. Os autores observaram que todas as formulações puderam ser classificadas como fonte de fibras, pois apresentaram de 2,8 a 3,4 g de fibra alimentar por porção de 120g. As formulações também apresentaram bom índice de aceitação e intenção de compra. Entretanto, a preferência dos consumidores foi maior pela sobremesa com maior porcentagem de açúcar, mostrando o hábito do consumidor por sobremesas mais doces. Os autores concluíram que a sobremesa láctea mista de cupuaçu e babaçu é uma boa proposta para o fornecimento de um novo produto de qualidade nutricional e sensorial.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA AMÊNDOA DO BABAÇU

A amêndoa do babaçu é constituída por aproximadamente 65% de o óleo, sendo o principal produto da palmeira (Costa, 2014). A amêndoa pode ser empregada na fabricação de margarinas, glicerina, óleo alimentício e sabão. A torta resultante da extração é reaproveitada na produção de ração animal (Costa, 2014).

Para fins alimentícios a amêndoa do babaçu se mostrou uma ótima alternativa de alto valor energético, podendo ser empregada na produção e no enriquecimento de novos alimentos, ou ainda ser empregado na suplementação alimentar, por possuir quantidades significativas de nutrientes (Sales et al., 2018).

A extração do óleo da amêndoa do babaçu ocorre por meio de extração mecânica ou através da aplicação de solventes (Silva, 2007). Sendo que, o processo químico é oneroso economicamente, porém, apresenta eficiência maior de extração (Carvalho; Almeida, 2017), pois o teor residual do óleo na torta é baixo, cerca de 1% (Silva, 2007).

Bauer et al. (2020) estudaram a extração do óleo da amêndoa do babaçu por meio de métodos físicos. Costa (2014), descreve que de acordo com o processo utilizado na extração o óleo pode ser classificado como extravirgem (OBEV) ou virgem (OBV). O OBEV é extraído por prensagem a frio das amêndoas inteiras e saudáveis, seguida por decantação, filtragem e envase (Bauer et al., 2020). Entretanto, o óleo OBV é extraído por esmagamento das amêndoas torradas, seguido de cozimento, decantação, filtração, reaquecimento para remoção total da água e envase (Bauer et al. 2020).

A composição dos ácidos graxos e índice de iodo do óleo da amêndoa de babaçu, dispostos em diferentes bibliografias na Tabela 2.

Tabela 2. Composição dos ácidos graxos e índice de iodo do óleo da amêndoa do babaçu de acordo com diferentes autores.

Ácido Graxo (%)	Martin e Guichard (1979)	White (1992)	Rossel e Iranken (1993)	Sales et al. (2018)	Brasil (1999)
Capróico	nd	0,4	nd	nd	nd
Caprílico	nd	5,3	5,5	2,56	1,2 - 7,6
Cáprico	nd	5,9	5,5	8,26	2,6 - 7,3
Láurico	44-47	44,2	43	52,61	40 - 55
Mirístico	15-18	15,8	16	16,79	11 - 27
Palmítico	6-9	8,6	9	10,63	5,2 - 11
Estearico	3-5	2,9	3,5	6,90	1,8 - 7,4
Oléico	12-16	15,1	15	13,81	9,0 - 20
Linoléico	1-2	1,7	2,6	3,85	1,4 - 6,6
Índice de iodo	14-18	13-18	14-18	nd	nd

nd = não determinado

Segundo Oliveira (2018), o óleo extraído da amêndoa da palmeira de babaçu é rico em ácidos graxos saturados, cerca de 80 a 91%, destacando os ácidos láurico, mirístico, palmítico, cáprico, caprílico e estearico. Melo et al. (2011), ressalta que os ácidos graxos insaturados são responsáveis pela composição de 9 a 20%, sendo os ácidos oléico e o linoléico, os mais importantes.

Os ácidos graxos presentes no óleo de babaçu, em especial o láurico, são extremamente importantes para a indústria. Apresentam resistência à oxidação não enzimática e ao contrário de outras gorduras saturadas, possuem temperatura de fusão baixa e bem definida (Robinson, 1991). Além disso, apresenta benefícios à saúde humana, pois ácidos graxos de cadeia média (como o láurico), após a absorção

pelo corpo humano é convertido em monolaurina. Este composto apresenta ação bacteriana, protegendo o intestino, atuando como coadjuvante na perda de gordura corporal, auxiliando no efeito antiinflamatório e ação no combate do colesterol LDL (Sales et al., 2018).

O óleo oriundo da amêndoa do babaçu apresenta uma característica semi-sólida ou sólida em temperatura de refrigeração, e é composto por ácidos graxos classificados como hidratantes (Dijkstra, 2016). Devido a estas propriedades são amplamente empregados na fabricação de cosméticos, produtos de higiene pessoal, pomadas e produtos farmacêuticos (Santana, 2017).

Na indústria de alimentos não há muita informação referente a aplicação deste óleo. No entanto, o estudo sobre as características térmicas e físicas do óleo extraído da amêndoa do babaçu apontaram que se trata de um óleo similar aos de origem de palma e coco e que apresenta empregabilidade na produção de diversos produtos alimentícios, como chocolates, sorvetes, margarinas, cremes e produtos de confeitaria, panificação, além da fabricação de emulsificantes comestíveis (Bauer et al., 2020).

A comparação das propriedades químicas relatadas para o óleo da amêndoa do babaçu, óleo de coco, óleo de palma e de indaiá (coco do cerrado) são listadas na Tabela 3.

Tabela 3. Características dos óleos extraídos da amêndoa do babaçu, do coco, de palma e de indaiá.

Parâmetros	Amêndoa do babaçu	Coco	Palma	Indaiá
	Bauer et al. (2020)	Martins e Santos (2015)	Silva (2007)	Ferreira et al. (2012)
Índice de refração (40°C)	1,49±0,000	nd	nd	nd
Índice de acidez (% ácido láurico m/m)	0,086±0,004	0,558	1,44±0,02	0,677±0,006
Ponto de fusão	26,52°C	24,4-25,6°C	nd	nd
Índice de saponificação (mg KOH/g do óleo)	249,66±2,477	222	203,1±1,79	240,59±0,014
Índice de iodo	7,5-10,5	15	58,4±0,46	7.087±0.006
Densidade a 25 °C (kg/m ³)	918,63±0,011	0,897	nd	0,917±0,003
Calor específico (kJ/kg.K)	2,789±0,129	nd	nd	nd

nd = não determinado

UTILIZAÇÃO DAS AMÊNDOAS DO BABAÇU PARA ELABORAÇÃO DE ALIMENTOS

A amêndoa é empregada também para obtenção de extrato e farinha. De acordo com Gomes (2017), as amêndoas de coco babaçu são trituradas com água, seguido de prensagem para separação do extrato e da massa. A massa passa por uma etapa de secagem e posteriormente é moída para se tornar a farinha da amêndoa (FA).

A FA do babaçu é um produto rico em lipídeos (61,17%) e proteínas (10,45%) e possui propriedades funcionais (Tabela 4), parâmetros muito importantes para a sua aplicação na indústria de alimentos. Observa-se que a FA tem um alto índice de solubilidade em água, principalmente quando comparado a farinha de arroz (10%) (Becker et al., 2014) e farinha de sorgo (5,5%) e semolina (2,5%) (Ibrahim e Ani, 2018). Essa característica de alta solubilidade em água faz que a FA se enquadre como uma excelente opção de ingrediente para produção de alimentos instantâneos (Augusto-Ruiz et al., 2003).

Tabela 4. Características funcionais da farinha da amêndoa do babaçu. Fonte: Gomes (2017).

Propriedades (%)	Média
Índice de solubilidade em água	41,61
Capacidade de absorção de água	196,67
Capacidade de absorção de óleo	79,37
Capacidade emulsificante	46,20
Estabilidade de emulsão	47,23
Capacidade de formação de espuma	2,46

Ainda avaliando os resultados apresentados por Gomes (2017), foi possível verificar também a maior afinidade da FA pela água em relação ao óleo (capacidade de absorção de água x capacidade de absorção de óleo). Além disso, a FA apresenta moderada capacidade emulsificante e a estabilidade da emulsão. Santana et al. (2017), relataram valores maiores para atividade emulsificante (55,55;53,33; 52,22 e 50%) para as farinhas de linhaça dourada, soja e linhaça marrom, feijão branco e banana, respectivamente. Os autores também apresentaram maiores valores para estabilidade da emulsão, farinha de linhaça dourada (90,19%), linhaça marrom (93,75%), soja (93,75%) e feijão branco (89,30%).

Estes fatos indicam que a FA pode não ser adequada para produtos de emulsão. A capacidade de formação de espuma também foi considerada baixa, direcionando que a FA não deve ser aplicada para este fim. De acordo com Siddiq et al. (2010), as propriedades emulsionantes normalmente são influenciadas pela qualidade e quantidade de proteína solúvel das farinhas.

Câmara et al. (2020) caracterizaram o extrato hidrossolúvel proveniente da torta residual de amêndoas de babaçu, para posterior secagem e aplicação do produto em pó resultante, no processamento de biscoitos com substituição de uma parte da farinha de trigo (5, 15 e 25%). Os resultados demonstraram que as três formulações diferiram estatisticamente em relação ao conteúdo de lipídeos, com um aumento em função do acréscimo da concentração de extrato em pó proveniente das amêndoas de coco babaçu e que o produto é uma boa opção para o processamento deste produto.

CONCLUSÃO

O fruto do babaçu apresenta diversos compostos químicos na composição de sua amêndoa e mesocarpo possibilitando uma versatilidade de aplicações. As farinhas produzidas tanto pelo mesocarpo quanto pela amêndoa do babaçu demonstraram serem fontes alternativas em substituição às farinhas tradicionais. O óleo extraído da amêndoa foi bem caracterizado, mas ainda é pouco utilizado na indústria de alimentos. O extrato, também obtido da amêndoa, ainda precisa ser melhor explorado.

A indústria de alimentos é impulsionada pelo desenvolvimento de novos produtos, e estes, são dependentes de novas matérias-primas. Este capítulo compilou os principais trabalhos, disponíveis até o momento, relacionados à composição e comportamento tecnológico das frações do fruto de babaçu para aplicação e desenvolvimento de alimentos. Tornando mais acessível às informações e possibilitando seu melhor aproveitamento e aplicação na indústria.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albiero D et al. (2007). Proposal of harvest's babaçu machine (*Orbignya phalerata* Mart.) for the small farms. *Acta Amazon*, 37(3): 337–346.
- Almeida RR et al. (2011). Thermal analysis as a screening technique for the characterization of babassu flour and its solid fractions after acid and enzymatic hydrolysis. *Thermochimica Acta*, 519: 50–54.
- Augusto-Ruis W et al. (2003). Caracterização da farinha pré-gelatinizada de arroz integral produzida a partir de grãos quebrados. *Vetor*, 13: 25-46.
- Bauer LC et al. (2020). Physicochemical and thermal characterization of babassu oils (*Orbignya phalerata* Mart.) obtained by different extraction methods. *Food research international*, 137: 109-132.
- Becker FS et al. (2014). Physical and functional evaluation of extruded flours obtained from different rice genotypes. *Ciência e Agrotecnologia*, 38: 367–374.
- Brasil (1999). Resolução nº482, de 23 de setembro de 1999. Institui o Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de óleos e gorduras vegetais. *Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF*, 196: 82-87.
- Brasil (2016). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. *Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura*. Rio de Janeiro: IBGE.

- Brasil (2019). Serviço Florestal Brasileiro. Inventário Florestal Nacional: principais resultados: Espírito Santo. Brasília, DF: MAPA. 80p.
- Câmara PF et al. (2020). Obtenção de extrato hidrossolúvel em pó proveniente da torta residual de amêndoas de coco babaçu e aplicação em biscoitos como alternativa de aproveitamento e sustentabilidade. In: Congresso Sul-americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, 3. 2020. Rio Grande do Sul. Anais eletrônicos. Rio Grande do Sul: Gramado. 10-16p.
- Camili EA et al. (2019). Macarrão tipo talharim com substituição parcial de farinha de trigo por farinha de mesocarpo de babaçu (*Orbignya sp.*). Zuffo AM (org.). A produção do Conhecimento nas Ciências Agrárias e Ambientais 4. Cuiabá: Atena, 1: 26–40p.
- Carazza LR et al. (2012a). Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral do Fruto do Babaçu. 2 ed. Brasília: ISPN. 96p.
- Carneiro BLA (2013). Estabilidade de bebida mista de extrato “leite” de babaçu (*Orbignya speciosa*) e de castanha-do-brasil (*Bertholettia excelsa*). Congresso brasileiro de processamento de frutas e hortaliças.
- Carrazza LR et al. (2012b). Aproveitamento Integral do Fruto e da Folha do Babaçu (*Attalea spp.*) 2 ed. Brasília: ISPN. 68p.
- Carvalho ACO, Almeida CMS (2017). Características físico-químicas de óleos vegetais comestíveis puros e adulterados. Laboratório de Ciências Químicas, Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (Monografia), Campos dos Goytacazes. 78p.
- Cavalcante N, Adeval A (2012). Desenvolvimento de Massa Alimentícia Mista de Farinhas de Trigo e Mesocarpo de Babaçu (*Orbignya sp.*). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (Dissertação), Seropédica. 268p.
- Cavalcante NAA et al. (2016). Utilização de Farinha de Mesocarpo de Babaçu (*Orbignya sp.*) no Preparo de Massa Alimentícia Fresca Tipo Talharim. Brazilian Journal of Food Research, 7(1): 105-115p.
- Costa AKO (2014). Aspectos físico-químicos e nutricionais da amêndoa e óleo de coco de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) e avaliação sensorial de pães e biscoitos preparados com amêndoas. Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos-Universidade Federal do Ceará (Dissertação) Fortaleza. 70p.
- Couri MHS, Giada MLR (2016). Pão sem glúten adicionado de farinha do mesocarpo de babaçu (*Orbignya phalerata*): avaliação física, química e sensorial. Ceres, Viçosa, 63(3): 297-304.
- Dijkstra AJ (2016). Vegetable oils: Composition and analysis. Encyclopedia of Food and Health, 27 (1): 357–364.
- Faria JP (2008). Composição de carotenóides no coquinho-azedo (*Butia capitata* (Mart.) Becc. Variedade Capitata). Faculdade de Ciências da Saúde pela Universidade de Brasília (Dissertação) Brasília. 61p.

- Ferreira BS et al. (2012). A comparison of the physicochemical properties and fatty acid composition of indaiá (*Attalea dubia*) and Babassu (*Orbignya phalerata*) oils. *The Scientific World Journal*, 2012 (1): 1-4.
- Fioroto AM (2013). Estudo de métodos para avaliar a biodisponibilidade de Fe, Cu e Zn em presença de mesocarpo de babaçu. Instituto de Química - Universidade de São Paulo (Dissertação). São Paulo. 96p.
- Gomes MSSO (2017). Potencial tecnológico da farinha da amêndoa do coco babaçu (*Orbignya* sp) e sua secagem convectiva em leito fixo. Engenharia e Ciência de Alimentos- Universidade Estadual Paulista (Tese). São José do Rio Preto.156p.
- Holanda AC et al. (2020). Bioacessibilidade dos polifenóis presentes no mesocarpo e na amêndoa do babaçu (*Orbignyaphalerata* Mart.). *Brazilian Journal of Development*, 6(4): 19237–19247.
- Ibrahim DG, Ani JC (2018). Evaluation of the nutritional and functional properties of talia made from wheat/sorghum flour blends. *Agro-science*, 17(2): 1–8.
- Lima AM et al. (2006). Utilização de fibras (epicarpo) de babaçu como matéria-prima alternativa na produção de chapas de madeira aglomerada. *Revista Árvore*, 30(4): 645-650.
- Lorenzi H (2004). Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas. 1 ed. Nova Odessa/SP: Instituto Plantarum de Estudos de Flora. 416p.
- Maniglia BC, Tapia-Blácido DR (2016). Isolation and characterization of starch from babassu mesocarp. *Food Hydrocolloids*, 55, 47–55.
- Martin G, Guichard PH (1979). Sobre quatro Palmas Espontâneas da América Latina. *Leagineaux*, v. 34, 57-63p.
- Martins JS, Santos JCO (2015). Estudo comparativo das propriedades de óleo de coco obtido pelos processos industrial e artesanal. In: ENCONTRO REGIONAL DE QUÍMICA, 5. & ENCONTRO NACIONAL DE QUÍMICA, 4. 2015. Rio Grande do Norte. Anais. Rio Grande do Norte: Mossoró: Editora Edgard Blücher, 515–526p.
- Melo LP et al. (2011). Estudo gravimétrico e das propriedades nutricionais do mesocarpo de babaçu (*Orbignya speciosa*) em adição ao pão. *Revista ACTA Tecnológica*, 6 (2):12-17.
- Oliveira J et al. (2020). Elaboração de massa alimentícia sem glúten a partir de farinha de babaçu e pupunha: Editora científica. Tecnologia de Alimentos. Tópicos físicos, químicos e biológicos. 259–278p.
- Oliveira NA (2018). Caracterização da farinha do mesocarpo e do óleo das amêndoas de Babaçu (*Orbignyaphalerata*, Mart.) obtidos via extração com fluido supercrítico e líquido pressurizado: estudos pré-clínicos e toxicológicos. Universidade de São Paulo (Tese). Pirassununga. 208p.

- Pinto GS et al. (2014). Produção e análise físico-química da farinha do mesocarpo do fruto de babaçu (*orbignya sp.*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 54. 2014. Rio Grande do Norte. Anais. Rio Grande do Norte: Natal. FEPROQUIM, 26-32p.
- Porro R (2019). A economia invisível do babaçu e sua importância para meios de vida em comunidades agroextrativistas. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas, 14(1): 169–188.
- Robinson DS (1991). Bioquímica e valor nutritivo dos Alimentos. 1 ed. Zaragoza: Acribia S.A. 507p.
- Rossel JB, Iranken MD (1993). Manual de industrias de los alimentos. Acribia, 2: 95-225.
- Sales ARR et al. (2018). Avaliação da qualidade da amêndoa do coco de babaçu provenientes de Anapurus - MA. Revista Brasileira de Gestão Ambiental, 12 (1): 01-05.
- Santana GS et al. (2017). Características tecnológicas de farinhas vegetais comerciais. Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS, 4(2): 88-95.
- Santana MFS (2009). Biscoitos com farinha de maracujá, caju e mesocarpo babaçu. In: Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos, 2009, Campinas. Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos.
- Santana MFS et al. (2007). Caracterização Química e Sensorial de Biscoitos enriquecidos com Farinha De Mesocarpo De Babaçu. In: Simpósio latino Americano de ciência de Alimentos. Resumos; Campinas: SBCTA: Unicamp/FEA.
- Santana MFS et al. (2008) Biscoitos Enriquecidos Com Farinha de Mesocarpo de Babaçu. Embrapa Amazônia Oriental - Artigo em anais de congresso (Alice). In: Congresso Brasileiro de ciência e tecnologia de alimentos. Anais: SBCTA: Belo Horizonte.
- Siddiq M et al. (2010). Physical and functional characteristics of selected dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flours. LWT – Food Science and Technology, 43(2): 232–237.
- Silva AE (2007). Fracionamento e desacidificação do óleo de palma (*Elaeis guineensis* Jacq.). Universidade federal do Pará, centro tecnológico, curso de pós-graduação em ciência e tecnologia de Alimentos (Dissertação). Belém. 96p.
- Silva APS (2011). Caracterização físico-química e toxicológica do pó de mesocarpo do babaçu (*Orbignya phaleratamarit*): subsídio para o desenvolvimento de produtos. Universidade Federal do Piauí (Dissertação). Teresina. 119p.
- Silva JS et al. (2019a). Subprodutos do babaçu (*Orbignya sp*) como novos materiais adsorptivos: uma revisão. By products of babassu (*Orbignya sp*). Matéria, 24(3): 115-126.
- Silva KGS et al. (2021). Propriedades funcionais da farinha do mesocarpo do coco babaçu: uma alternativa nutricional contra a Covid-19. *Research, Society and Development*. 10(2): 9p.
- Silva NC et al. (2019b). Effect of Babassu (*Orbignya phalerata*) mesocarp flour on the sensorial properties and nutritional value of cookies. *Journal of Food and Nutrition Research*, 7(11): 805-809.

- Silva NC et al. (2014). Avaliação sensorial de biscoito tipo cookie contendo farinha do mesocarpo de babaçu. Curso de Bacharel em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Maranhão (Monografia). Imperatriz. 51p.
- Silveira TS (2017). Maranhão, terra das palmeiras: um estudo da sinonímia na terminologia do babaçu. Universidade Federal do Maranhão (Dissertação). São Luís. 139p.
- Souza NT et al. (2021). Elaboração e caracterização de sobremesa láctea adicionada de babaçu e cupuaçu. Silvani Verruck (org). Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Científica digital: Guarujá. 519–533p.
- TACO - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (2011). UNICAMP. 4 ed. Campinas, São Paulo. 113p.
- Tenório EC (1982). O babaçu e coqueiro são assemelhados em Minas Gerais. Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC. 216p.
- White PJ (1992). Fatty Acids in Oilseeds (Vegetable Oils). In White, P. J. Fatty Acids In Food And Their Health Implications. 3 ed. New York. 227-262.

Aquecimento por radiofrequência no processamento de alimentos

Recebido em: 14/09/2021

Aceito em: 15/09/2021

 10.46420/9786581460082cap4

Wesclen Vilar Nogueira^{1*} 

Rute Bianchini Pontuschka² 

Jaqueline Garda Buffon³ 

Carlos Prentice Hernández⁴ 

INTRODUÇÃO

Os processos térmicos são as principais tecnologias utilizadas no processamento de alimentos (Misra et al., 2017; Shewale et al., 2021). Esses processos objetivam estender a vida útil dos alimentos sem comprometer suas características físico-químicas, valor nutritivo, sabor ou cor e sua segurança. Esses tratamentos são selecionados com base na severidade do tratamento a ser realizado e da finalidade pretendida (Torrão et al., 2010). Em primeiro lugar, espera-se que o produto final tenha qualidade nutricional e organoléptica. Em segundo, espera-se que o mesmo seja econômico em relação ao consumo de energia, capital de investimento e que possa operar o maior tempo possível com o mínimo de manutenção (Selbach, 2016).

Vários fatores podem influenciar na qualidade do produto final e, por isso, é de extrema importância a escolha de um processamento adequado. Desta forma, a redução de micro-organismos, a qualidade e os custos, bem como a viabilidade prática dos processos empregados, devem ser levados em consideração (Iqbal et al., 2019). Todavia, os tratamentos térmicos convencionais muitas vezes são limitados pela distribuição irregular de calor, gerando gradientes de temperatura, e como resultado, o alimento deve ser submetido novamente pelo processo, podendo ocasionar danos térmicos por superaquecimento, acarretando mudanças químicas em sua composição, alterando de forma indesejada sua qualidade sensorial e valor nutritivo (Torrão et al., 2010).

A limitação dos métodos convencionais está sendo minimizada através de desenvolvimento de sistemas de controle e monitoramento das linhas de processamento alimentício, designs inteligentes de equipamentos e instalações, reciclagem de calor e medidas de isolamento, porém, tais medidas representam altos custos adicionais (Pereira; Vicente, 2010). Essas limitações são foco de novos estudos, tendo como

¹ Universidade Federal do Rio Grande - FURG.

² Universidade Federal de Rondônia - UNIR.

³ Universidade Federal do Rio Grande - FURG.

⁴ Universidade Federal do Rio Grande - FURG.

* Autor correspondente: wesclenvilar@gmail.com

objetivo atender às exigências dos consumidores por alimentos de alta qualidade. Paralelo a isso, as preocupações com o meio ambiente e o progresso tecnológico aliado a uma melhor percepção nutritiva, desencadearam o desenvolvimento de abordagens tecnológicas emergentes de transformação de produtos alimentares. Dentre as tecnologias, as eletromagnéticas ganharam maior interesse industrial no processamento de alimentos. Tais tecnologias têm como finalidade melhorar, substituir ou complementar as tecnologias de processamentos convencionais. Dentre as tecnologias emergentes para processamento e transformação de produtos alimentícios, destaca-se as tecnologias por radiação não ionizante, mais especificamente a radiofrequência (RF) (Boreddy et al., 2019).

A RF proporciona um aquecimento rápido, especialmente para alimentos sólidos, nos quais a transferência de calor ocorre por condução, de forma que o aquecimento do produto é mais uniforme (Kar et al., 2020). O processamento por RF é atrativo devido à sua origem volumétrica, rápido aumento da temperatura e depósito de calor, sendo neste processo a energia térmica gerada diretamente dentro do alimento (Marra et al., 2009). Este padrão de formação de calor permite superar tempos de cocção excessivos, podendo ter implicações diretas em termos de eficiência energética e de aquecimento (Pereira; Vicente, 2010). Apesar da RF ser utilizada apenas em escala industrial, ao contrário do aquecimento por micro-ondas que pode ter uso doméstico (Marra et al., 2009), o interesse por esta tecnologia de processamento tem sido evidenciado nos últimos anos tendo como foco os aspectos tecnológicos e as aplicações da RF para o processamento e preservação de alimentos.

O processamento por RF pode ser adequado para produtos cárneos (Hafezparast-Moadab et al., 2018; Laycock et al., 2003), processamento de produtos cárneos curados (Mckenna et al., 2006), tratamento pós-colheita e desinfestação de frutos e grãos (Ballom et al., 2021; Birla et al., 2005; Monzon et al., 2006; Boreddy et al., 2019), secagem de ervas (Chen et al., 2019; Ribeiro et al., 2020; Wei et al., 2019), processamento de alimentos líquidos (Awuah et al., 2005). Além de apresentar aplicações para pasteurização e (Ribeiro et al., 2020; Orsat et al., 2004) e esterilização, tendo como objetivo a redução da carga microbiana, proporcionando uma melhor qualidade ao produto final (Jantapirak et al., 2021).

A RF é um método promissor para fins de pasteurização e esterilização em relação ao aquecimento convencional. Este método apresenta capacidade de reduzir a umidade do produto de dentro para fora, igualando-a em todo o produto, evitando o superaquecimento e a desidratação de sua superfície (Orsat; Raghavan, 2005). No entanto, para a implementação total desta tecnologia no processamento de alimentos, o conhecimento das propriedades dielétricas dos alimentos a serem utilizados é um fator chave para um aquecimento eficaz (Kar et al., 2020).

O objetivo deste capítulo é abordar a RF no processamento de alimentos. A fim de garantir uma visão geral e abrangente, este capítulo incluirá uma definição, um histórico, uma descrição do mecanismo de aquecimento por RF. Além disso, são abordados exemplos de aplicações do aquecimento por RF em

processamento de alimentos que foram propostos na literatura, descrevendo os efeitos do tratamento por RF sobre os atributos de qualidade dos produtos. Além de alguns fatores que influenciam na radiação por RF.

RADIOFREQUÊNCIA

É uma técnica de aquecimento rápido por meio de radiações eletromagnéticas que oscilam simultaneamente no campo elétrico e magnético. Radiação é uma forma de transmissão espacial de energia, efetuada mediante ondas eletromagnéticas ou partículas materiais emitidas por átomos instáveis. Desta forma, radiação é uma propagação de energia e pode ser dividida pelo elemento condutor (eletromagnética, corpuscular, gravitacional), pela fonte de radiação (solar, Cherenkov, radioativa), pelos seus efeitos (ionizantes e não ionizante) e pelos tipos de radiação (alfa, beta, gama) (Simas, 2010). Porém, neste capítulo iremos nos deter às radiações eletromagnéticas caracterizadas por seus efeitos.

RADIAÇÕES IONIZANTES E NÃO IONIZANTES

Radiações se constituem em uma forma de energia, produzida por ondas eletromagnéticas ou partículas que se propagam em certa velocidade, que em contato com uma determinada matéria produz efeitos sobre ela (Lucena et al., 2017). As radiações podem ter origem a partir de fontes naturais como átomos ou por dispositivos como rádios e fornos micro-ondas (Guleria et al., 2019).

A radiação se subdivide em ionizante, que possui energia suficiente para ionizar os átomos e moléculas com os quais interage, sendo o raio X e raio gama (radiações eletromagnéticas), raio alfa, raio beta, nêutrons, prótons (radiações corpusculares) os mais conhecidos. E radiações não ionizantes, que não possuem energia suficiente para ionizar os átomos e as moléculas com as quais interagem, sendo as mais conhecidas: luz visível, infravermelho, ultravioleta, micro-ondas de aquecimento, radiofrequência e corrente elétrica (Geofery et al., 2015). As radiações que pertencem ao espectro eletromagnético ocupam diferentes posições de acordo com a sua energia e comprimento de onda (Guleria et al., 2019).

Para as radiações não ionizantes, as movimentações de cargas elétricas são a origem comum a toda as radiações eletromagnéticas, variando de acordo com sua frequência, comprimento de onda e nível energético, produzindo assim diferentes efeitos físicos e biológicos (Meneses; Almeida, 2012). A frequência é medida em Hertz (Hz), sendo 1 Hz correspondente à mudança de sentido da corrente em cada segundo. Para frequências mais elevadas são utilizadas as seguintes unidades: quilohertz (kHz) = 1000 Hz, mega-hertz (MHz) = 1000.000 Hz e giga-hertz (GHz) = 1000.000.000 Hz. Comprimento de onda é outra forma de caracterizar a variação do sentido da corrente. A energia eletromagnética não precisa de um meio material para se propagar, sendo definida como uma energia que se move na forma de ondas eletromagnéticas à velocidade da luz (300.000 km/s). A velocidade de propagação das ondas

eletromagnéticas é diretamente proporcional à sua frequência e comprimento de onda (Meneses; Almeida, 2012).

Tecnologias envolvendo o uso de ondas eletromagnéticas resultaram em imensos benefícios para a humanidade, modificando a comunicação, a medicina (Mortazavi et al., 2013), os negócios, a manufatura de bens, e outros (Meneses; Almeida, 2012; Bisht et al., 2021). Enquanto parte do espectro eletromagnético foi extensamente estudada sob o ponto de vista dos possíveis efeitos à saúde das pessoas expostas, outra parte deste espectro, com frequências muito menores, foi menos pesquisada, com resultados ainda em parte controversos (Mortazavi et al., 2013). O espectro eletromagnético é o intervalo completo da radiação eletromagnética, que contém desde as ondas de rádio, as micro-ondas, o infravermelho, a luz visível, a radiação ultravioleta, os raios X, até a radiação gama. De acordo com a frequência e comprimento de onda das ondas eletromagnéticas, pode-se definir um espectro com várias zonas (podendo haver alguma sobreposição entre elas) (Guleria et al., 2019).

HISTÓRICO DO AQUECIMENTO POR RADIOFREQUÊNCIA

Por volta de 1832, Michael Faraday descobriu a existência dos campos eletromagnéticos. Anos mais tarde, James Clerk Maxwell estabeleceu através de fórmulas matemáticas a existência e o comportamento das ondas de rádio. Em seguida, Heinrich Hertz, verificou experimentalmente a teoria de Maxwell. Porém, foi Jacques Arsene d'Arsonval quem usou o primeiro equipamento (oscilador) de alta frequência de Hertz para verificar seus efeitos em animais. E constatou que o efeito principal da radiação por RF sobre os animais era a produção de calor, tal descoberta levou à primeira unidade de terapia com uso do calor de alta frequência no Hospital Hotel Dieu, em Paris, em 1895 (Marra et al., 2009).

O uso desta tecnologia para processamento de alimentos foi reconhecido somente após a Segunda Guerra Mundial. Sherman (1946) descreveu o "calor elétrico", e como ele é produzido, sugerindo possíveis aplicações desta tecnologia para o processamento de alimentos. A radiação por RF é descrita pelo emprego na a cocção de produtos cárneos processados, aquecimento de pães, desidratação e branqueamento de vegetais. No entanto, sua aplicação na indústria de alimentos é limitada ou ausente devido ao alto custo operacional, principalmente em relação ao consumo de energia.

Na década de 1960, surgiram novos estudos em relação a aplicação da radiação por RF em alimentos, tais estudos se concentraram no processo de degelo, resultando em uma boa aceitação, com a geração de várias linhas de produção comercial (Jason; Sanders, 1962). Demeczky (1974) relatou a eficiência da radiação por RF em relação a qualidade microbiológica e sensorial quando aplicada em sucos de pêssego e laranja comparado a métodos convencionais, sugerindo potencial aplicação no processamento e preservação de alimentos.

Já na década de 1980, as aplicações comerciais para a radiação por RF na indústria de alimentos se concentraram na secagem pós-cocção de biscoitos (Rice, 1993; Mermelstein, 1998). Mais tarde, em 1990, a radiação por RF foi estudada na pasteurização, tendo como objetivo melhorar a eficiência energética e resolver problemas técnicos deste processo (Zhao et al., 2000). Apesar de a RF estar disponível na indústria alimentícia há muitos anos, sua utilização foi vagarosa. Entretanto, devido aos benefícios únicos, a RF estendeu suas aplicações e, hoje apresenta aplicações direta na indústria de alimentos (Hafezparast-Moadab et al., 2018; Boreddy et al., 2019; Chen et al., 2019; Wei et al., 2019; Ribeiro et al., 2020; Ballom et al., 2021).

PRINCÍPIOS DO AQUECIMENTO POR RADIOFREQUÊNCIA

Neste sistema, um gerador de radiofrequência cria um campo elétrico alternativo entre dois eletrodos paralelos denominados placas capacitantes (Orsat; Raghavan, 2005), unidas a um gerador alternativo de alta frequência e capacidade. Do mesmo modo que nos fornos micro-ondas, o calor é gerado por fricção das moléculas dipolares como resposta à aplicação de um campo elétrico alternativo (Ordoñez et al., 2005). A energia originada causa uma polarização, forçando as moléculas polares, como a água e as espécies iônicas, a se realinharem constantemente para enfrentar polos opostos, revertendo o campo elétrico em torno do produto (Pereira; Vicente, 2010).

Este movimento molecular é extremamente rápido devido à alta frequência do campo, que pode variar de 1 a 300 MHz (Ribeiro, 2010; Wang et al., 2002). O atrito molecular produzido pela rotação do dipolo e pela migração dos íons sob a influência do campo eletromagnético oscilante, gera calor no interior do alimento por dissipação de energia (Pereira; Vicente, 2010). Esse aquecimento ocorre quando o campo elétrico chega a 27,12 MHz, alternando mais de 100 000 000 de ciclos por segundo, fazendo com que toda a massa do alimento se aqueça de forma rápida (Guleria et al., 2019).

A quantidade de calor gerada no produto é determinada pela frequência, pela tensão aplicada, pelas dimensões do produto e pelo fator de perda dielétrica do alimento, sendo essa uma medida da facilidade com que o material pode ser aquecido por ondas de rádio (Orsat et al., 2001). A principal diferença entre o aquecimento por micro-ondas e RF é que o primeiro é um fenômeno de radiação, já o segundo é um fenômeno eletrostático (Ordoñez et al., 2005).

AQUECIMENTO POR RADIOFREQUÊNCIA NO PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS

A RF tem uma variedade de aplicações industriais como pasteurização, secagem e a cura de alimentos. Entretanto, a maioria dos estudos usando o aquecimento por radiofrequência foram desenvolvidos com produtos cárneos, tanto em termos de processamento como em relação aos efeitos do aquecimento sobre a qualidade dos alimentos (Mckenna et al., 2006; Farag et al., 2008; Hafezparast-Moadab et al., 2018; Traffano-Schiffo et al., 2018; Traffano-Schiffo, 2021; Jantapirak et al., 2021). Porém,

o aquecimento por radiofrequência já foi empregado na desinfestação de frutos e processamento de alimentos: líquidos, em pó (Dag et al., 2020; Ballom et al., 2021; Wei et al., 2021) e grãos e derivados (Sacilik et al., 2006; Wang et al., 2010; Berbert et al., 2019; Boreddy et al., 2019; Ambreena et al., 2020; Hussain et al., 2021; Indumathi et al., 2021) e alimentos diversos como soro de leite, macarrão e molho de queijo (Wang et al., 2003b), solução de amido (Piyasena et al., 2003b), pudim e massas (Zhang et al., 2004), sementes (Sacilik, 2007), legumes (Sacilik, 2007; Zhang et al., 2017), especiarias (Wang et al., 2014; Guo; Zhu, 2014; Shewale; Hebbar, 2021).

Produtos cárneos

Laycock et al. (2003) compararam a taxa de aquecimento e a qualidade de três produtos cárneos cozidos com aquecedor por RF. Os autores concluíram que o processo de cocção utilizando o aquecimento por RF reduzia o tempo em até 25 min em comparação aos métodos convencionais de cocção. Além disso, os autores observaram que a carne processada por RF apresentava menores perdas de suco, melhores níveis de cor e melhor capacidade de retenção de água em comparação aos métodos tradicionais. Orsat et al. (2004) utilizaram aquecimento por radiofrequência para pasteurizar fatias de presunto embaladas a vácuo. Posteriormente examinaram a umidade, a cor e a presença de micro-organismos, além dos atributos sensoriais. As fatias de presunto foram embaladas em três películas plásticas distintas (polietileno, polipropileno e polietileno de alta densidade), em seguida foram aquecidas por radiofrequência a temperaturas internas de 75 e 85 °C por 5 min. Os autores concluíram que o aquecimento por RF, quando combinado com os diferentes tipos de embalagens, poderia melhorar a capacidade de armazenamento do presunto, diminuindo sua carga microbiana, perda de umidade, mantendo a aceitação sensorial do produto.

Guo et al. (2006) compararam a eficácia do aquecimento por RF em relação ao banho de água quente sobre a inativação de *Escherichia coli* em carne moída. Os autores fizeram uso da mesma técnica empregada por Laycock et al. (2003). Ao final do processo constataram que a aplicação de aquecimento por RF reduziu o tempo de cocção do produto em aproximadamente 30 min em relação ao tempo de cocção por imersão. Porém, quando levaram em consideração a redução de *E. coli*, os autores observaram que ambos os métodos reduziram significativamente o micro-organismo. Além disso, o aquecimento por RF foi responsável por prolongar a vida útil do produto. Os autores sugeriram que o aquecimento por RF possui grande potencial alternativo para cocção em relação ao método tradicional utilizado.

Traffano-Schiffo (2021) analisaram os espectros dielétricos durante o tempo pós-morte em carne de frango. Os autores buscaram compreender e relacionar cada fenômeno de dispersão com o metabolismo bioquímico. Após os estudos, os autores constataram que a amplitude da constante dielétrica na dispersão β é capaz de determinar a degradação do sistema actina-miosina e também, propriedades

dielétricas em α . Jantapirak et al. (2021), avaliaram o efeito do aquecimento por RF no processamento de salsichas. Os autores constaram que o aquecimento por RF proporcionou um menor tempo para processamento do alimento, redução da microbiota (*Bacillus subtilis*) e melhor textura quando comparado ao processamento tradicional. Além disso, os autores constataram que o crescimento micro-organismos não foram detectados após 42 dias.

Frutos

O aquecimento por RF é considerado um método alternativo para a eliminação de micro-organismos e insetos presentes em frutas após a colheita (Birla et al., 2005). Isso se deve ao fato de os pesticidas tradicionais utilizados, como o bromometano, ter seu uso interrompido devido às preocupações ambientais saúde e segurança de humanos e animais. Wang et al. (2003a), estudaram de forma complexa as propriedades do tratamento da radiação por RF sobre frutos infestados com insetos. Através dos resultados os autores constataram que o tratamento por radiação age de forma rápida na eliminação das pragas. Wang et al. (2002) processaram nozes por meio RF tendo como objetivo regular as temperaturas letais para três insetos diferentes. Os autores constataram que o aquecimento igual ou superior a 55 °C resultou em 100% de mortalidade de *Amyelois transitella*, sendo está a espécie mais resistente entre os três insetos.

Shewale et al. (2021), avaliaram a secagem de maçãs utilizando RF. A eficácia do emprego de RF foi responsável por reduziu o tempo de secagem em 37% e o consumo de energia em 52%. Os autores também constataram que as fatias de maçãs preservaram bem os polifenóis, flavonóides e ácido ascórbico. Além disso, o uso de RF não afetou a cor e também melhorou a taxa de reidratação. Os autores concluíram que a aplicação de RF na etapa de secagem acelera o processo de secagem e reduz a necessidade de energia com melhor retenção dos atributos de qualidade do produto.

Alimentos líquidos

A esterilização geralmente depende de água quente pressurizada ou vapor é uma forma comum de industrialização de alimentos líquidos. E, em alguns casos pode demandar longos períodos para o processamento dos alimentos. Entretanto, estudos que fizeram uso do aquecimento por radiofrequência, demonstram os alimentos líquidos podem ser processados com regimes de tempo-temperatura mais suaves que os exigidos pelas técnicas convencionais. Além de apresentar capacidade efetiva na eliminação de micro-organismos e modificação mínima dos atributos sensoriais e nutritivos (Rosa et al., 2018).

Awuah et al. (2005) utilizaram irradiação por RF, tentando encontrar as melhores condições para inativar micro-organismos como *Listeria* e *E. coli* no leite. O impacto do tratamento com RF também foi testado na inativação microbiana em sucos de laranja e maçã (Geveke; Brunkhorst, 2004; Geveke et al.,

2007; Geveke; Brunkhorst, 2008). Os tratamentos de RF neste caso foram avaliados em um intervalo de frequência (15 kHz a 41 kHz) que permitia um aumento suave da temperatura do produto, que ao término do processo atinge ao máximo de 65 °C. Sob as condições experimentais, os resultados demonstraram que a radiação por RF apresentava potencial de inativação para *E. coli* tanto no suco de laranja quanto no suco de maçã. Além de avaliar a inativação microbiana, os autores observaram que não houve perda de ácido ascórbico no suco de laranja tratado com radiação por RF.

Rosa et al. (2018) utilizaram a combinação de RF e temperatura para esterilizar leite cru e avaliaram o impacto desta técnica na qualidade do leite e nos aspectos de segurança e qualidade, durante um período de armazenamento de 55 dias a 4 °C. Após o período dos experimentos, os autores constataram que o leite apresentava características físico-químicas e microbiológicas aceitáveis. Além disso, quando avaliado o sabor e a aparência, verificou-se que as modificações nas propriedades sensoriais eram mínimas. Os autores concluíram que o aquecimento por RF é adequado para o processamento de leite com uma vida útil de até 45 dias sem alterações significativas dos atributos organolépticos e nutricionais

O PAPEL DA GEOMETRIA, DA FORMA E DA POSIÇÃO DO PRODUTO NO AQUECIMENTO POR RF

Diversos estudos mostram interesse em compreender o papel da geometria, da forma, da posição e orientação do produto em relação aos eletrodos no aquecimento por RF. Orsat et al. (2001) processaram bastões de cenoura em um sistema de aquecimento por RF. Na primeira experiência, que foi realizada com bastões de cenoura de 2 cm, eles observaram que o experimento produziu um aumento de temperatura muito lento dentro do produto, demorando 5 minutos para atingir 40 °C a partir de uma temperatura inicial de 6 °C. No segundo experimento, os autores aumentaram a espessura dos bastões 2 para 5 cm, e relataram que a temperatura interna aumentou de 6 para 60 °C num intervalo entre 2 e 7 min. Dependendo da posição do alimento, porém, algumas regiões da amostra foram aquecidas de forma irregular. Em um terceiro experimento, com bastões de 6,5 cm de espessura a temperatura interna de 60 °C foi alcançada entre 80 e 140 s. Em geral, pode perceber que um aumento na massa provocou melhor aquecimento por RF.

Wang et al. (2005) submeteram nozes em casca ao aquecimento por RF. Porém, para que o aquecimento das nozes fosse uniforme, foi utilizado agitação devido às diferenças de orientação e localização. Os autores avaliaram os efeitos da quantidade de nozes, orientação e posição sobre os padrões de aquecimento durante os tratamentos RF por simulação computacional. Os autores constataram que o aumento no desvio padrão das temperaturas das nozes em qualquer etapa do uso do aquecimento de RF aumentou linearmente com o aumento da temperatura média. E, observaram que a uniformidade das nozes tem influência significativa no número de agitações necessárias para atingir o objetivo do estudo.

Romano e Marra (2008), propôs uma análise teórica de fenômenos físicos durante o aquecimento de RF de um alimento, em forma de cubo, cilindro ou esfera. O objetivo foi analisar os efeitos da forma e orientação da amostra sobre a taxa de aquecimento e a distribuição de temperatura. A matéria-prima utilizada para o desenvolvimento foram amostras de carne cortadas como cubo, cilindro e esfera. Os resultados relatados mostraram uma grande influência da forma da amostra na taxa de aquecimento e na distribuição da temperatura dentro da amostra. Dentre as formas investigadas pelos autores, os cubos foram mais adequados para o tratamento de RF, uma vez que os produtos em forma cúbica sofriam um aquecimento rápido e uniforme, com uma boa absorção de energia. No caso de produtos de forma cilíndrica, os autores recomendaram uma orientação vertical durante o tratamento, uma vez que os cilindros orientados horizontalmente apresentaram um aquecimento mais lento, caracterizado por distribuição de temperatura irregular.

VANTAGEM E LIMITAÇÕES DO AQUECIMENTO POR RF

A radiação por RF tem sido usada com sucesso para o aquecimento, secagem e esterilização de muitos produtos alimentícios. Comparado com os métodos convencionais (e.g. micro-ondas e aquecimento ôhmico), o processamento por RF oferece as seguintes vantagens (Luechapattanaporn et al., 2005; Marra et al., 2009): I - Não existe contato direto entre o produto e os eletrodos, pois as ondas de RF penetram através de embalagens convencionais de papelão ou plástico, ocasionando o aquecimento do produto; II - A radiação por RF garante um aquecimento mais uniforme e com maior profundidade de penetração devido sua faixa de frequência ser mais baixa e os comprimentos de onda mais longos em relação aos métodos convencionais como as micro-ondas e; III - Tem-se pouca perda de energia nesse processo, são mínimas quando comparadas aos métodos convencionais. Além de reduzir a deterioração térmica dos alimentos.

Entretanto, as propriedades dos alimentos desempenham um papel importante na radiação por RF, mas são influenciadas por uma variedade de fatores que podem limitar seu uso (Piyasena et al., 2003a). Dentre as limitações podem ser citadas: o teor de umidade é um fator crítico (Tang, 2005), a frequência do campo eletromagnético, a temperatura do material, a densidade, a composição química e a estrutura do material também possuem influência (Piyasena et al., 2003b).

Além disso, uma vez que a RF está dentro da faixa de radar, as bandas de frequência que podem ser utilizadas para aplicações diferentes das comunicações são limitadas por regulamentos de Compatibilidade Eletromagnética, sendo estas estabelecidas por regulamentos específicos, como consequência direta do uso de frequências para outras aplicações, tais como comunicação militar, canais de rádio e telefonia móvel. Apesar de as bandas no aquecimento por radiofrequência variarem de 1 a 300

MHz, apenas as bandas de 13,56; 27,12 e 40,68 MHz são utilizadas para aplicações industriais, científicas e na área da saúde (Wang et al., 2002).

CONCLUSÃO

Nos últimos anos foram produzidos inúmeros trabalhos utilizando o aquecimento de RF e é provável que os estudos nesta área continuem levando em consideração que o método apresenta aquecimento rápido, oferecendo uma vantagem de velocidade considerável em relação aos métodos de aquecimento convencionais. No entanto, mesmo apresentando esta vantagem e o fato de esta tecnologia estar disponível há muitos anos, a sua utilização pela indústria tem sido relativamente lenta.

Essa falta de aceitação até o momento deve-se: I - À falta de informação aprofundada disponível sobre o seu impacto em todos os aspectos da qualidade do produto. Nas duas últimas décadas, verificou-se um número substancial de publicações na área da qualidade das carnes processadas por RF, mas isto deve ser replicado numa gama mais vasta de produtos alimentares. A disponibilidade de tais informações ajudará a convencer os processadores dos benefícios desta tecnologia; II - Como potencial técnica de pasteurização/esterilização, é necessário ampliar estudos sobre a eficácia da RF para inativar microorganismos e seu impacto na qualidade do produto e na vida útil. Além disso, é necessário desenvolver uma maior compreensão da distribuição da temperatura dentro dos produtos; III - Avaliar os custos de capital reais para instalações iniciais e estimar os custos de energia envolvidos em tratamentos específicos, a fim de investigar mais a eficiência e economia do processamento RF; IV - Necessidade contínua de produção de dados dielétricos sobre os gêneros alimentícios e as embalagens potenciais. Esta informação é a chave para melhorar a compreensão da distribuição de temperatura para a aplicação de sistemas de aquecimento de RF.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ambreena N et al. (2020). Physicochemical and microbial stability of wheat bread as influenced by the supplementation of radiofrequency stabilized rice bran. *Applied Biological Research*, 22(2): 147-157.
- Awuah GB et al. (2005). Inactivation of *Escherichia coli* K-12 and *Listeria innocua* in milk using radio frequency (RF) heating. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6(4): 396-402.
- Ballom K et al. (2021). Radiofrequency pasteurization against *Salmonella* and *Listeria monocytogenes* in cocoa powder. *LWT - Food Science and Technology*, 145(1): 111490.
- Berbert PA et al. (2019). Predicting sorghum moisture content with radiofrequency dielectric functions. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 12(2): 222-231.
- Birla SL et al. (2005). Quality of oranges as influenced by potential radio frequency heat treatments against Mediterranean fruit flies. *Postharvest Biology and Technology* 38(1): 66-79.

- Bisht B et al. (2021). Food irradiation: Effect of ionizing and non-ionizing radiations on preservation of fruits and vegetables - a review. *Trends in Food Science & Technology*, 114(1): 372-385.
- Boreddy SR et al. (2019). Radiofrequency-assisted thermal processing of soft wheat flour. *Journal of Food Science*, 1(1):1-9.
- Chen L et al. (2019). Inactivation of *Salmonella enterica* and *Enterococcus faecium* NRRL B-2354 in cumin seeds by radiofrequency heating. *Food Control*, 103(1): 59-69.
- Dag D et al. (2020). Developments in radio frequency pasteurization of food powders. *Food Reviews International*, 1(1): 1-18.
- Demeczky M (1974). Continuous pasteurization of bottled fruit juices by high frequency energy. In: *Proceedings of IV international congress on food science and technology*, 4(Anais): 11-20.
- Farag KW et al. (2008). A comparison of conventional and radio frequency tempering of beef meats: Effects on product temperature distribution. *Meat Science*, 80(2): 488-495.
- Geofery L et al. (2015). Evaluation of the knowledge and awareness of non-ionizing radiation among final year students of college of medical science University of Maiduguri. *International Research Journal of Pure and Applied Physics*, 3(3): 8-14.
- Geveke DJ; Brunkhorst C (2004). Inactivation of *Escherichia coli* in apple juice by radio frequency electric fields. *Journal of Food Science*, 69(3): 134-138.
- Geveke DJ et al. (2007). Radio frequency electric fields processing of orange juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8(4): 549-554.
- Geveke DJ, Brunkhorst C (2008). Radio frequency electric fields inactivation of *Escherichia coli* in apple cider. *Journal of Food Engineering*, 85(2): 215-221.
- Guleria R et al. (2019). Harmful effects of ionizing radiation. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, 7(12): 2-4.
- Guo et al. (2006). Efficacy of radio frequency cooling in the reduction of *Escherichia coli* and shelf stability of ground beef. *Food Microbiology*, 23(2): 112-118.
- Guo W, Zhu X (2014). Dielectric Properties of Red Pepper Powder Related to Radiofrequency and Microwave Drying. *Food and Bioprocess Technology*, 7(1): 3591-3601.
- Hafezparast-Moadab N et al. (2018). Effects of radiofrequency-assisted freezing on microstructure and quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 47(1): 81-87.
- Hussain SZ et al. (2021). Effect of radiofrequency induced accelerated ageing on physico-chemical, cooking, pasting and textural properties of rice. *LWT - Food Science and Technology*, 139(1): 110595.

- Iqbal A et al. (2019). Activation and inactivation mechanisms of polyphenol oxidase during thermal and non-thermal methods of food processing. *Food and Bioproducts Processing*, 117(1): 170-182.
- Indumathi C et al. (2021). Impact of radiofrequency disinfestation on *Tribolium castaneum* (Herbst) in wheat flour and its influence on the functional characteristics of wheat flour. *Journal of Food Processing and Preservation*, 1(1): e15770.
- Jantapirak S et al. (2021). Effect of radiofrequency heating of vacuum-packed nitrite-free sausage on quality properties and microorganism inactivation. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 85(4): 907-915.
- Jason AC, Sanders HR (1962). Dielectric thawing of fish. II. Experiments with frozen white fish. *Food Technology*, 16(6): 107-112.
- Kar A et al. (2020). Effect of traditional and radiofrequency assisted thermal processing on the gel firmness of egg white powder. *LWT - Food Science and Technology*, 133(1): 110091.
- Laycock L et al. (2003). Radio frequency cooking of ground, comminuted and muscle meat products. *Meat Science*, 65(3): 959-965.
- Lucena EA et al. (2017). Radiação ionizante, energia nuclear e proteção radiológica para a escola. *Brazilian Journal of Radiation Sciences*, 5(1): 1-17.
- Luechapattanaporn K et al. (2005). Sterilization of scrambled eggs in military polymeric trays by radio frequency energy. *Journal of Food Science*, 70(4): 288-294.
- Marra F et al. (2009). Radio frequency treatment of foods: Review of recent advances. *Journal of Food Engineering*, 91(4): 497-508.
- Mckenna BM et al. (2006). Advances in radio frequency and ohmic heating of meats. *Journal of Food Engineering*, 77(2): 215-229.
- Meneses PR, Almeida T (2012). Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. 1 ed. Brasília: UNB. 277p.
- Mermelstein NH (1998). Microwave and radio frequency drying. *Food Technology*, 52(11): 84-86.
- Misra NN et al. (2017). Landmarks in the historical development of twenty first century food processing technologies. *Food Research International*, 97(1): 318-339.
- Monzon ME et al. (2006). Effect of radio frequency heating as a potential quarantine treatment on the quality of 'Bing' sweet cherry fruit and mortality of codling moth larvae. *Postharvest Biology and Technology*, 40(2): 197-203.
- Mortazavi SMJ et al. (2013). The study of the effects of ionizing and non-ionizing radiations on birth weight of newborns to exposed mothers. *Journal of Natural Science, Biology and Medicine*, 4(1): 213-217.

- Ordoñez JA et al. (2005). Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos. 1 ed. Porto Alegre: Artmed. 294p.
- Orsat V et al. (2001). Radio-frequency treatment for ready-to-eat fresh carrots. *Food Research International*, 34(1): 527-536.
- Orsat V et al. (2004). Radio-frequency heating of ham to enhance shelf-life in vacuum packaging. *Journal of Food Process Engineering*, 27(1): 267-283.
- Orsat V, Raghavan GSV (2005). Radio-Frequency Processing. *Emerging technologies for food processing*, 17(1): 445-468.
- Pereira RN; Vicente AA (2010). Environmental impact of novel thermal and non-thermal technologies in food processing. *Food Research International*, 43(1): 1936-1943.
- Piyasena P et al. (2003a). Radio frequency heating of foods: principles, applications and related properties. A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43(6): 587-606.
- Piyasena P et al. (2003b). Dielectric properties of starch solutions as influenced by temperature, concentration, frequency and salt. *Journal of Food Process Engineering*, 26(1): 93-119.
- Rice J (1993). RF technology sharpens bakery's competitive edge. *Food Processing* 6(1): 18-24.
- Ribeiro NG et al. (2020). Tecnologias Emergentes: Úteis Para Estabilidade De Prebióticos? *Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente*, 1(8): 30-54.
- Ribeiro EP (2010). Processos - Tecnologias Inovadoras. FIESP e ITAL (org.). *Brazil Food Trends*. São Paulo: Gráfica Ideal, 129-143p.
- Romano V, Marra F (2008) A numerical analysis of radio frequency heating of regular shaped foodstuff. *Journal of Food Engineering*, 84(3): 449-457.
- Rosa ARD et al. (2018). Radio frequency heating of milk—effects on quality, safety, and shelf life assessed using artificial senses and chemometric tools. *Electronics*, 7(12):1-12.
- Sacilik K et al. (2006). Dielectric properties of flaxseeds as affected by moisture content and bulk density in the radio frequency range. *Biosystems Engineering*, 93(2): 153-160.
- Sacilik K (2007). Effect of drying methods on thin-layer drying characteristics of hull-less seed pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Journal of Food Engineering*, 79(1): 23-30.
- Sacilik K et al. (2007). Moisture content and bulk density dependence of dielectric properties of safflower seed in the radio frequency range, *Journal of Food Engineering*, 78(4): 1111-1116.
- Selbach CM (2016). Avaliação do efeito da aplicação de aquecimento ôhmico na qualidade do leite de castanha de caju. *UFRGS*, 12(1): 1-46.
- Simas MMS (2010). Efeitos da radiação gama sobre microbiota fúngica e micotoxinas encontradas em ração de frango de corte. Programa de Pós-Graduação do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (Tese), São Paulo. 63p.

- Sherman VW (1946). Food Industry. 1 ed. 628p.
- Shewale SR et al. (2021). Application of radiofrequency heating and low humidity air for sequential drying of apple slices: Process intensification and quality improvement. *LWT - Food Science and Technology*, 135(1): 109904.
- Shewale SR, Hebbar HU (2021). Low humidity air and radiofrequency wave based sequential drying of *Rosmarinus officinalis* for improvement of quality. *Industrial Crops and Products*, 162(1): 113303.
- Tang J (2005). Dielectric properties of foods. Schubert H e Regier M (org.). *The Microwave Processing of Foods*. Cambridge: Woodhead Publishing, 22-40p.
- Torrão et al. (2010). Processamento geral de alimentos: microndas. Instituto Politécnico de Coimbra, 3(1): 1-29.
- Traffano-Schiffo MV et al. (2018). Innovative photonic system in radiofrequency and microwave range to determine chicken meat quality. *Journal of Food Engineering*, 239(1): 1-7.
- Traffano-Schiffo MV (2021). New methodology to analyze the dielectric properties in radiofrequency and microwave ranges in chicken meat during postmortem time. *Journal of Food Engineering*, 292(1): 110350.
- Wang S et al. (2002). Process protocols based on radio frequency energy to control field and storage pests in in-shell walnuts. *Postharvest Biology and Technology*, 26(3): 265-273.
- Wang S et al. (2003a). Dielectric properties of fruits and insect pests as related to radio frequency and microwave treatments. *Biosystems Engineering*, 85(2): 201-212.
- Wang Y et al. (2003b). Sterilization of foodstuffs using radio frequency heating. *Journal of Food Science*, 68(2): 539-544.
- Wang S et al. (2005). Mathematical modelling of heating uniformity for in-shell walnuts subjected to radio frequency treatments with intermittent stirrings. *Postharvest Biology and Technology*, 35(1): 97-107.
- Wang S et al. (2010). Developing postharvest disinfection treatments for legumes using radio frequency energy. *Bio systems Engineering*, 105(3): 341-349.
- Wang Y et al. (2014). Developing hot air-assisted radio frequency drying for in-shell macadamia nuts. *Food and Bioprocess Technology*, 7(1): 278-288.
- Wei X et al. (2019). Radiofrequency pasteurization process for inactivation of *Salmonella* spp. and *Enterococcus faecium* NRRL B-2354 on ground black pepper. *Food Microbiology*, 82(1): 388-397.
- Wei X et al. (2021). Heating of milk powders at low water activity to 95°C for 15 minutes using hot air-assisted radio frequency processing achieved pasteurization. *Journal of Dairy Science*, 104(9): 9607-9616.
- Zhang L et al. (2004). Effect of radio frequency cooking on texture, colour and sensory properties of a large diameter comminuted meat product. *Meat Science*, 68(2): 257-268.

Zhang Z et al. (2017). Pilot-scale radiofrequency blanching of potato cuboids: heating uniformity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(1): 1-21.

Zhao Y et al. (2000). Using capacitive (radio frequency) dielectric heating in food processing and preservation – a review. *Journal of Food Process Engineering*, 23(1): 25-55.

Degradação de corantes alimentícios: uma eficiente metodologia através da aplicação de processo avançado de oxidação

Recebido em: 01/10/2021

Aceito em: 07/10/2021

 10.46420/9786581460082cap5

Taís Port Hartz¹ 

Karina Rodrigues de Fraga² 

Carla Weber Scheeren^{3*} 

INTRODUÇÃO

A presença de corantes, oriundos dos resíduos gerados pelas indústrias alimentícias, gera elevada concentração de matéria orgânica e forte coloração, sendo um dos grandes fatores de poluição em corpos hídricos (Montoia, 2006). A intensa coloração, os torna altamente detectáveis a olho nu, mesmo em baixas concentrações (1 mg/L). Estes compostos apresentam grande estabilidade química, e seus subprodutos alta toxicidade. Entre os principais impactos causados, podemos destacar a eutrofização e as alterações na biota aquática, dificultando a passagem de luz solar e diminuindo os níveis de oxigênio, conseqüentemente, reduzindo a atividade fotossintética (Andrade et al., 1998; Nadais et al., 2005; Gupta e Suhas, 2009).

Os métodos de tratamentos destes efluentes, buscam a efetiva redução e/ou remoção dos contaminantes gerados no processo (Crespilho; Rezende, 2004; Feng et al., 2006; Zhu et al., 2009, De Sá et al., 2020). Os tratamentos de separação de fases (sedimentação, decantação, filtração, centrifugação, coagulação e flotação dos resíduos), destacam-se como métodos de tratamento clássico. Entretanto, existem processos alternativos como os processos oxidativos avançados (POAs), que se baseiam na geração de espécies altamente oxidantes ($\bullet\text{OH}$) em quantidade suficiente para provocar a destruição dos poluentes, dentre eles a matéria orgânica (Crespilho; Rezende, 2004; Da Silva et al., 2008; Alshabanat e Al-Anaz, 2018). Os POAs caracterizam-se como uma tecnologia limpa, aplicável ao tratamento de águas residuais, sendo necessária a adequação dos parâmetros experimentais ao tipo de efluente a ser tratado.

Entretanto, é necessário destacar que os corantes têm grande importância econômica na indústria de alimentos brasileira. Somente em 2011 o Brasil importou 158,4 mil toneladas (correspondente a US\$ 515 milhões) e exportou, no mesmo período, 62 mil toneladas (equivalente a US\$ 145 milhões) de corantes

^{1,2,3*} Laboratório de Catálise, Escola de Química e Alimentos- EQA, Universidade Federal do Rio Grande- FURG, Rua Barão do Caí, 125, CEP 95500-000, Santo Antônio da Patrulha, RS, Brasil.

*Autora correspondente: carlascheeren@gmail.com

e pigmentos (Abiquim, 2011). Como exemplo, podemos citar o corante amarelo tartrazina, amplamente utilizado na indústria alimentícia, o qual pertence ao grupo funcional dos azo-corantes e demonstra grande estabilidade a luz solar. Dentre outros fatores, este corante também é citado como contribuinte para problemas alérgicos graves e com potencial carcinogênico (Tripathi et al., 2007).

Neste contexto, o presente capítulo buscou aplicar o processo avançado de oxidação Foto-Fenton na efetiva degradação dos corantes alimentícios, azul brilhante FCF, vermelho ponceau 4R e amarelo tartrazina.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização dos experimentos, foram preparadas soluções aquosas dos corantes alimentícios: azul brilhante FCF, vermelho ponceau 4R e amarelo tartrazina. Para cada solução foi dissolvido 0,1 g do respectivo corante em 200 mL de água. O processo Foto-Fenton, foi realizado utilizando-se palha de aço (Ferro), peróxido de hidrogênio (H_2O_2 , 36 %) e luz ultravioleta (UV). Para a realização dos tratamentos foi adicionado 4,0 g de palha de aço (Ferro) combinado com 10 gotas de peróxido de hidrogênio (H_2O_2 , 36 %). As soluções foram submetidas a agitação (para homogeneização da solução) e alíquotas foram retiradas para análise por espectrofotometria UV-visível, nos intervalos de 30, 60, 90, 120, 150, 180 e 210 min.

ANÁLISE POR ESPECTROFOTOMETRIA UV-VISÍVEL

A degradação das soluções dos corantes pelo processo Foto-Fenton foi acompanhada por espectrofotometria UV-visível (Perkin Elmer Lambda 25 UV/Vis Spectrometer) na faixa de comprimento de onda de 200 a 800 nm (Ribani et al, 2004). Todos os ensaios foram realizados em triplicata. As medições de absorbância das soluções contendo os corantes foram realizadas nos intervalos de 30, 60, 90, 120, 150, 180 e 210 minutos.

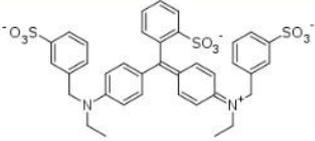
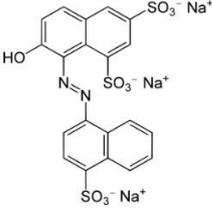
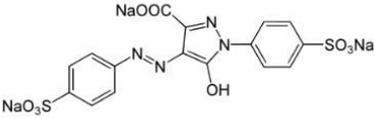
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os corantes são moléculas orgânicas que apresentam alta estabilidade e forte coloração no meio ambiente, quando descartadas em efluentes industriais. Diversos corantes são utilizados na indústria alimentícia. Na tabela 1 são descritos os corantes alimentícios estudados nesta pesquisa, assim como, suas características, aplicações, danos causados e as restrições no uso em diversos países.

Tabela 1. Características, aplicações, danos causados e restrições dos corantes alimentícios estudados (Mascarenhas JMO, 1998).

Corante	Aplicações	Danos causados	Restrições
Azul brilhante FCF	Laticínios, balas, cereais, recheios, gelatinas, licores, refrescos	Irritações cutâneas e constrição brônquica, quando associado a outros corantes.	Uso proibido na Alemanha, Áustria, França, Bélgica, Noruega, Suécia e Suíça.
Vermelho ponceau 4R	Frutas em caldas, laticínios, xaropes de bebidas, balas, cereais, refrescos e refrigerantes, sobremesas	Anemia e doenças renais, associado a falta de concentração e impulsividade podendo provocar hiperatividade em crianças quando associado ao benzoato de sódio.	Uso proibido nos EUA e Finlândia.
Amarelo tartrazina	Tinta do alcatrão de carvão usado em laticínios, licores, fermentados, produtos de cereais, frutas, iogurtes.	Reações alérgicas (asma, bronquite, rinite, náusea, broncoespasmo, urticária, eczema, dor de cabeça, eosinofilia) e inibição da agregação plaquetária à semelhança dos salicilatos. Insônia em crianças associada à falta de concentração e impulsividade. Reação alérgica cruzada com salicilatos (ácido acetilsalisílico). Pode provocar hiperatividade em crianças quando associado ao benzoato de sódio.	Uso deve ser descrito nos rótulos no Brasil, nos EUA e na Inglaterra.

Tabela 2. Estrutura química dos corantes azul brilhante FCF, vermelho ponceau 4R e amarelo tartrazina. Fonte: os autores.

Corante	Estrutura Química
Azul brilhante FCF	
Vermelho ponceau 4R	
Amarelo tartrazina	

Os resultados de degradação dos corantes avaliados utilizando-se o processo Foto-Fenton baseia-se na remoção da cor e diminuição da concentração dos corantes. Com base nos resultados obtidos no desenvolvimento deste estudo, pode-se observar a eficiência dos POA Foto-Fenton aplicado nas soluções dos corantes.

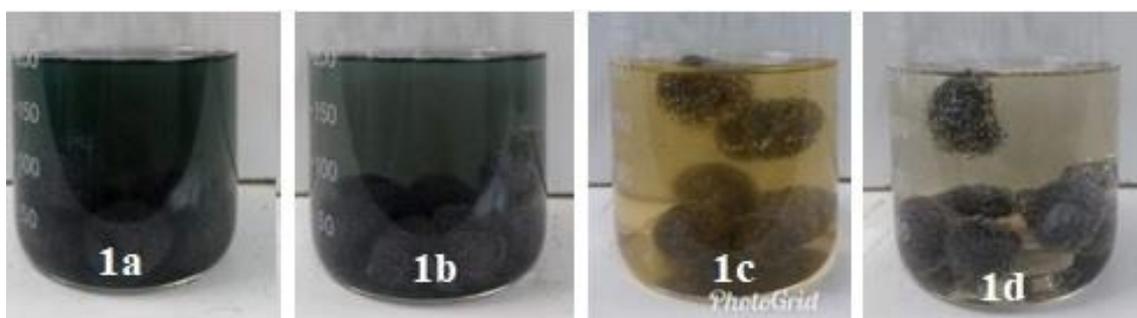


Figura 1. Remoção da coloração da solução do corante azul brilhante com o Processo Foto-Fenton (Fe/H₂O₂/UV): (1a) 0 min; (1b) 30 min.; (1c) 120 min; (1d) 210 min. Fonte: os autores.

O tratamento por processo Foto-Fenton, utilizando solução com palha de aço com peróxido de hidrogênio e exposição a luz UV, apresentou remoção da coloração da solução após 30 min de tratamento. Na Figura 1 são exibidas as soluções do corante azul brilhante FCF após tratamento com o processo Foto-Fenton. É possível observar através dos resultados obtidos que o processo Foto-Fenton foi altamente

efetivo na remoção da coloração das soluções do corante azul brilhante FCF, vermelho ponceau 4R e amarelo tartrazina em baixo tempo reacional. Nas Figuras 2 e 3 são expostas as soluções dos corantes vermelho ponceau 4R e amarelo tartrazina, expostas ao tratamento Foto-Fenton.



Figura 2. Remoção da coloração da solução do corante amarelo tartrazina com o Processo Foto-Fenton ($\text{Fe}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$): (1a) 0 min; (1b) 60 min; (1c) 120 min; (1d) 180 min; (1e) 210 min. Fonte: os autores.



Figura 3. Remoção da coloração da solução do corante vermelho ponceau 4R com o Processo Foto-Fenton ($\text{Fe}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$): (1a) 0 min; (1b) 30 min; (1c) 90 min (1d) 120 min; (1e) 180 min (1f) 210 min. Fonte: os autores.

Tabela 3. Tempo de tratamento e concentração das soluções dos corantes submetidas ao processo Foto-Fenton. Fonte: os autores.

Tempo de tratamento (min)	Absorbância		
	Azul Brilhante FCF	Vermelho Ponceau 4R	Amarelo Tartrazina
0	0,37	0,47	0,17
30	0,34	0,40	0,14
60	0,29	0,33	0,13
90	0,25	0,26	0,12
120	0,20	0,20	0,10
150	0,16	0,17	0,08
180	0,10	0,08	0,06
210	0,04	0,04	0,03

Com base nos resultados obtidos, podemos relatar que a degradação dos corantes alimentícios: azul brilhante FCF, vermelho ponceau 4R e amarelo tartrazina pelo processo Foto-Fenton foi altamente efetiva. Na Tabela 3 encontram-se as análises da absorbância das soluções dos corantes azul brilhante

FCF, vermelho ponceau 4R e amarelo tartrazina, submetidos ao processo Foto-Fenton nos tempos de análise 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 e 210 min.

Na Figura 4 é exposto o gráfico da absorbância da solução contendo os corantes azul brilhante FCF, vermelho ponceau 4R e amarelo tartrazina, durante o processo de degradação fotoquímica (Foto-Fenton) por 210 minutos. No espectro de absorção obtido por análise por UV-vis é possível observar as bandas de absorção características dos corantes azul brilhante FCF ($\lambda = 630\text{nm}$), vermelho ponceau ($\lambda = 521\text{ nm}$) amarelo tartrazina ($\lambda = 402\text{ nm}$). A presença de banda de absorção na região de $\lambda = 260\text{ nm}$ evidencia a presença de carbono orgânico aromático (Souza e Daniel, 2005). O acompanhamento da degradação das soluções dos corantes pode ser comprovado pelo decréscimo das bandas de absorção em função do tempo. Na determinação da redução de absorbância durante o processo de degradação pelo processo Foto-Fenton, pode-se observar a ocorrência de redução de 99% da coloração das soluções contendo os corantes azul brilhante FCF, vermelho ponceau 4R e amarelo tartrazina.

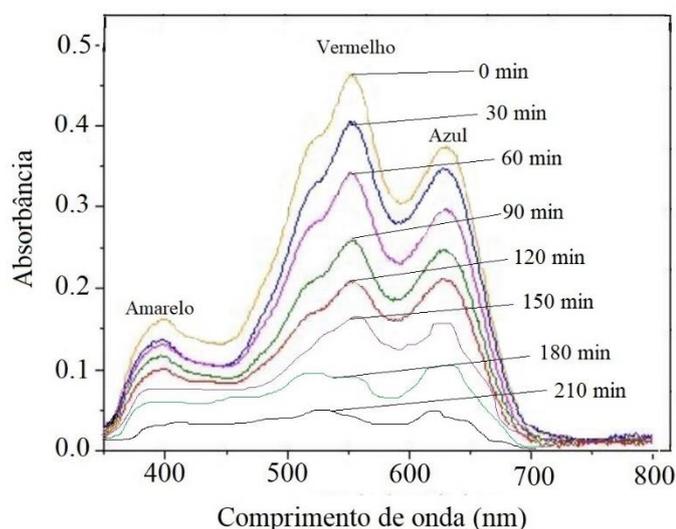


Figura 4. Espectro UV/Vis das soluções dos corantes azul brilhante FCF, vermelho ponceau 4R e amarelo tartrazina em diferentes tempos de tratamento com o processo Foto-Fenton. Fonte: os autores.

Os resultados de degradação de corantes exibidos nesta pesquisa estão de acordo com os níveis de descarte descritas na legislação brasileira. Pode-se destacar que, para corantes artificiais, estes devem estar virtualmente ausentes de acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n° 357/2005 (Brasil, 2005). Além disso, o efluente não deve conferir mudança acentuada de coloração ao corpo receptor no ponto de lançamento.

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos podemos destacar a grande eficiência do processo avançado de oxidação Foto-Fenton, o qual foi aplicado nesta pesquisa na degradação dos corantes de ampla utilização na indústria alimentícia: Azul brilhante FCF, vermelho ponceau 4R e amarelo tartrazina. A aplicação do

tratamento Foto-Fenton combinando Fe/H₂O₂/Luz UV exibiu uma redução de 99% da coloração e na concentração das soluções dos corantes alimentícios estudados. A utilização da luz ultravioleta no processo Foto-Fenton (Fe/H₂O₂/Luz UV), gerou um resultado de degradação altamente eficiente em baixo intervalo de tempo reacional. As soluções dos corantes estudados apresentaram-se incolores após 210 minutos de exposição ao tratamento Foto-Fenton.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abiquim. (2011). Corantes. Associação Brasileira da Indústria Química <http://www.abiquim.org.br>.
- Alshabanat MN, Al-Anaz MM (2018). An Experimental Study of Photocatalytic Degradation of Congo red Using Polymer Nanocomposite Films, *Hindawi Journal of Chemistry*, 1-8.
- Andrade RCB et al. (1998). Influência de efluentes têxteis e alimentícios sobre o metabolismo e propriedades físicas e químicas do Rio Piauítinga (Sergipe). *Química Nova*, 21(1): 424-427.
- Crespilho FN; Rezende MOO (2004). Eletro flotação: Princípios e Aplicações, Brasil, 1ª ed. 77p.
- De Sá FP et al. (2020). Foto descoloração dos corantes alimentícios vermelho eritrosina e azul brilhante por fotólise direta. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, 6(7): 46707-46718.
- Da Silva CP et al. (2008). Avaliação da degradação do corante vermelho *bordeaux* através de processo fotoquímico. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 13(1): 73-77.
- Feng X et al. (2006). Investigation of 207 Nm UV Radiation for Degradation of Organic Dye in Water. *Water SA*, 32: 43-48.
- Gupta VK, Suhas (2009) Application of low-cost adsorbents for dye removal - a review. *Journal of Environmental Management*, 90: 2313-2342.
- Mascarenhas JMO (1998). Corantes em alimentos: Perspectivas, uso e restrições. Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos Universidade Federal de Viçosa (Tese), Viçosa, 158p.
- Montoia P (2006). Água, o “Ouro” Azul do Nosso Século. Disponível em: <http://didaktos.ua.pt/recursos/didaktos4828.pdf>.
- Nadais H et al. (2005) Treatment of dairy wastewater in UASB reactors inoculated with flocculent biomass. *Waters SA*, 31: 603-608.
- Brasil (2005). Lei nº 6.938, de 17 de março de 2005. Institui o Código Civil. *Diário Oficial da União*: seção 053, Brasília, DF, 58-63. Fonte: www.mma.gov.br/port/conama
- Ribani M et al. (2004). Validação em métodos cromatográficos e eletroforéticos. *Química Nova*, 27: 771-780.
- Souza JB, Daniel LA (2005). Comparação entre hipoclorito de sódio e ácido peracético na inativação de *E. Coli*, *Colifagos* e *C. Perfringens* em água com elevada concentração de matéria orgânica. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 10: 111-117.

Tripathi M et al. (2007). Surveillance on use of synthetic colours in eatables Vis a Vis prevention of food adulteration act of India. *Food Control*, 18: 211-219.

Zhu H et al. (2009). Photocatalytic decolorization and degradation of Congo red on innovative crosslinked chitosan/nano-CdS composite catalyst under visible light irradiation. *Journal of Hazardous Materials*, 169: 33-940.

Frutas da biodiversidade do Rio Grande do Sul: composição química e potencial anti-inflamatório

Recebido em: 06/10/2021

Aceito em: 07/10/2021

 10.46420/9786581460082cap6

Thaís Duarte Santos^{1*} 

Juliana Botelho Moreira² 

INTRODUÇÃO

A inflamação é um processo fisiopatológico que contribui para o desenvolvimento de doenças degenerativas, incluindo as cardiovasculares, câncer e Alzheimer (Joseph et al., 2016). Vários fatores contribuem para ocasionar a inflamação, como idade, sexo, sedentarismo, tabagismo, uso de certos medicamentos e dieta. Portanto, além do estilo de vida, a alimentação tem impacto significativo na saúde, prevenindo ou reduzindo os processos inflamatórios (Ruiz-Canela et al., 2016). Nas últimas duas décadas, a relação entre os alimentos nativos da América do Sul e os seus efeitos medicinais tem sido destacada (Carvalho et al., 2021).

A América do Sul possui grande diversidade de espécies frutíferas que tem ganhado popularidade em todo o mundo por seus atributos sensoriais, como sabor e cor, além do seu perfil nutricional e funcional (Hoffmann et al., 2014). O Brasil possui mais de 40.000 espécies vegetais ricas em fitoquímicos, o que representa cerca de 20% da flora mundial. Devido à sua biodiversidade, o Brasil apresenta elevado potencial para o desenvolvimento de produtos com valor agregado para a fitomedicina e suplementos alimentares para o tratamento ou prevenção de doenças inflamatórias (Carvalho et al., 2021).

Além disso, a investigação das frutas brasileiras pode mitigar o declínio da biodiversidade e proteger as fontes naturais de alimentos nutritivos, saudáveis e sustentáveis (Soares et al., 2019). Diversas frutas encontradas no Rio Grande do Sul, como o butiá, a pitanga e a jabuticaba possuem diversos componentes bioativos. O butiá é composto principalmente por carotenoides, antocianinas e flavonoides (Tambara et al., 2020). Além desses compostos, a pitanga é rica em cálcio, fósforo e vitamina C (Franzon et al., 2018). A jabuticaba é reconhecida pelo conteúdo de compostos fenólicos e tocoferóis (Albuquerque et al., 2020; Santos et al., 2021). Esses componentes biologicamente ativos são importantes para prevenir ou amenizar os processos inflamatórios no organismo. Isso demonstra a importância do consumo de

¹ Universidade Federal do Rio Grande, Escola de Química e Alimentos.

² Universidade Federal do Rio Grande, Escola de Química e Alimentos.

* Autora correspondente: dsantosthaís@gmail.com

alimentos ricos em fitoquímicos para a prevenção de doenças crônicas (Silva et al., 2019; Sousa et al., 2021). Além disso, as características sensoriais desses frutos são aspectos que incentivam o seu consumo e o desenvolvimento de novos produtos, cuja comercialização pode contribuir para a conservação da biodiversidade do Rio Grande do Sul (Teixeira et al., 2019).

Nesse contexto, este capítulo tem como objetivo apresentar uma visão geral sobre a atividade anti-inflamatória das frutas butiá, pitanga e jaboticaba, que são frequentemente encontradas na biodiversidade do Rio Grande do Sul. Os aspectos abordados foram a composição das frutas, seu potencial anti-inflamatório e possíveis mecanismos de ação. Além disso, o capítulo apresenta uma abordagem sobre a alimentação relacionada aos processos inflamatórios.

IMPORTÂNCIA DA ALIMENTAÇÃO NOS PROCESSOS INFLAMATÓRIOS

A inflamação é um processo biológico, que ocorre como um mecanismo de defesa do sistema imunológico contra à infecção, lesão ou irritação, podendo ser definida como a liberação sequencial de citocinas pró-inflamatórias (Zhu et al., 2018). A inflamação crônica tem sido associada a doenças, como artrite, alergia, aterosclerose, câncer (Devi et al., 2015), obesidade, diabetes mellitus tipo 2, além de doenças cardiovasculares (Ruiz-Canela et al., 2016).

A dieta contribui na regulação da inflamação e está diretamente relacionada ao desenvolvimento de doenças crônicas. Os alimentos são fatores responsáveis pela estabilidade da saúde do indivíduo, atuando como fonte no equilíbrio entre inflamação e anti-inflamação (Silva et al., 2019). Alguns alimentos têm ação anti e pró-inflamatória, o que torna a dieta um fator relevante para prevenção, tratamento complementar, desenvolvimento e agravamento de doenças crônicas (Silva et al., 2019; Dilly et al., 2020). Dessa forma, a alimentação atua como um importante fator na modulação da resposta inflamatória (Silva et al., 2019).

Os alimentos anti-inflamatórios ocasionam a inibição da produção de substâncias mediadoras do processo inflamatório. Alimentos anti-inflamatórios podem ser utilizados para prevenir doenças, como câncer, trombose e aterosclerose (Silva et al., 2019). Carnes vermelhas e alimentos processados são considerados estimulantes pró-inflamatórios (Ruiz-Canela et al., 2016). Dilly et al. (2020) avaliaram o estado nutricional e a frequência do consumo de diferentes alimentos por pacientes com doenças inflamatórias intestinais. Os autores constataram que dos 65 pacientes, 57% tinham doença de Crohn e 43% tinham colite ulcerosa. Além disso, os alimentos inflamatórios mais consumidos pelos pacientes foram carne bovina (65%) e café (60%), e os anti-inflamatórios foram alho (75%), azeite de oliva (54%) e batata doce (23%).

Frutas, vegetais e legumes apresentam elevado conteúdo de fitoquímicos, que são amplamente conhecidos pelo seu potencial anti-inflamatório (Silva et al., 2019). Entretanto, seus mecanismos de ação

não foram completamente identificados (Zhu et al., 2018). As frutas nativas do Brasil são ricas em compostos polifenólicos que podem atuar como agentes anti-inflamatórios (Lazarini et al., 2020). Devido a composição rica em compostos bioativos, muitas das espécies de frutas foram utilizadas como medicamentos para tratar doenças inflamatórias, distúrbios intestinais, hipertensão e diabetes (Sousa et al., 2021).

ALGUMAS FRUTAS ENCONTRADAS NO RIO GRANDE DO SUL

Butiá

O butiá é um fruto (Figura 1a) comestível de uma palmeira (Figura 1b) pertencente à família Arecaceae, nativa da América do Sul (Tambara et al., 2020). O butiá possui frutos de epicarpo liso e fibroso, mesocarpo carnudo e fibroso e endocarpo lenhoso marrom-escuro com um a dois lóculos e uma a duas sementes (Faria et al., 2008). As sementes podem ser utilizadas para extrair óleo e produzir artesanatos. No Brasil, o butiá ocorre de forma endêmica e natural em áreas abertas e florestas com árvores de Araucária no sul dos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Tambara et al., 2020). Na região sul do Brasil, oito espécies de Butiá estão distribuídas em grupos conhecidos como 'butiazais'. *Butia odorata* apresenta destaque, com uma produtividade estimada em 22.000 kg ha⁻¹. As frutas são apreciadas pelo aroma e sabor intenso e são utilizadas para fazer sucos, vinhos, compotas, geleias e licores (Hoffmann et al., 2017; Schneider et al., 2017; Tambara et al., 2020).

Estudos demonstram que o butiá apresenta composição rica em fitoquímicos como compostos fenólicos e carotenoides (Hoffmann et al., 2017; Beskow et al., 2015; Aguiar et al., 2014), alcançando 359,50 mg GAE 100 g⁻¹ e 3,85 µg g⁻¹, respectivamente (Tambara et al., 2020). Os principais ácidos fenólicos relatados no butiá foram ácidos gálico, protocatecuico, caféico, clorogênico, hidroxibenzoico, cumárico e ferúlico. Entre os flavonóides incluem-se catequina, epicatequina, quercetina, caempferol e rutina (Beskow et al., 2015; Denardin et al., 2015). O perfil de carotenóides apresentado para polpa e suco de *Butia odorata* incluiu β -criptoxantina (2,0–2,7 mg 100 g⁻¹), β-caroteno (0,5–1,1 mg 100 g⁻¹) e luteína (0,07–0,10 mg 100 g⁻¹) (Beskow et al., 2015; Jachna et al., 2016; Hofmann et al., 2017). Segundo Beskow et al. (2015), o conteúdo de ácido ascórbico (vitamina C) varia de acordo com o genótipo (34,6–63,8 mg 100 g⁻¹). Esses compostos são associados as propriedades biológicas dos frutos e ao aumento da proteção celular contra a oxidação e à prevenção de doenças cardiovasculares e cânceres (Hoffmann et al., 2017).



Figura 1. Butiá: palmeira (a) e colheita dos frutos maduros (b). Fonte: os autores.

O butiá também é rico em ácidos graxos (Lopes et al., 2012). No óleo de *Butia capitata* foi encontrado 24% de ácidos graxos insaturados e 76% de ácidos graxos saturados (Peralta et al., 2013). Os compostos voláteis podem variar dependendo do estágio de maturação, bem como das condições e do período de armazenamento. A caracterização química do fruto e a quantificação de seus componentes voláteis são importantes para a compreensão do seu valor nutricional durante o processo de maturação, uma vez que alguns ácidos orgânicos podem ser precursores para a síntese de ésteres (Aguiar et al., 2014). Neste contexto, Ammar et al. (2014) encontraram aproximadamente 29% de decanal nas folhas de *Butia capitata*. Os autores identificaram compostos oxigenados (64,5%) e não oxigenados (35,4%), além de monoterpenos, sesquiterpenos e ésteres de monoterpenos. Além disso, o teor de polissacarídeo e de açúcares livres isolados das folhas de *Butia capitata* foram 0,25% e 7,5%, respectivamente.

Pitanga

A pitanga (*Eugenia uniflora* L.) (Figura 2) pertence à família Myrtaceae e ocorre predominantemente na Mata Atlântica. A pitanga atinge entre 4-5 m de altura, podendo alcançar 8-12 m. No sul do Brasil, sua floração ocorre entre setembro e outubro, e os frutos amadurecem entre outubro e novembro. No entanto, as plantas selecionadas pela Embrapa Clima Temperado (Pelotas, RS) possuem um segundo ciclo de floração, que ocorre entre fevereiro e março e o amadurecimento dos frutos entre abril e início de maio (Franzon et al., 2018). Os frutos são globulares, coroados por cálice persistente, com polos achatados e sete a oito costelas no sentido longitudinal (Sanhotene, 1989). A pitanga é composta, em média, por 77%

de polpa e 23% de semente. Com o amadurecimento, o epicarpo modifica a coloração inicial (verde, laranja ou vermelho claro) para vermelha, laranja ou púrpura escura (Franzon et al., 2018).

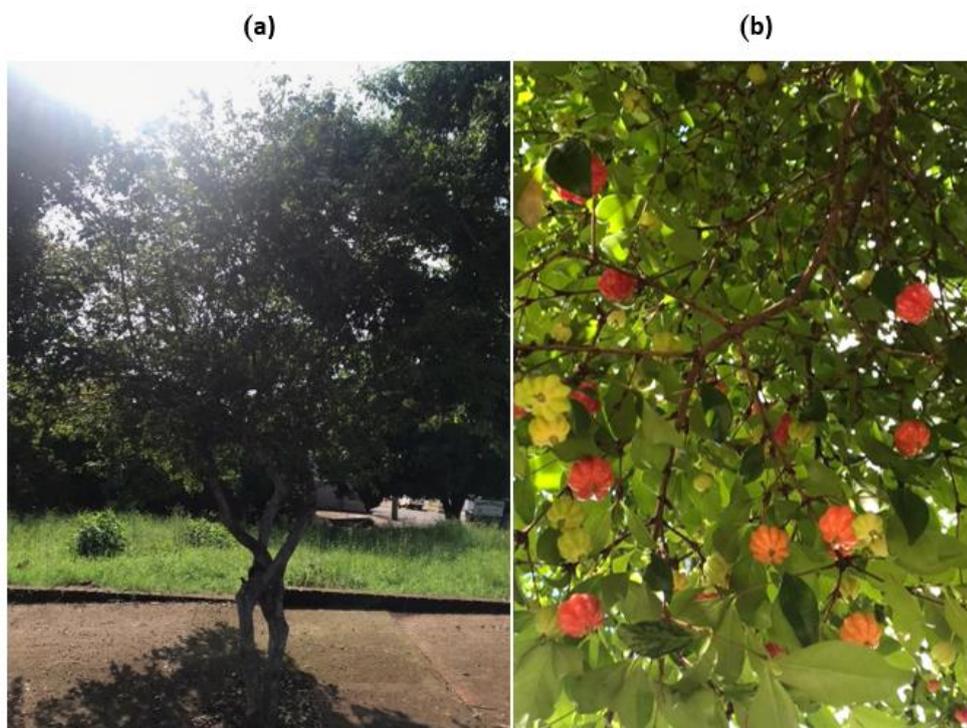


Figura 2. Árvore de pitanga em floração (a) e com a produção dos frutos (b). Fonte: os autores.

A pitanga pode ser consumida crua, processada em polpa congelada e sucos. Este fruto é caracterizado pela elevada concentração em compostos biologicamente ativos como carotenoides, antocianinas e flavonoides, bem como baixo teor lipídico (Ramalho et al., 2019). A pitanga também é rica em cálcio, fósforo e vitamina C. Entretanto, a composição química do fruto é dependente de fatores como clima, condição do solo, manejo, nutrição da planta e estágio de maturação do fruto (Franzon et al., 2018). Pitangas roxas apresentam maior concentração de fenólicos totais do que pitangas vermelhas devido ao maior teor de antocianinas (Lima et al., 2002; Jacques et al., 2009). Tambara et al. (2018) constataram que o extrato de pitanga é rico em compostos fenólicos, principalmente em antocianina cianindina 3-O-glucosídeo. Além disso, estudo *in vivo* relacionou os efeitos anti-inflamatórios do extrato de pitanga aos compostos fenólicos em sua composição (Soares et al., 2019). Os teores de carotenoides totais, mostraram ser mais abundantes nos frutos de pitanga vermelha, seguidos dos frutos de cor roxa e laranja, com teores médios de 153,0, 90,6 e 60,7 $\mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente. Em climas quentes por exemplo, a fruta apresentou maior teor de carotenoides do que os encontrados em frutas produzidas em clima ameno. Dentre os carotenoides que se destacam na pitanga estão o licopeno, a β -criptoxantina e o β -caroteno (Franzon et al., 2018).

Jaboticaba

A jaboticaba é uma baga brasileira pertencente à família Myrtaceae e ao gênero *Myrciaria* (Oliveira et al., 2019; Inada et al., 2021). Geralmente, a colheita ocorre no período de agosto a novembro, durante a primavera (Salomão et al., 2018). A “jaboticabeira” apresenta altura de médio a grande porte, geralmente de 6 a 9 m, e é caracterizada por flores (e posteriormente frutos) que brotam diretamente dos troncos e ramos principais (Figura 3a) (De Jesus et al., 2004). Seus frutos (Figura 3b), comumente conhecidos como jaboticaba ou bagas brasileiras, possuem diâmetro de 3-4 cm que contêm entre uma e quatro sementes pequenas, com casca espessa de verde a violeta escuro, dependendo do estágio de maturação. Esta fruta pode ser consumida *in natura* ou como preparo de polpa de fruta (Oliveira et al., 2019). No entanto, sua alta perecibilidade limita a comercialização da fruta *in natura*. Portanto, a fim de agregar valor e expandir seu consumo, pesquisadores têm trabalhado em processos tecnológicos para o desenvolvimento de produtos derivados da jaboticaba (Marquetti et al., 2018; Suemitsu et al., 2020; Inada et al., 2021).

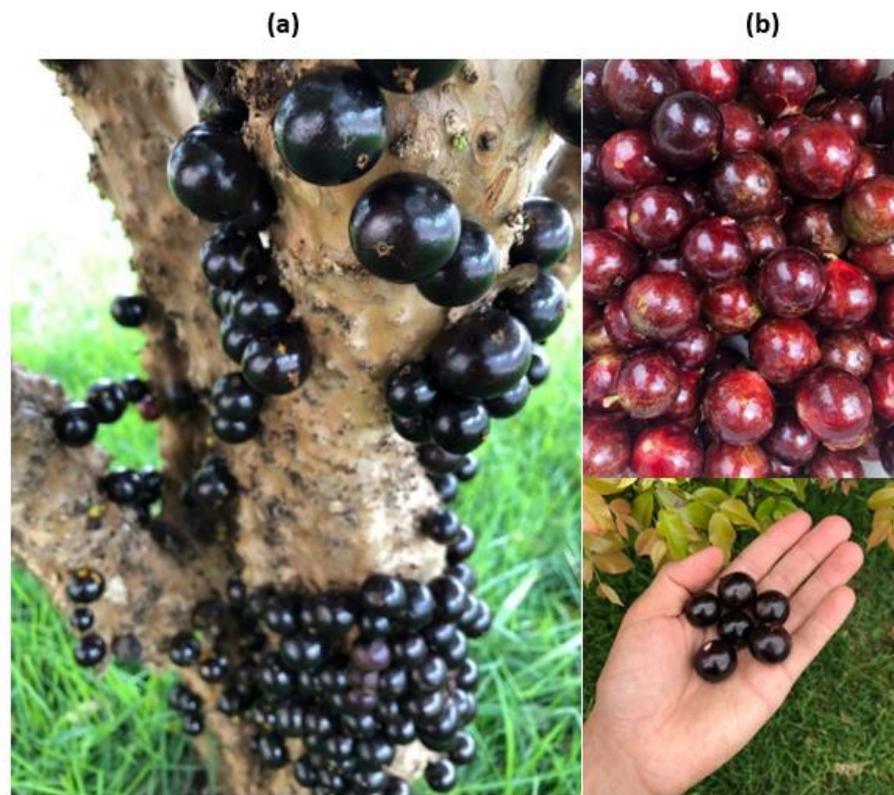


Figura 3. Jaboticabeira com a produção dos frutos em seus troncos (a); jaboticaba (b). Fonte: os autores.

O consumo da jaboticaba tem sido associado a diversos benefícios à saúde que estão relacionados ao conteúdo fenólico (Donado-Pestana et al., 2018; Albuquerque et al., 2020), especialmente antocianinas e elagitaninos (Pereira et al., 2017; Albuquerque et al., 2020; Inada et al., 2021). A folha da jaboticaba é considerada parte residual da planta. Entretanto, sua potencialidade, para as indústrias de alimentos e

farmacêutica, tem sido investigada como matéria-prima de baixo custo para extração e obtenção de compostos de interesse comercial. No estudo desenvolvido por Napolini et al. (2016), foram identificados um total de nove compostos fenólicos na folha de jabuticaba (ácido 2,4 dihidroxibenzoico, vanilina, ácido p-cumárico, ácido ferúlico, ácido sinapínico, rutina, epicatequina, ácido trans-caféico e miricetina). Recentemente, Santos et al. (2021) investigaram os compostos fenólicos mais abundantes em extratos das folhas de jabuticaba. O estudo revelou que no extrato hidroetanólico houve predomínio do ácido elágico (91% dos compostos fenólicos totais). Por outro lado, o extrato butanólico foi composto principalmente por quercetina 3-O-glicosídeo (48% dos compostos fenólicos).

Os benefícios do consumo de tocoferóis, conhecidos como vitamina E lipossolúvel, também está associado à prevenção de várias doenças devido às suas propriedades anti-inflamatórias (Jiang et al., 2001). Recentemente, δ e γ -tocoferol foram os principais isômeros detectados (0,66 e 0,56 mg 100 g⁻¹, respectivamente) no epicarpo de jabuticaba (Albuquerque et al., 2020).

A polpa gelatinosa da fruta apresenta sabor adocicado e adstringente (Oliveira et al., 2019). Os carboidratos da polpa (10 a 13%) compreendem açúcares simples, como frutose, glicose e sacarose, que juntamente com a os ácidos orgânicos (aproximadamente 4% na casca), principalmente os ácidos cítrico, succínico e málico, são os principais responsáveis pelo sabor doce e azedo da fruta (Inada et al., 2021). Albuquerque et al. (2020) detectaram seis ácidos orgânicos, com maior teor do ácido cítrico (18,8 mg 100 g⁻¹). Além disso, a jabuticaba apresenta em sua composição β -caroteno, vitamina C e minerais, como cobre, manganês, potássio e ferro (Inada et al., 2015).

COMPOSTOS BIOATIVOS E MECANISMO DE AÇÃO

Os compostos bioativos são metabólitos secundários presentes em plantas e em alguns micro-organismos. Estes compostos são considerados ingredientes não nutricionais, mas vitais para a manutenção da saúde humana. Dentre os compostos investigados quanto a sua bioatividade, incluem-se compostos fenólicos, carotenoides, ácidos graxos e vitaminas (Patil et al., 2009).

Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são um grupo heterogêneo de metabólitos secundários, encontrados em plantas, incluindo frutas e vegetais, chá, chocolate, ervas e especiarias, grãos, entre outros. Os compostos fenólicos são classificados de acordo com sua estrutura química, com base no número de anéis aromáticos com grupos hidroxila anexados. Diversos compostos fenólicos de frutas foram investigados quanto às suas propriedades biológicas. Os mecanismos de ação dos compostos fenólicos não foram totalmente elucidados, porém foi relatada correlação entre alta ingestão destes compostos e regulação negativa dos processos inflamatórios (Stromsnes et al., 2021).

Os compostos fenólicos exercem suas propriedades anti-inflamatórias de múltiplas formas, por exemplo inibindo a atividade, expressão gênica ou síntese de mediadores pró-inflamatórios. Uma forma de atuação destes compostos é a inibição da ativação de células imunes, modulando fatores de transcrição, como NF- κ B ou Nrf-2, que resultam em efeitos anti-inflamatórios e antioxidantes. Além disso, reduzem marcadores pró-inflamatórios, como IL-1 β , IL-6, TNF- α , reduzem a oxidação de LDL, levando à diminuição da inflamação vascular, risco de agregação plaquetária e redução do estresse oxidativo e efeitos do óxido nítrico. Os compostos fenólicos, principalmente os flavonoides, também inibem a atividade de enzimas envolvidas no processo inflamatório (Stromnes et al., 2021).

Os principais grupos de compostos fenólicos encontrados no butiá, foram flavonoides (catequina e epicatequina) e ácidos hidroxicinâmicos (ácido clorogênico) (Ramos et al., 2020). O conteúdo de compostos fenólicos foi avaliado em pitangas de diferentes colorações, cultivadas no Rio Grande do Sul. A pitanga de polpa roxa apresentou maiores concentrações de compostos fenólicos totais e de antocianinas (Bagetti et al., 2011). As antocianinas e derivados de ácido elágico foram as principais classes de compostos fenólicos encontrados em jabuticaba, em estudo realizado por Rodrigues et al. (2021). Como reportado, nas frutas vermelhas, como a pitanga e jabuticaba, destacam-se as antocianinas. Estes compostos exibiram efeito anti-inflamatório reportado pela sua ação na proteína inflamatória (CRP) devido ao conteúdo de cianidina 3-O- β -glucosídeo, que foi capaz de prevenir a ativação endotelial induzida e regular negativamente a ativação de enzimas envolvidas no processo inflamatório como quinases e ciclo-oxigenase-2 e do mediador pró-inflamatório IL-6 (Poulsen et al., 2020).

Carotenoides

Os carotenoides são pigmentos lipossolúveis, de coloração vermelha, laranja ou amarela, que estão naturalmente presentes em frutas, vegetais, fungos, bactérias e algas. Em animais e humanos, os carotenoides não são sintetizados, porém desempenham importante função na proteção contra os processos foto-oxidativos, capturando oxigênio molecular singlete e radicais peroxil e podem interagir sinergicamente com outros antioxidantes (Tapiero et al., 2004).

Com relação à atividade anti-inflamatória, carotenoides contendo oxigênio em sua estrutura, como fucoxantina e astaxantina, foram relatados com capacidade de suprimir a expressão das citocinas pró-inflamatórias IL-6, TNF- α e IL-1 β . Essa redução foi relacionada à captura do radical oxigênio, o qual se torna incapaz de interagir com o fator de transcrição envolvido no processo (NF- κ B) (Bhatt e Patel, 2020). A luteína diminui respostas inflamatórias da pele, como a expressão de IL-6 e regulação da atividade da enzima responsável pela inflamação (ciclo-oxigenase-2). β -caroteno também suprimiu a transcrição de citocinas IL-1 β , IL-6 e IL-12. Além disso, o licopeno apresentou propriedades anti-inflamatórias

relacionadas com a regulação negativa da expressão de NF- κ B e produção do fator de necrose tumoral TNF- α (Milani et al., 2017).

Pereira et al. (2013) reportaram maiores teores de carotenoides no butiá quando comparado a outras duas frutas encontradas no Rio Grande do Sul (araticu-do-mato e mandacaru-de-três-quinás). O β -caroteno foi o carotenoide majoritário no butiá, representando mais de 50% do conteúdo total, e luteína foi detectada em menores concentrações. Barbosa et al. (2021) reportaram o β -caroteno como o único carotenoide detectado na polpa de butiá analisada. Inada et al. (2015) também verificaram que o β -caroteno foi o único carotenoide identificado e quantificado em jabuticaba. No estudo de Bagetti et al. (2011), em que foram investigadas pitangas de diferentes cores, os carotenoides encontrados em maior concentração nas amostras de pitanga vermelha e laranja foram licopeno, β -criptoxantina e β -caroteno. Rubixantina também foi detectada em menor concentração.

Ácidos graxos poli-insaturados

Os ácidos graxos poli-insaturados são ácidos carboxílicos com grupos laterais de hidrocarbonetos de cadeia longa e que possuem duas ou mais insaturações (Voet e Voet, 2013). Os ácidos graxos poli-insaturados (PUFAs) ômega-3 demonstraram atividade biológica em processos inflamatórios. Os efeitos anti-inflamatórios destes ácidos graxos foram relacionados a múltiplos mecanismos interligados. Estes compreendem inibição da sinalização do fator de transcrição NF- κ B que desencadeia a ativação do antifator de transcrição inflamatório PPAR- γ e a ligação ao receptor de membrana que reprime a inflamação tecidual mediada por macrófagos (GPR120). A regulação de NF- κ B também inibe a produção de citocinas pró-inflamatórias, incluindo IL-1 β e TNF- α , diminui a produção de espécies reativas de oxigênio e promove a morte de macrófagos de neutrófilos apoptóticos. Além disso, o metabolismo de ácidos graxos ômega 3 como o ácido eicosapentaenóico (EPA; C20:5) e o ácido docosahexaenóico (DHA, C22:6), resulta em mediadores com propriedades anti-inflamatórias (Stromsnes et al., 2021).

Bagetti et al. (2011) reportaram que os ácidos graxos predominantes em amostras de pitanga foram palmítico (C16:0), oleico (C18:1n9) e linoléico (C18:2n6). Lopes et al. (2012) caracterizaram a polpa de *Butia capitata* quanto ao perfil de ácidos graxos e obtiveram teor de ácido linolênico (C18:3n3) de 3,40%. Este ácido graxo essencial é o precursor dos ácidos EPA e DHA (Voet e Voet, 2013). Além disso, o óleo das sementes destes frutos também apresentou ácidos graxos insaturados em sua composição. No estudo realizado por Bagetti et al. (2009) o ácido graxo predominante em sementes de pitanga roxa e vermelha foi o ácido linoléico, enquanto nas sementes de pitanga laranja foram os ácidos linoléico e α -linolênico. Peralta et al. (2013) reportaram que o óleo essencial da semente de *B. capitata* apresentou 24% de ácidos graxos insaturados, sendo eles o ácido linoléico e o ácido oleico.

ATIVIDADE BIOLÓGICA DAS FRUTAS BUTIÁ, JABUTICABA E PITANGA

Os efeitos benéficos dos compostos presentes em frutas estão associados às suas atividades biológicas, principalmente como antioxidante e anti-inflamatório. Estas atividades demonstraram ter efeito positivo em diversas doenças como obesidade, diabetes, câncer e doenças cardiovasculares (Calderón-Oliver e Ponce-Alquicira, 2018; Zhu et al., 2018). Estudos recentes têm evidenciado a atividade anti-inflamatória dos compostos bioativos presentes nas frutas jabuticaba, pitanga e butiá.

Brito et al. (2021) investigaram o potencial anti-inflamatório do extrato hidroetanólico do epicarpo de jabuticaba em camundongos. A administração oral reduziu significativamente a inflamação de edema de pata induzido e bloqueou parcialmente a migração de leucócitos, a qual está associada ao processo inflamatório. Os autores atribuíram essa atividade aos compostos fenólicos detectados no extrato de jabuticaba.

Rodrigues et al. (2021) relataram que a administração de extrato hidrometanólico de jabuticaba em camundongos atenuou a inflamação intestinal induzida por dieta rica em gordura e açúcar, inibindo marcadores inflamatórios essenciais e reduzindo níveis de lipopolissacarídeos circulantes. A administração do extrato resultou na regulação negativa de mediadores pró-inflamatórios, como o fator de necrose tumoral (TNF- α), o transportador de membrana TLR-4 e o fator de transcrição NF- κ B no cólon. Hsu et al. (2016) avaliaram o efeito de extrato de jabuticaba em diabetes associado à inflamação renal e à regulação glicêmica em camundongos. Os resultados demonstraram que o extrato melhorou a função renal dos animais, reduzindo a inflamação renal e o estresse oxidativo devido à inibição de fatores associados ao processo inflamatório (proteína quinase C e fator NF- κ B).

Extrato de pitanga apresentou atividade anti-inflamatória e antitrombótica, melhorando os perfis lipídicos e glicêmicos, em ratos. A bioatividade foi verificada pela inibição de enzimas envolvidas no processo inflamatório (acetilcolinesterase e butirilcolinesterase). O processo inflamatório foi decorrente da síndrome metabólica induzida pela administração de uma dieta altamente palatável (Oliveira et al., 2020). O suco de pitanga induziu efeito anti-inflamatório em células epiteliais da gengiva devido à redução da liberação de interleucina pró-inflamatória IL-8. O efeito foi observado em voluntários que foram orientados a permanecer com o suco na boca por 10 min (Soares et al., 2014).

No estudo de Ramos et al. (2020) utilizando modelo animal, extrato de butiá reduziu a atividade das enzimas envolvidas no processo inflamatório, adenosina desaminase e butirilcolinesterase, e diminuiu o conteúdo do marcador de inflamação proteína C-reativa. Além disso, o tratamento dos ratos com o extrato reduziu a hiperlipidemia (níveis de triglicerídeos, colesterol total e colesterol LDL) e aumentou a atividade de colesterol HDL. Portanto, a ingestão de butiá, pitanga e jabuticaba pode contribuir com o aporte de biocompostos que tem efeito positivo na regulação da inflamação, incluindo de processos inflamatórios associados a doenças crônicas.

Além da propriedade anti-inflamatória, extratos das frutas butiá, jabuticaba e pitanga foram investigados quanto às suas propriedades biológicas no tratamento ou prevenção de diversas doenças, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Atividade biológica das frutas butiá, jabuticaba e pitanga.

Fruta	Compostos quantificados	Efeito	Referência
Butiá		Capacidade de proteger e reverter o dano oxidativo induzido pelo peróxido de hidrogênio e pelas espécies reativas de oxigênio	Tambara et al. (2020)
Butiá	Carotenoides, compostos fenólicos totais	Atividade antioxidante (radicais ABTS e DPPH)	Pereira et al. (2013)
Jabuticaba	Proantocianidinas, elagitaninos.	Redução da ingestão energética em ratos diabéticos. Redução dos níveis plasmáticos de colesterol total e triacilglicerol	Alezandro et al. (2013)
Jabuticaba	Proantocianidinas, flavonoides, elagitaninos	Impediu o ganho de massa corporal devido ao aumento excessivo do tecido adiposo. Evitou altas concentrações de glicose no sangue e altos níveis de colesterol total	Moura et al. (2018)
Pitanga	Compostos fenólicos totais, antocianinas, carotenoides	Inibição da α -glicosidade. Atividade antioxidante (radicais DPPH, NO e hidroxila)	Vinholes et al. (2017)
Pitanga	Antocianinas	Atividade antioxidante (redução de espécies reativas de oxigênio em <i>Caenorhabditis elegans</i>)	Tambara et al. (2018)
Pitanga	Compostos fenólicos totais, flavonoides, antocianinas	Redução da peroxidação lipídica, dos níveis de glicose no sangue e de colesterol, evitou redução da atividade da enzima antioxidante superóxido dismutase (em camundongos)	Oliveira et al. (2017)
Pitanga	Compostos fenólicos totais, flavonoides, antocianinas	Efeito neuroprotetor, prevenção do dano oxidativo e redução da atividade da acetilcolinesterase, relacionados ao efeito antidepressivo	Flores et al. (2020)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os compostos bioativos predominantes nas frutas butiá, jabuticaba e pitanga foram compostos fenólicos e carotenoides. Estes compostos foram reportados como anti-inflamatórios atuando principalmente na redução de mediadores pró-inflamatórios e inibição de enzimas envolvidas no processo inflamatório. Entretanto, estudos ainda são necessários a fim de esclarecer o mecanismo de ação e a sua relação com a estrutura dos diferentes compostos identificados.

A introdução de butiá, jaboticaba e pitanga na dieta pode contribuir com o aporte de compostos com ação preventiva ou terapêutica nos processos inflamatórios derivados de doenças crônicas e de dietas não saudáveis. Além disso, estas frutas, assim como as folhas e sementes, possuem potencial como fonte de compostos bioativos para o desenvolvimento de alimentos funcionais e nutraceuticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar MC et al. (2014). Volatile compounds from fruits of *Butia capitata* at different stages of maturity and storage. *Food Research International*, 62: 1095-1099.
- Albuquerque BR et al. (2020). Jaboticaba residues (*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) Berg) are rich sources of valuable compounds with bioactive properties. *Food Chemistry*, 309: 125735.
- Alezandro MR et al. (2013). Jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba* (Vell.) Berg), a Brazilian grape-like fruit, improves plasma lipid profile in streptozotocin-mediated oxidative stress in diabetic rats. *Food Research International*, 54(1): 650-659.
- Ammar NM et al. (2014). Phytochemical and biological studies of *Butia capitata* Becc. Leaves cultivated in Egypt. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4(6): 456-462.
- Bagetti M et al. (2009). Antioxidant capacity and composition of pitanga seeds. *Ciência Rural*, 39: 2504-2510.
- Bagetti M et al. (2011). Physicochemical characterization and antioxidant capacity of pitanga fruits (*Eugenia uniflora* L.). *Food Science and Technology*, 31: 147-154.
- Barbosa MCDA et al. (2021). Composition proximate, bioactive compounds and antioxidant capacity of *Butia capitata*. *Food Science and Technology*, 1-6.
- Beskow GT et al. (2015). Bioactive and yield potential of jelly palms (*Butia odorata* Barb. Rodr.). *Food Chemistry*, 172: 699-704.
- Bhatt T, Patel K (2020). Carotenoids: potent to prevent diseases review. *Natural Products and Bioprospecting*, 10(3): 109-117.
- Brito TGS et al. (2021). Anti-inflammatory, hypoglycemic, hypolipidemic, and analgesic activities of *Plinia cauliflora* (Mart.) Kausel (Brazilian grape) epicarp. *Journal of Ethnopharmacology*, 268: 113611.
- Calderón-Oliver M, Ponce-Alquicira E (2018). Fruits: A source of polyphenols and health benefits. Grumezescu A; Holban, AM. (org). *Natural and artificial flavoring agents and food dyes*. Academic Press. 189-228p.
- Carvalho APA et al. (2021). Health benefits of phytochemicals from Brazilian native foods and plants: Antioxidant, antimicrobial, anti-cancer, and risk factors of metabolic/endocrine disorders control. *Trends in Food Science & Technology*, 11: 534-548.

- De Jesus N et al. (2004). Caracterização de quatro grupos de jaboticabeira, nas condições de jaboticabal-SP. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26(3): 482-485.
- Denardin CC et al. (2015). Antioxidant capacity and bioactive compounds of four Brazilian native fruits. *Journal of Food and Drug Analysis*, 23(3): 387-398.
- Devi KP et al. (2015). Kaempferol and inflammation: from chemistry to medicine. *Pharmacological Research*, 99: 1-10.
- Dilly RS et al. (2020). Nutritional status and consumption of inflammatory and anti-inflammatory foods by patients with inflammatory bowel diseases. *Journal of Coloproctology*, 40(2): 99-104.
- Donado-Pestana CM et al. (2018). Polyphenols from Brazilian native Myrtaceae fruits and their potential health benefits against obesity and its associated complications. *Current Opinion in Food Science*, 19: 42-49.
- Faria JP et al. (2008). Caracterização da polpa do coquinho-azedo (*Butia capitata* var *capitata*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30(3): 827-829.
- Flores NP et al. (2020). *Eugenia uniflora* fruit extract exerts neuroprotective effect on chronic unpredictable stress-induced behavioral and neurochemical changes. *Journal of Food Biochemistry*, 44(10): e13442.
- Franzon RC et al. (2018). Pitanga—*Eugenia uniflora* L. Rodrigues S et al. (org.). Exotic fruit reference guide. Academic Press. 333-338p.
- Hoffmann JF et al. (2014). *Butia* spp. (Arecaceae): An overview. *Scientia Horticulturae*, 179: 122-131.
- Hoffmann JF et al. (2017). Stability of bioactive compounds in butiá (*Butia odorata*) fruit pulp and nectar. *Food Chemistry*, 237: 638-644.
- Hsu JD et al. (2016). *Myrciaria cauliflora* extract improves diabetic nephropathy via suppression of oxidative stress and inflammation in streptozotocin-nicotinamide mice. *Journal of Food and Drug Analysis*, 24(4): 730-737.
- Inada KOP et al. (2015). Screening of the chemical composition and occurring antioxidants in jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) and jussara (*Euterpe edulis*) fruits and their fractions. *Journal of Functional Foods*, 17: 422-433.
- Inada KOP et al. (2021). Jaboticaba berry: A comprehensive review on its polyphenol composition, health effects, metabolism, and the development of food products. *Food Research International*, 147: 110518.
- Jachna TJ et al. (2016). Bioactive compounds in pindo palm (*Butia capitata*) juice and in pomace resulting of the extraction process. *Journal of the Science of Food Agriculture*, 96: 1216-1222.
- Jacques et al. (2009). Bioactive compounds in small fruits cultivated in the southern region of Brazil. *Brazilian Journal of Food Technology*, 12: 123-127.

- Jiang Q et al. (2001). γ -Tocopherol, the major form of vitamin E in the US diet, deserves more attention. *American Journal of Clinical Nutrition*, 74(6): 714-722.
- Joseph SV et al. (2016). Fruit Polyphenols: A Review of anti-inflammatory effects in humans. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56: 419-444.
- Lazarini JG et al. (2020). Anti-inflammatory and antioxidant potential, *in vivo* toxicity, and polyphenolic composition of *Eugenia selloi* B.D.Jacks. (pitangatuba), a Brazilian native fruit. *Plos One*, 1-16.
- Lima VLAG et al. (2002). Fenólicos e carotenóides totais em pitanga. *Scientia Agricola*, 59: 447-450.
- Lopes RM et al. (2012). Composition of fat acids in pulp of native fruits from the Brazilian Savana. *Revista Brasileira de Fruticultura* 34: 635-640.
- Marquetti C et al. (2018). Jaboticaba skin flour: Analysis and sustainable alternative source to incorporate bioactive compounds and increase the nutritional value of cookies. *Food Science and Technology*, 38(4): 629-638.
- Milani A et al. (2017). Carotenoids: biochemistry, pharmacology and treatment. *British Journal of Pharmacology*, 174(11): 1290-1324.
- Moura MHC et al. (2018). Phenolic-rich jaboticaba (*Plinia jaboticaba* (Vell.) Berg) extracts prevent high-fat-sucrose diet-induced obesity in C57BL/6 mice. *Food Research International*, 107: 48-60.
- Napolini NF et al. (2016). Phytochemical characterization of bioactive compounds on methanolic and ethanolic leaf extracts of *Myrciaria* sp. *Scientia Agropecuaria*, 7(2): 103-sa109.
- Oliveira GP et al. (2019). Origin and development of reproductive buds in jaboticaba cv. Sabará (*Plinia jaboticaba* Vell). *Scientia Horticulturae*, 249: 432-438.
- Oliveira OS et al. (2017). *Eugenia uniflora* fruit (red type) standardized extract: a potential pharmacological tool to diet-induced metabolic syndrome damage management. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 92: 935-941.
- Oliveira PS et al. (2020). Brazilian native fruit extracts act as preventive agents modulating the purinergic and cholinergic signalling in blood cells and serum in a rat model of metabolic syndrome. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 26: 1-8.
- Patil BS et al. (2009). Bioactive compounds: historical perspectives, opportunities, and challenges. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(18): 8142-8160.
- Peralta SL et al. (2013). Self-etching dental adhesive containing a natural essential oil: anti-biofouling performance and mechanical properties. *Biofouling* 29(4): 345-355.
- Pereira LD et al. (2017). Polyphenol and ellagitannin constituents of jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) and chemical variability at different stages of fruit development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(6): 1209-1219.

- Pereira MC et al. (2013). Characterization, bioactive compounds and antioxidant potential of three Brazilian fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 29(1): 19-24.
- Poulsen NB et al. (2020). The Effect of Plant Derived Bioactive Compounds on Inflammation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Molecular Nutrition & Food Research*, 64(18): 2000473.
- Ramalho RRF (2019). Variability of polyphenols and volatiles during fruit development of three pitanga (*Eugenia uniflora* L.) biotypes. *Food Research International*, 119: 850-858.
- Ramos VP et al. (2020). Hypolipidemic and anti-inflammatory properties of phenolic rich *Butia odorata* fruit extract: potential involvement of paraoxonase activity. *Biomarkers*, 25(5): 417-424.
- Rodrigues L et al. (2021). Phenolic compounds from jaboticaba (*Plinia jaboticaba* (Vell.) Berg) ameliorate intestinal inflammation and associated endotoxemia in obesity. *Food Research International*, 141: 110139.
- Ruiz-Canela M et al. (2016). The role of dietary inflammatory index in cardiovascular disease, metabolic syndrome and mortality. *International Journal of Molecular Science*, 17: 1265.
- Salomão LCC et al. (2018). Jaboticaba–*Myrciaria* spp. Rodrigues S et al. (org.). Exotic fruit reference guide. Academic Press. 237-244p.
- Sanchotene MCC (1989). Frutíferas nativas úteis `à fauna na arborização urbana. 2 ed Porto Alegre, Sagra.
- Santos MCP et al. (2021). Profile of phenolic compounds in jaboticaba (*Myrciaria* sp.) a potential functional ingredient. *Natural Product Research*, 1-5.
- Schneider, LR et al. (2017). The phytochemistry and pharmacology of *Butia* sp.: A systematic review and an overview of the technological monitoring process. *Phytotherapy Research*, 31: 1495-1503.
- Silva ACM et al. (2019). A importância do consumo de alimentos antiinflamatórios. In: SEMPESq - Semana de Pesquisa da Unit, n.8, 2019, Alagoas, 1-3.
- Soares DJ et al. (2014). Pitanga (*Eugenia uniflora* L.) fruit juice and two major constituents thereof exhibit anti-inflammatory properties in human gingival and oral gum epithelial cells. *Food & Function*, 5(11): 2981-2988.
- Soares JC et al. (2019). Comprehensive characterization of bioactive phenols from new Brazilian superfruits by LC-ESI-QTOF-MS, and their ROS and RNS scavenging effects and anti-inflammatory activity. *Food Chemistry*, 281: 178-188.
- Sousa HMS et al. (2021). Some wild fruits from amazon biodiversity: composition, bioactive compounds, and characteristics. *Food Research*, 5(5): 17-32.
- Stromsnes K et al. (2021). Anti-Inflammatory Properties of Diet: Role in Healthy Aging. *Biomedicines*, 9(8): 922.
- Suemitsu L et al. (2020). Development, sensory profile and physicochemical properties of jaboticaba nectar with lyophilized jussara pulp. *Revista Ciência Agronômica*, 51(2): e20196633.

- Tambara AL et al. (2018). Purple pitanga fruit (*Eugenia uniflora* L.) protects against oxidative stress and increase the lifespan in *Caenorhabditis elegans* via the DAF-16/FOXO pathway. *Food and Chemical Toxicology*, 120: 639-650.
- Tambara AL et al. (2020). Butiá fruit extract (*Butia eriospatha*) protects against oxidative damage and increases lifespan on *Caenorhabditis elegans*. *Journal of Food Biochemistry*, 44(3): e13139.
- Tapiero H et al. (2004). The role of carotenoids in the prevention of human pathologies. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 58(2): 100-110.
- Teixeira N et al. (2019). Edible fruits from Brazilian biodiversity: a review on their sensorial characteristics versus bioactivity as tool to select research. *Food Research International*, 119: 325-348.
- Vinholes J et al. (2017). In vitro assessment of the antihyperglycemic and antioxidant properties of araçá, butiá and pitanga. *Food Bioscience*, 19: 92-100.
- Voet, D, Voet, JG (2013). *Bioquímica*. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 1512 p.
- Zhu F et al. (2018). Anti-inflammatory effects of phytochemicals from fruits, vegetables, and food legumes: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(8): 1260-1270.

ÍNDICE REMISSIVO

A

alimentos, 43
aquecimento, 37, 41
Attalea speciosa, 22

B

butiá, 60, 61, 62, 63, 67, 68, 69, 70, 71

C

carotenoides, 60, 62, 64, 66, 67, 68, 70
composição, 17

D

degradação, 52

F

fenólicos, 60, 62, 64, 66, 67, 69, 70
físico-química, 6, 8, 11

Foto-Fenton, 53, 55, 56, 57

J

jaboticaba, 60, 61, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71

M

mel, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
microbiológica, 6, 8, 10

P

picos, 6, 8, 10
pitanga, 60, 61, 63, 64, 67, 68, 69, 70, 71

Q

qualidade, 6, 8, 11, 12

R

radiofrequência, 39, 40, 41

SOBRE O ORGANIZADOR



 Wesclen Vilar Nogueira

Graduado em Engenharia de Pesca pela UNIR. Mestre e doutorando em Engenharia e Ciência de Alimentos pela FURG.



ISBN 978-658146008-2



9

786581

460082

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000

Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil

Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)

<https://www.editorapantanal.com.br>

contato@editorapantanal.com.br