

# Realidades e perspectivas em Ciência dos Alimentos

Volume II

Wesclen Vilar Nogueira  
Organizador



Wesclen Vilar Nogueira  
(Organizador)

**REALIDADES E PERSPECTIVAS EM  
CIÊNCIA DOS ALIMENTOS  
VOLUME II**



Pantanal Editora

2020

Copyright© Pantanal Editora  
Copyright do Texto© 2020 Os Autores  
Copyright da Edição© 2020 Pantanal Editora  
Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo  
Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera  
Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora  
Edição de Arte: A editora. Capa e contra-capas: canva.com  
Revisão: O(s) autor(es), organizador(es) e a editora

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – OAB/PB
- Profa. Msc. Adriana Flávia Neu – Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
- Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – IF SUDESTE MG
- Profa. Msc. Aris Verdecia Peña – Facultad de Medicina (Cuba)
- Profa. Arisleidis Chapman Verdecia – ISCM (Cuba)
- Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo - UEA
- Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu – UNEMAT
- Prof. Dr. Carlos Nick – UFV
- Prof. Dr. Claudio Silveira Maia – AJES
- Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – UFGD
- Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva – UEMS
- Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos – IFPA
- Prof. Msc. David Chacon Alvarez – UNICENTRO
- Prof. Dr. Denis Silva Nogueira – IFMT
- Profa. Dra. Denise Silva Nogueira – UFMG
- Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão – URCA
- Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves – ISEPAM-FAETEC
- Prof. Me. Ernane Rosa Martins – IFG
- Prof. Dr. Fábio Steiner – UEMS
- Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez (Colômbia)
- Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles – UNAM (Peru)
- Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira – IFRR
- Prof. Msc. Javier Revilla Armesto – UCG (México)
- Prof. Msc. João Camilo Sevilla – Mun. Rio de Janeiro
- Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales – UNMSM (Peru)
- Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski – UFMT
- Prof. Msc. Lucas R. Oliveira – Mun. de Chap. do Sul
- Prof. Dr. Leandro Argente-Martínez – ITSON (México)
- Profa. Msc. Lidiane Jaqueline de Souza Costa Marchesan – Consultório em Santa Maria
- Prof. Msc. Marcos Pisarski Júnior – UEG
- Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla – UNAM (Peru)
- Profa. Msc. Mary Jose Almeida Pereira – SEDUC/PA
- Profa. Msc. Nila Luciana Vilhena Madureira – IFPA
- Profa. Dra. Patrícia Maurer
- Profa. Msc. Queila Pahim da Silva – IFB
- Prof. Dr. Rafael Chapman Auty – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke – UFMS
- Prof. Dr. Raphael Reis da Silva – UFPI

- Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo – UEMA
- Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca – UFPI
- Prof. Msc. Wesclen Vilar Nogueira – FURG
- Profa. Dra. Yilan Fung Boix – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – UFT

#### Conselho Técnico Científico

- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Esp. Tayronne de Almeida Rodrigues
- Esp. Camila Alves Pereira
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

#### Ficha Catalográfica

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b> (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
R288	<p>Realidades e perspectivas em Ciência dos Alimentos [recurso eletrônico] : Volume II / Organizador Wesclen Vilar Nogueira. – Nova Xavantina, MT: Pantanal, 2020. 120p.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-88319-27-7 DOI <a href="https://doi.org/10.46420/9786588319277">https://doi.org/10.46420/9786588319277</a></p> <p>1. Alimentos – Análise. 2. Compostos bioativos. 3. Tecnologia de alimentos. I. Nogueira, Wesclen Vilar.</p> <p style="text-align: right;">CDD 664.07</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

O conteúdo dos livros e capítulos, seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva do(s) autor (es). O download da obra é permitido e o compartilhamento desde que sejam citadas as referências dos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

#### **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](mailto:contato@editorapantanal.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Neste segundo volume do E-book *Realidades e Perspectivas em Ciência dos Alimentos* as áreas de abrangência das pesquisas foram expandidas, contribuindo para o acesso ao conhecimento numa linguagem contextualizada e de fácil compreensão.

As pesquisas e reflexões abordadas nos capítulos foram realizadas por pesquisadores de diversas unidades da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e Instituições de Ensino Superior (IES) públicas (Universidade Federal do Amazonas, Universidade Federal do Ceará, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal do Espírito Santo, Universidade Federal de Rondônia, Universidade Federal do Oeste do Pará, Universidade Federal do Rio Grande, Universidade do Estado do Amazonas, Universidade Estadual do Ceará, Universidade Tecnológica Federal do Paraná) e privadas (Centro Universitário IDEAU).

O conteúdo abordado demonstra a multidisciplinaridade da área de Ciência dos Alimentos sobre diferentes aspectos e realidades. As pesquisas abordam desde o emprego de compostos bioativos na produção de alimentos, desenvolvimento de novos produtos, avaliação da composição química e microbiológica de *commodities*, até alternativas para reutilização de resíduos agroindustriais na produção de alimentos.

Que o E-book *Realidades e Perspectivas em Ciência dos Alimentos* seja de grande proveito e, ofereça subsídios teórico-metodológicos para profissionais da área de Ciência dos Alimentos e áreas afins.

**Wesclen Vilar Nogueira**

## SUMÁRIO

<b>Apresentação</b> .....	4
<b>Capítulo I</b> .....	6
Caracterização e estabilidade do queijo coalho de leite de cabra adicionado de extrato de caju.....	6
<b>Capítulo II</b> .....	23
Extrato de caju: estabilidade da cor frente a distintas condições de processamento .....	23
<b>Capítulo III</b> .....	37
Determinação de parâmetros de qualidade de frutos da região amazônica durante o amadurecimento.....	37
<b>Capítulo IV</b> .....	47
Elaboração e análise sensorial do empanado artesanal de curimatã ( <i>Prochilodus nigricans</i> ) com diferentes farinhas de cobertura.....	47
<b>Capítulo V</b> .....	58
Avaliação de grupos microbianos em pimenta-do-reino obtidas <i>in natura</i> e por secagem em terreiros .....	58
<b>Capítulo VI</b> .....	67
Reintrodução de resíduos agroindustriais na produção de alimentos .....	67
<b>Chapter VII</b> .....	80
Peppers the genera Capsicum as bioactive compounds sources: a review .....	80
<b>Capítulo VIII</b> .....	104
Ocorrência de micotoxinas em grãos e sua relação com compostos fitoquímicos.....	104
<b>Índice Remissivo</b> .....	121

## Caracterização e estabilidade do queijo coalho de leite de cabra adicionado de extrato de caju

Recebido em: 18/08/2020

Aceito em: 21/08/2020

 10.46420/9786588319277cap1

Talita de Sousa Goes<sup>1</sup>

Sandra Machado Lira<sup>2</sup> 

Jessica Maria Silva Sousa<sup>1</sup> 

Ana Carolina Viana de Lima<sup>1</sup> 

Fernando Antônio Pinto de Abreu<sup>3</sup> 

Arthur Claudio Rodrigues<sup>3</sup> 

Maria de Fátima Borges<sup>3</sup> 

Deborah dos Santos Garruti<sup>3</sup> 

Ídila Maria da Silva Araújo<sup>3</sup> 

Chayane Gomes Marques<sup>2</sup> 

Marcelo Oliveira Holanda<sup>2</sup> 

Luís Eduardo Laguna<sup>4</sup>

Antônio Silvio do Egito<sup>4</sup>

Ana Paula Dionísio<sup>3\*</sup> 

### INTRODUÇÃO

Os carotenoides constituem um grupo de pigmentos lipossolúveis, com coloração variando do amarelo ao vermelho. Sua estrutura química é composta por um extenso sistema de ligações duplas conjugadas, que são responsáveis pela propriedade de absorver luz na região do visível (Rodríguez-Concepcion et al., 2018). Na dieta humana, as principais fontes de carotenoides são as frutas e vegetais, e muitas vezes, os resíduos de seus processamentos tornam-se uma excelente fonte destes componentes (Boukroufa et al., 2017).

Dentre os resíduos de processamento que são fonte de carotenoides, tem-se a fibra do pedúnculo de caju, resíduo do processamento do suco da fruta que, pode ser utilizada como matéria-prima para obtenção do extrato de caju (EC), em um processo que contempla maceração enzimática, seguida de prensagens sequências da fibra e microfiltração. Este extrato apresenta uma intensa coloração amarela devido à elevada concentração de carotenoides como ésteres de xantofilas, destacando-se as

<sup>1</sup> Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

<sup>2</sup> Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE.

<sup>3</sup> Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE.

<sup>4</sup> Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral, CE.

\*Autor correspondente: ana.dionisio@embrapa.br

auroxantinas, all-trans- $\beta$ -criptoxantinas, luteína e  $\beta$ -caroteno (Abreu et al., 2013a e 2013b). Em testes de toxicidade com uso de *Artemia salina* (Dionísio et al., 2018a), os resultados indicaram que o extrato é atóxico. Em avaliação de estocagem, o extrato mostrou-se estável por até 150 dias de armazenamento refrigerado (5 °C) (Dionísio et al., 2018b). Estes resultados abrem perspectivas para uso do EC em diferentes matrizes alimentares como corante amarelo.

Buscando-se produtos para incorporação do EC, tem-se os produtos de origem animal, como leite e derivados. Estes produtos contêm baixos teores de carotenoides, já que os animais não são capazes de sintetizar estes pigmentos, obtendo-os através da alimentação (Rodríguez-Amaya, 2018). No entanto, este grupo de alimentos tem sido o principal veículo de adição de substâncias funcionais, por estarem relacionados a hábitos alimentares saudáveis e serem bastante populares entre o mercado consumidor. Dentre os alimentos de origem animal, destaca-se o queijo coalho de leite de cabra, que é um produto regional e que vem conquistando o mercado em função de seu valor nutricional como fonte de proteínas de elevado valor biológico, e baixo potencial alergênico, bem como de minerais e vitaminas. Visando a diversificação de produtos, a Embrapa tem direcionado suas pesquisas para o desenvolvimento de queijos coalho diferenciados, como o queijo probiótico (Santos et al., 2011), o queijo com adição de óleo de pequi (Benevides et al., 2010) e o queijo adicionado de cumaru (Benevides et al., 2009). Desta forma, o uso de EC em queijos caprinos também pode vir a tornar-se uma interessante estratégia para a diversificação deste produto regional.

Levando-se em consideração o exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar as características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais do queijo coalho de leite de cabra adicionado de extrato de caju (EC) e, avaliar a sua estabilidade ao longo de 30 dias de armazenamento sob refrigeração (5 °C).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### ***Pedúnculo de caju***

Pedúnculos de caju da variedade CCP-76 foram adquiridos do campo experimental da Embrapa Agroindústria Tropical, situado em Pacajus-CE (04° 10' 21" S; 38° 27' 38" O). Os pedúnculos foram descastanhados, lavados em água corrente e higienizados com solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm por 15 minutos. Após enxágue do material, os pedúnculos foram prensados em prensa do tipo Expeller para obtenção do suco e separação das fibras residuais. Estas fibras foram armazenadas sob congelamento (- 18 °C) até obtenção do extrato de caju (EC) para uso nos experimentos.

### ***Obtenção do extrato de caju (EC) a partir das fibras residuais do processamento do pedúnculo***

Para a obtenção do extrato de caju (EC), as fibras do processamento foram descongeladas sob refrigeração (5 °C), e então misturadas com água (proporção 1:1, m/m) e 500 mg L<sup>-1</sup> de enzima Pectinex® Ultra SP-L (Novozymes Investment Co. Ltd., Denmark), como descrito por Abreu et al. (2013b). Após 1 hora de maceração a 50 °C, a mistura foi prensada para a liberação do extrato aquoso. A operação de prensagem foi realizada em seis ciclos consecutivos com a incorporação do extrato às fibras, sendo que no sexto ciclo as fibras residuais foram separadas do extrato e submetidas a mais uma prensagem. Após as prensagens, uma suspensão de cor amarela foi obtida, que foi pré-filtrada, e centrifugada (4.500 rpm por 5 minutos) para retirada dos sólidos suspensos. Após, o extrato foi microfiltrado com uso de sistema equipado com membranas de cerâmica em óxido de alumínio, até um fator de redução volumétrica (FRV) igual a 14, seguido de diafiltração. A fração de carotenoides ficou concentrada na fase retida do processo. Por fim, o material foi submetido ao processamento térmico de pasteurização (80 °C por 30 segundos), utilizando um trocador Tubular Armifield FT74 e efetuado o enchimento a quente em garrafas de vidro âmbar de 100 mL, previamente higienizadas com cloro a 100 ppm. As garrafas permaneceram em estocagem sob refrigeração (5 °C) até o momento do uso.

### ***Fabricação do queijo coalho***

Queijos coalho foram fabricados na planta piloto da Embrapa Caprinos e Ovinos. Os queijos foram produzidos utilizando cubas contendo 20 litros de leite divididos em dois tratamentos denominados TA (sem adição do extrato de carotenoides) e TB (com adição de extrato de carotenoides). Os queijos TA e TB foram produzidos com leite pasteurizado a temperatura de 62 a 65 °C por 30 minutos e resfriado até temperatura de 35 °C. Após o resfriamento foram adicionados o EC (20 mL/L) apenas no tratamento TB, e nos dois tratamentos os ingredientes cloreto de cálcio (0,1 g/L, Vetec, Rio de Janeiro, Brasil), cultura láctica Direct Vat Set (DVS) liofilizadas (R-704; Christian Hansen) homofermentativa mesofílica contendo *Lactococcus lactis subsp. Lactis* e *L. lactis subsp. Cremoris* (0,01 g/L), e coagulante comercial Ha-la (preparação enzimática contendo protease líquida de *Aspergillus niger* var. *Awamori*, atividade 1: 3000/75 Unidades internacionais de Coagulação de leite IMCU, Christian Hansen, Valinhos, Brasil, 0,8 mL/L). As misturas foram mantidas a 35 °C até formação da coalhada. A coalhada foi cortada em cubos (cerca de 3 cm<sup>3</sup>) seguida de agitação suave de aproximadamente 5 minutos (duas vezes, com descanso de 3 minutos) para favorecer a saída do soro. Após este período de agitação e descanso, metade do soro foi removido, aquecido a 50 °C e incorporado novamente à coalhada do queijo, que atingiu uma temperatura de aproximadamente 42 °C. A coalhada foi mantida a esta temperatura durante 10 minutos, com agitação intermitente. Após a remoção de 90% (v/v) do soro, a coalhada foi salgada com 8 g/L de NaCl, com base no volume inicial de leite. Após 8 minutos da adição

do NaCl a coalhada foi colocada em formas de polipropileno para queijo e prensada em uma prensa de queijo (Brasholanda S/A Equipamentos Industriais, modelo RP 1000, código de série P, Curitiba, Brasil, 3,56 N) por 18 h, a 25 °C. Após prensagem os queijos foram retirados das formas e mantidos a 10 °C por 24 h adicionais. Depois deste período, os queijos foram embalados a vácuo e mantidos a 5 °C por 30 dias.

### ***Análises físico-químicas do queijo coalho de leite de cabra***

Para análise de umidade, secou-se 10 g de areia tratada em estufa a 105°C por 1 h. Em seguida, 3 g da amostra foram pesadas em cápsula e adicionada a areia tratada, e secas na estufa a 105°C por 24 horas. Os resultados foram expressos em percentual (AOAC, 2005).

A determinação de proteínas do queijo foi realizada pelo método de Kjeldahl (AOAC, 2005). Pesou-se 0,2 g da amostra em papel filtro e a amostra foi transferida para o tubo de digestão. Em seguida foi adicionado 3 mL de ácido sulfúrico e 0,1 g da amostra digestora. Logo, a amostra foi aquecida em bloco digestor por aproximadamente 6 horas, até a digestão completa. Após a digestão, o tubo de digestão foi acoplado ao aparelho de destilação, adicionados 20 mL de hidróxido de sódio 50%, para destilação de nitrogênio por arraste de vapor. O destilado foi transferido diretamente para o Erlenmeyer contendo 25 mL de ácido bórico com duas gotas de fenolftaleína e posteriormente titulado com ácido clorídrico. O resultado foi expresso em % de proteínas, utilizando-se fator de conversão de 6,38.

Para a análise de acidez titulável, pesou-se 10 g de queijo e foi transferido para um balão volumétrico de 100 mL. Em seguida foi adicionada água morna até completar o balão. Tomou-se um alíquota de 50 mL e adicionou-se 3 gotas de fenolftaleína que, posteriormente, foi titulada com hidróxido de sódio 0,1N. Os resultados foram expressos em % de ácido láctico (Brasil, 2006).

A atividade de água foi determinada através da média de três leituras efetuadas utilizando o equipamento Aqualab (Decagon CX-2), temperatura constante de  $25 \pm 2$  °C, com resultados de atividade de água dentro da escala de 0 a 1.

Para a determinação de gordura, foram pesados 3 g da amostra no copo do butirômetro especial e adaptado ao mesmo. Em seguida foi adicionado 5 mL de água morna (30 – 40 °C), 10 mL de ácido sulfúrico, 1 mL de álcool isoamílico e água morna até completar o volume do tubo. A amostra foi colocada em banho-maria a 63 °C durante 15 minutos e posteriormente centrifugada a 1200 rpm por 15 minutos (IAL,1995). A leitura foi efetuada diretamente na escalada do butirômetro e os resultados expressos em %.

A gordura do extrato seco (GES) foi calculada através da fórmula: % GES = (% gordura/% extrato seco) x 100, disponível na Instrução Normativa n° 68 (Brasil, 2006).

Para a determinação do pH foram pesados 10 g da amostra, adicionado 50 mL de água destilada e, sem seguida, agitado por 30 segundos em agitador magnético para dispersar o material na água. A leitura foi determinada através de leitura das amostras em potenciômetro (Mettler DL 12) com membrana de vidro, aferido com tampões de pH 7 e 4 (IAL, 1995).

A cor foi determinada através da média de três leituras efetuadas em pontos aproximadamente equidistantes da parte interna do queijo, utilizando-se colorímetro de marca Minolta modelo CR 300 para obtenção do parâmetro  $L^*$  (luminosidade ou brilho, variação de 0 a 100),  $a^*$  (variação de verde a vermelho, de - 60 a + 60) e  $b^*$  (variação de azul a amarelo, - 60 a +60).

Para a análise dos carotenoides totais, seguiu-se o preparo dos extratos conforme metodologia proposta por Rodriguez-Amaya (2001), com modificações. Amostras de 1 g de queijo foram pesadas em béqueres, em seguida transferido para cadinhos de porcelanato contendo 4,5 g de hiflosupercel (Celite) e posterior adição de 80 mL do solvente acetona refrigerada (5 °C). O material foi filtrado à vácuo, utilizando-se um filtro de papel e um funil de Büchner. A extração com acetona foi realizada três vezes para a extração completa dos carotenoides. Em seguida o filtrado foi transferido para o funil de separação e posteriormente foi adicionado 80 mL de éter de petróleo para que ocorresse a transferência dos pigmentos da acetona para o éter de petróleo. Cada fração foi lavada três vezes com 200 mL de água destilada para retirar toda acetona. Posteriormente foi adicionada uma solução de hidróxido de potássio 10% para realizar a etapa de saponificação. Após o período de 24 h, a solução saponificada foi transferida para o funil de separação e foi lavado exaustivamente até a neutralização do pH da água de lavagem ( $\sim$  pH = 7). Após essa etapa, foi adicionado sulfato de sódio para a retirada de resíduos de água destilada. Para a determinação dos carotenoides totais, expressa em  $\beta$ -caroteno, utilizou-se um espectrofotômetro do tipo Cary 50. Para isso, cerca de 50 mL do extrato de carotenoides em éter de petróleo foi evaporado e em seguida ressuspense em éter de petróleo. O teor de  $\beta$ -caroteno foi estimado a partir da leitura da absorbância do extrato ressuspense em comprimento de onda 450 nm. Os resultados foram expressos em micrograma de  $\beta$ -caroteno por grama de queijo ( $\mu\text{g/g}$ ).

Análise do Perfil de Textura (TPA): para essa análise foi retirada uma fatia de três centímetros de espessura da peça de queijo. A fatia foi colocada sobre superfície plana e foram retirados, de partes distintas, dez cilindros (2 cm de diâmetro e 3 cm de altura), utilizando vazador cilíndrico de aço inox com lâmina afiada na extremidade. Os cilindros foram embalados em sacos de polietileno e acondicionados em recipiente isotérmico com gelo, por uma hora antes do início do teste. O TPA foi obtido por teste de dupla compressão dos cilindros de queijo em analisador de textura TA-XT2i (Stable Micro Systems, 1997). As condições utilizadas nos testes foram: tipo de teste: Análise do Perfil de Textura (TPA); velocidade de teste: 1,0 mm/s; distância de compressão: 10 mm, equivalente a 50% de compressão; probe utilizado: cilindro de alumínio de 35 mm de diâmetro (P25). Os dados foram

coletados no programa “Texture Expert for Windows 1.20” (Stable Micro Systems, 1997). Foram analisados os seguintes parâmetros, em dez repetições:

- Coesividade: é a extensão a que um material pode ser deformado antes da ruptura;
- Elasticidade: é a velocidade o qual o material deformado volta à condição não deformada, depois que a força de deformação é removida;
- Mastigabilidade: é a energia requerida para transformar o material sólido em um estado pronto para ser engolido;
- Gomosidade: é a energia requerida para desintegrar um alimento semi-sólido até está pronto para deglutição.

### ***Análise microbiológica***

A qualidade microbiológica dos queijos foi determinada pelos coliformes fecais, *Escherichia coli*, *Staphylococcus* coagulase positiva e pesquisa de *Salmonella* ssp., conforme a metodologia descrita no manual FDA's Bacteriological Analytical Manual (FDA, 2011).

### ***Testes de aceitação, intenção de compra e perfil sensorial***

Os queijos foram avaliados por 50 provadores não treinados, de ambos os sexos, recrutados entre funcionários e colaboradores da Embrapa Agroindústria Tropical, em Fortaleza (CE), conforme especificado por Meilgaard et al. (2006). Antes dos testes sensoriais, foi solicitado que assinassem um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Os protocolos dos testes sensoriais foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual do Ceará, sob parecer nº 147.279.

Testes afetivos de aceitação global, aparência, cor, sabor e textura, testes de diagnóstico de atributos e de intenção de compra foram realizados nos queijos recém-processados (Tempo 1º dia) e aos 30 dias de armazenamento sob refrigeração (5 °C) (Tempo 30 dias).

Para a avaliação da aparência visual e da cor dos queijos, cada amostra foi disposta inteira em uma bandeja branca codificada com números aleatórios de três dígitos e exposta em uma bancada sob iluminação de luz branca. Já a degustação, realizada em cabines individuais climatizadas (24 °C), sob iluminação controlada (luz branca, fluorescente). Dois cubos (2 cm<sup>3</sup> de 2,5 g) de cada queijo foram servidos em copinhos descartáveis de polipropileno (50 mL), identificados com códigos de três dígitos foram apresentados aleatoriamente para minimizar os efeitos de posição das amostras.

A aceitação das amostras foi avaliada utilizando escala hedônica estruturada verbal de 9 pontos, variando de “Desgostei muitíssimo” = 1 a “Gostei muitíssimo” = 9 (Peryam; Pilgrim, 1957). O diagnóstico de intensidade dos atributos (cor amarela, aroma característico de queijo de cabra, sabor

característico de queijo de cabra, aroma característico de caju, sabor característico de caju e maciez) foi realizado com escala não-estruturada de 9 cm, ancorada nos seus extremos com os termos pré-definidos em ‘nenhum’ (0) a ‘forte’ (9) para os descritores do aroma e sabor; e os termos de ‘pouco’ (0) a ‘muito’ (9) para o atributo maciez. Para avaliação da intenção de compra utilizou-se escala verbal de 5 pontos, pré-definida em “certamente não compraria” a “certamente compraria”, e no ponto intermediário “talvez comprasse, talvez não comprasse”.

### *Análise estatística*

Os dados obtidos no período experimental (0 e 30 dias) foram avaliados pela análise de variância ANOVA e teste de médias de Tukey ( $P < 0,05$ ), utilizando-se o programa estatístico SAS (SAS Uses Guide: Version 6.11. Edition 1996, Institute Inc, n. C. USA). Para efeito de análise estatística dos dados sensoriais, as categorias da escala hedônica foram associadas a valores numéricos, a saber: 9 = ‘gostei muitíssimo’; 8 = ‘gostei muito’; 7 = ‘gostei’; 6 = ‘gostei pouco’; 5 = ‘nem gostei, nem desgostei’; 4 = ‘desgostei pouco’; 3 = ‘desgostei’; 2 = ‘desgostei muito’; 1 = ‘desgostei muitíssimo’. Os dados de intenção de compra foram representados por meio de histogramas de frequência.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### *Caracterização do queijo coalho de leite de cabra com (TA) e sem (TB) adição do extrato de caju (EC)*

A composição química do queijo coalho de leite de cabra sem (TA) e com (TB) adição de extrato de caju (EC), logo após o processamento (1º dia) e no 30º dia de estocagem sob refrigeração a 5 °C, encontra-se na Tabela 1. Pode-se observar que os valores médios para a umidade e o extrato seco total dos queijos de ambos os tratamentos (TA e TB), indiferentemente do tempo de armazenamento, estão de acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos de Coalho (Brasil, 2001) e Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos (Brasil, 1996a). Esses regulamentos estabelecem, para queijo de coalho, teores de umidade variando de 36 a 54,9%, e gordura no extrato seco total variando de 35 a 60%, o que classifica estas amostras como queijo gordo e de alto teor de umidade.

Levando em consideração ambos os tratamentos no início do período de armazenamento, pode-se observar que a acidez titulável, expressa em percentual de ácido láctico, variou de 0,37 a 0,43 %; e o pH, por sua vez, variou de 5,87 a 5,48 com a adição de EC ao queijo. Porém, para ambos os queijos, independente do tempo de armazenamento, os valores são próximos aos comumente reportados para queijo coalho, como Sousa et al. (2014), que, analisando amostras deste tipo de queijo com inspeção e

produzidos artesanalmente, observaram valores que variaram entre 0,16 a 0,74 % e 0,12 a 1,01 %, respectivamente. Em estudo realizado por Pimentel (2019), utilizando amostras de queijo coalho industriais e de feiras livres, em Manaus, os valores médios constatados para acidez foram, respectivamente, 0,83 e 2,09%.

Em queijos, a elevação da acidez é comumente resultante da degradação do ácido láctico por microrganismos mesófilos, tais como as bactérias ácido-lácticas e leveduras (Sousa et al., 2014; Pimentel, 2019). No presente estudo, contudo, a adição do EC elevou significativamente ( $P < 0,05$ ) a acidez do produto, e conseqüentemente, diminuiu o pH. Liu et al. (2018), avaliando a incorporação de luteína em queijo muçarela, observaram que os valores de pH dos dois queijos foram semelhantes inicialmente. Porém, os autores relataram que o pH do queijo rico em luteína diminuiu de 5,18 para 5,14 durante o período de armazenamento (2 meses), sendo significativamente menor do que o controle ( $P < 0,05$ ).

**Tabela 1.** Composição do queijo coalho de leite de cabra sem (TA) e com (TB) adição do extrato de caju (EC) no 1º e 30º dia de armazenamento sob refrigeração (5 °C) (valores médios  $\pm$  desvio-padrão). Fonte: os autores.

Variáveis	TA		TB	
	1º dia	30º dia	1º dia	30º dia
Umidade (%)	41,22 $\pm$ 0,42 aA	44,06 $\pm$ 0,43 aB	43,78 $\pm$ 0,32 bA	47,13 $\pm$ 0,14 bB
Extrato seco (%)	58,78 $\pm$ 0,42 aA	55,94 $\pm$ 0,43 aB	56,22 $\pm$ 0,32 bA	52,87 $\pm$ 0,14 bB
Gordura (%)	24,16 $\pm$ 1,44 aA	23,83 $\pm$ 1,26 aA	24,17 $\pm$ 1,44 aA	23,00 $\pm$ 0,50 aA
Gordura em Extrato Seco (%)	41,10 $\pm$ 2,19 aA	42,59 $\pm$ 2,04 aA	42,97 $\pm$ 2,80 aA	43,50 $\pm$ 0,90 aA
Proteína (%)	26,54 $\pm$ 0,52 aA	20,54 $\pm$ 0,84 aB	26,15 $\pm$ 0,48 aA	17,84 $\pm$ 1,75 aB
Acidez em ácido láctico (%)	0,37 $\pm$ 0,00 aA	0,38 $\pm$ 0,01 aA	0,43 $\pm$ 0,01 bA	0,45 $\pm$ 0,01 bB
Atividade de água	0,96 $\pm$ 0,00 aA	0,98 $\pm$ 0,00 aB	0,94 $\pm$ 0,03 aA	0,97 $\pm$ 0,01 bA
pH	5,87 $\pm$ 0,02 aA	5,81 $\pm$ 0,02 aB	5,48 $\pm$ 0,02 bA	5,41 $\pm$ 0,02 bB
Carotenoides ( $\mu$ g de $\beta$ -caroteno/g).	0,00 $\pm$ 0,00 aA	0,00 $\pm$ 0,00 aA	8,96 $\pm$ 2,44 bA	8,43 $\pm$ 1,15 bB
Cor instrumental				
$L^*$	88,51 $\pm$ 0,16 aA	89,19 $\pm$ 0,54 aA	78,34 $\pm$ 1,59 bA	72,93 $\pm$ 0,41 bA
$a^*$	-2,83 $\pm$ 0,07 aA	-3,00 $\pm$ 0,05 aB	-2,31 $\pm$ 0,15 bA	-2,52 $\pm$ 0,11 bA
$b^*$	13,58 $\pm$ 0,22 aA	13,58 $\pm$ 0,22 aA	40,30 $\pm$ 1,16 bA	45,61 $\pm$ 0,12 bA

a, b – Para cada linha, letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) obtidas entre os diferentes queijos para um mesmo período de armazenamento.

A, B – Para cada linha, letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) obtidas entre os diferentes períodos de armazenamento de cada um dos produtos estudados.

Para gordura, gordura em extrato seco e proteínas, a adição do EC não influenciou nesses parâmetros, sendo estatisticamente semelhante ( $P > 0,05$ ) em ambos os tratamentos. Considerando o período de armazenamento sob refrigeração (5 °C), ocorreu uma redução nos teores de proteínas de ambos os queijos, sendo mais pronunciada no queijo com adição do EC (TB). A redução no teor de proteínas durante o armazenamento pode estar relacionado ao fenômeno da proteólise, onde ocorre a

hidrólise da proteína (caseínas) resultando primeiramente em peptídeos maiores, seguido de peptídeos menores e por fim, em aminoácidos livres (Domingos et al., 2019).

Com relação aos carotenoides, pode-se observar variações estatisticamente significativas ( $P < 0,05$ ) quando os dois tratamentos são comparados. Em termos práticos, o EC adicionado ao queijo proporcionou uma coloração amarela ao produto (Figura 1), o que já era esperado, uma vez que os carotenoides majoritários do extrato – que são os ésteres de xantofilas, como auroxantilas e *all-trans-β*-criptoxantinas – apresentam uma coloração amarelo intensa, como já reportado por Abreu et al. (2013a). Considerando o período de armazenamento, pode-se observar um decréscimo estatisticamente significativo ( $P < 0,05$ ) nos teores de carotenoides. A literatura reporta que os carotenoides são sensíveis a vários fatores, como incidência de luz e exposição ao oxigênio (Rodríguez-Amaya, 2015). Embora os queijos tenham sido armazenados em embalagens de polietileno, que permite a passagem de oxigênio e luz, as perdas de carotenoides podem ser consideradas pequenas. Considerando o queijo com adição de EC, as perdas foram de apenas 6%, o que torna o produto ainda uma excelente fonte de carotenoides e a aplicação do EC como corante alimentar, uma estratégia tecnologicamente viável.



**Figura 1.** Queijo de coalho sem (TA) e com (TB) adição de extrato concentrado de carotenoides (ECC).  
Fonte: os autores.

Em trabalhos realizados com incorporação de carotenoides em produtos lácteos, pode-se citar os realizados por Tokosoglu (2013); Toniazzo et al. (2014), Domingos et al. (2014) e Liu et al. (2018). Tokosoglu (2013), que acrescentou diferentes concentrações de luteína em queijos cremosos e

descobriu que os níveis de luteína não afetaram o sabor do produto. Além disso, os autores constataram que esse carotenoide permaneceu estável por aproximadamente 6 semanas de armazenamento (Tokusoglu, 2013). Toniazzi et al. (2014) ao avaliarem a incorporação de lipossomas multilamelares encapsulando beta-caroteno e estabilizadas com gomas xantana e guar, em iogurtes, observaram estabilidade das lipossomas ao longo de 95 dias de armazenamento, com consequente proteção do carotenoide, e que elas não causaram separação de fase e nem formação de grumos. Além disso, eles referiram significativa aceitação sensorial. De forma similar, Domingos et al. (2014) não identificaram diferenças na aceitação do iogurte após a adição de luteína ou riboflavina e, também, que não houve mudanças na concentração dos compostos durante o armazenamento sob condições de luz ou escuro. Liu et al. (2018) observaram 20% de perdas de luteína durante 8 semanas de estocagem de queijo muçarela adicionada deste carotenoide.

Intrinsicamente relacionado ao teor de carotenoides, a adição de EC no queijo influenciou nos valores de  $b^*$  (que varia do azul ao amarelo), que aumentaram, enquanto os valores de  $L^*$  (luminosidade) e  $a^*$  (que varia do verde ao vermelho) apresentaram uma redução no tratamento com incorporação do EC (TB). Liu et al. (2018), ao avaliarem queijo muçarela enriquecido com luteína (113,6  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ), não observaram diferenças significativas nos atributos  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  do queijo contendo esse carotenoide (86,1; 7,63 e 16,8, respectivamente) quando comparado ao controle (88,6; 8,56 e 12,7, respectivamente).

Possivelmente, essas diferenças se justificam pelo método de incorporação de carotenoides nos produtos. No presente estudo, o EC contendo carotenoides foi diretamente adicionado ao leite na produção do queijo. Por outro lado, Liu et al. (2018) adicionaram a luteína na ração da vaca, de modo que ela, naturalmente, fosse transferida para a gordura do leite.

**Tabela 2.** Textura instrumental das amostras de queijo coalho de leite de cabra sem (TA) e com (TB) adição do extrato de caju (EC) no 1º e 30º dia de armazenamento sob refrigeração (5 °C) (valores médios  $\pm$  desvio padrão). Fonte: os autores.

Variáveis	TA		TB	
	1º dia	30º dia	1º dia	30º dia
Adesividade (N/ seg)	-2,41 $\pm$ 1,78 aA	-5,52 $\pm$ 4,15aA	-3,70 $\pm$ 2,91aA	-9,31 $\pm$ 2,01 aB
Elasticidade	0,87 $\pm$ 0,01 aA	0,88 $\pm$ 0,02 aB	0,85 $\pm$ 0,01 bA	0,82 $\pm$ 0,01 aB
Coesividade	0,77 $\pm$ 0,01 aA	0,75 $\pm$ 0,04 aA	0,77 $\pm$ 0,01aA	0,71 $\pm$ 0,02 bB
Gomosidade (N)	670,62 $\pm$ 120,44 aA	1538,80 $\pm$ 191,68 aB	620,04 $\pm$ 71,71 Aa	890,46 $\pm$ 99,59 bB
Mastigabilidade	533,68 $\pm$ 99,38 aA	1356,31 $\pm$ 182,24 aB	524,45 $\pm$ 61,47 aA	733,64 $\pm$ 78,10 bB

a, b – Para cada linha, letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) obtidas entre os diferentes queijos para um mesmo período de armazenamento.

A, B – Para cada linha, letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) obtidas entre os diferentes períodos de armazenamento de cada um dos produtos estudados.

Com relação ao período de armazenamento refrigerado dos queijos sem (TA) e com (TB) adição do EC, pode-se observar que a cor do produto manteve-se estável ao longo dos 30 dias de armazenamento, principalmente no que se refere ao parâmetro  $b^*$ , que reflete diretamente na coloração amarela do produto. Este resultado é de grande interesse quando vislumbra-se a aplicação do EC como corante alimentar (o que de fato ocorreu, pela manutenção da cor durante o armazenamento); assim como pela manutenção de seus componentes de interesse biológico – que são os carotenoides – que apresentaram uma pequena redução ao final do armazenamento (6 %).

Sob uma outra ótica, a adição de um ingrediente em matrizes lácteas (como no caso, do EC), pode vir a influenciar um aspecto muito importante do produto: a sua textura. Assim, a textura instrumental dos queijos (TA e TB) foi realizada, e é apresentada na Tabela 2.

Quando os queijos referentes aos dois tratamentos são comparados entre si, pode-se observar que os parâmetros medidos na análise do perfil de textura dos queijos não variaram significativamente ( $P > 0,05$ ) com a adição do EC, exceto para elasticidade. Porém, os valores são muito próximos entre si ( $0,87 \pm 0,01$  e  $0,85 \pm 0,01$ , para TA e TB, respectivamente), e as diferenças estatísticas podem ter ocorrido devido ao baixo desvio-padrão existente nas amostras. Com relação ao período de armazenamento, variações de textura, para ambos os tratamentos, foram verificadas principalmente para gomosidade e mastigabilidade. Em termos práticos, após o tempo de armazenamento, ambas as amostras apresentaram-se mais firmes e com maior resistência a mastigação. Outro ponto importante é o armazenamento influenciou de formas distintas nos queijos dos diferentes tratamentos, tendo sido mais pronunciada no queijo sem adição de EC (TA).

Oliveira (2013), analisando diferentes formulações de queijo coalho de leite de cabra adicionado de bactérias lácticas armazenada durante 21 dias sob refrigeração (10 °C), observaram variações nos parâmetros de elasticidade e coesividade no decorrer do período de armazenamento. Liu et al. (2018) observaram similaridades no parâmetro de adesividade de queijo muçarela adicionado de luteína, porém a a mastigabilidade dos dois queijos apresentaram diferenças significativas. Os autores atribuíram essas alterações ao maior teor de umidade e relação Ca/proteína no queijo rico em luteína.

### ***Análise microbiológica***

Os resultados da avaliação da qualidade microbiológica dos queijos coalho de leite de cabra sem (TA) e com (TB) extrato concentrado de carotenoides (EC) são apresentados na Tabela 3. Os valores encontrados nas análises microbiológicas dos queijos submetidos a diferentes tratamentos queijo apresentam-se de acordo com as normas vigentes na legislação para Coliformes a 35 °C e 45 °C (NMP/g), *Staphylococcus* coagulase positiva (log UFC/g), *Salmonella* spp./25 g para queijos de média umidade a alta umidade (maior que 36% e menor que 54,9%) baseada na portaria N° 146 do MAPA

que dispõe sobre o Regulamento Técnico Geral para Fixação de Requisitos Microbiológicos de Queijos (Brasil, 1996b), não representando riscos à saúde do consumidor.

**Tabela 3.** Avaliação da qualidade microbiológica de queijo coalho de leite de cabra sem (TA) e com (TB) extrato de caju (EC). Fonte: os autores.

Variáveis	TA		TB	
	1º dia	30º dia	1º dia	30º dia
Coliformes fecais e <i>E. coli</i> (NMP/g)	< 3	< 3	< 3	< 3
<i>Staphylococcus</i> coagulase positiva	< 100	< 100	< 100	< 100
<i>Salmonella</i> spp. (Ausência/25g)	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência

### Análise sensorial

Os resultados dos atributos sensoriais relacionados ao teste de aceitação do queijo coalho de leite de cabra sem (TA) e com (TB) extrato de caju (EC) são apresentados na Tabela 4. No 1º dia de armazenamento dos queijos, os valores médios obtidos nos testes de aceitação apresentaram diferenças estatisticamente significativas ( $P > 0,05$ ) entre os diferentes tratamentos. Em comparação aos dois produtos, o queijo referente ao TA apresentou valores mais elevados para todos os atributos avaliados, com notas que variaram de “gostei” a “gostei muito” na escala hedônica de 9 pontos. Para o TB, as notas variaram de “gostei pouco” a “gostei”, exceto para a cor, que apresentou uma nota mais baixa. Estes resultados demonstram que ambos os queijos apresentaram uma boa aceitação sensorial, e com o apelo diferenciado de incorporação de carotenoides no queijo com adição do EC, este seria uma interessante estratégia de diversificação de produtos e agregação de valor.

**Tabela 4.** Médias da aceitação sensorial do queijo coalho de leite de cabra sem (TA) e com (TB) extrato de caju (EC). Fonte: os autores

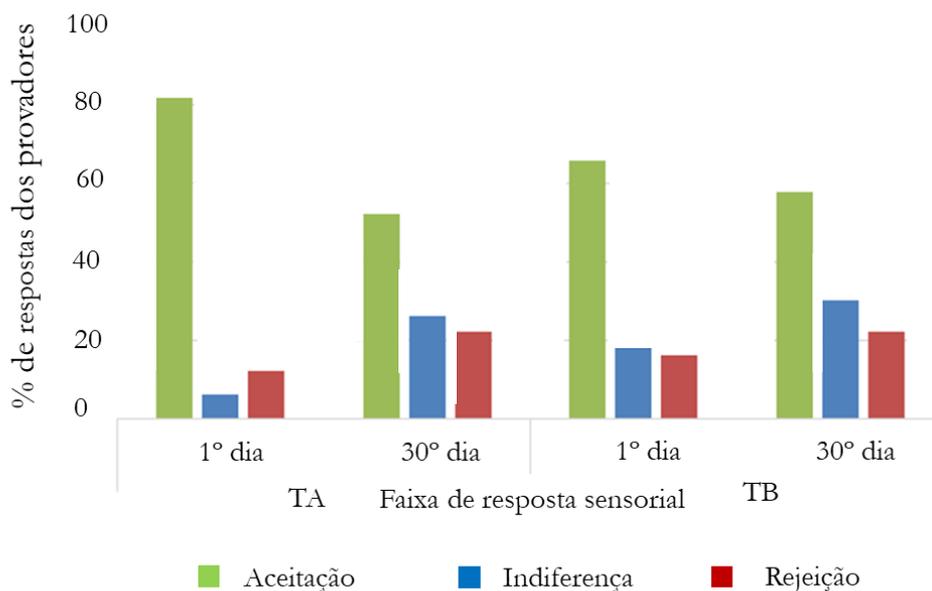
Atributos	TA		TB	
	1º dia	30º dia	1º dia	30º dia
Aceitação Global	7,44 aA	7,32 aA	6,54 bA	6,66 bA
Sabor	7,34 aA	6,82 aA	6,70 aA	6,24 bA
Textura	7,77 aA	7,52 aA	7,10 aA	6,98 bA
Cor	7,42 aA	7,16 aA	5,88 bA	6,42 bA
Aparência	7,52 aA	7,12 aA	6,26 bA	6,74 aA

a, b – Para cada linha, letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) obtidas entre os diferentes queijos para um mesmo período de armazenamento.

A, B – Para cada linha, letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) obtidas entre os diferentes períodos de armazenamento de cada um dos produtos estudados.

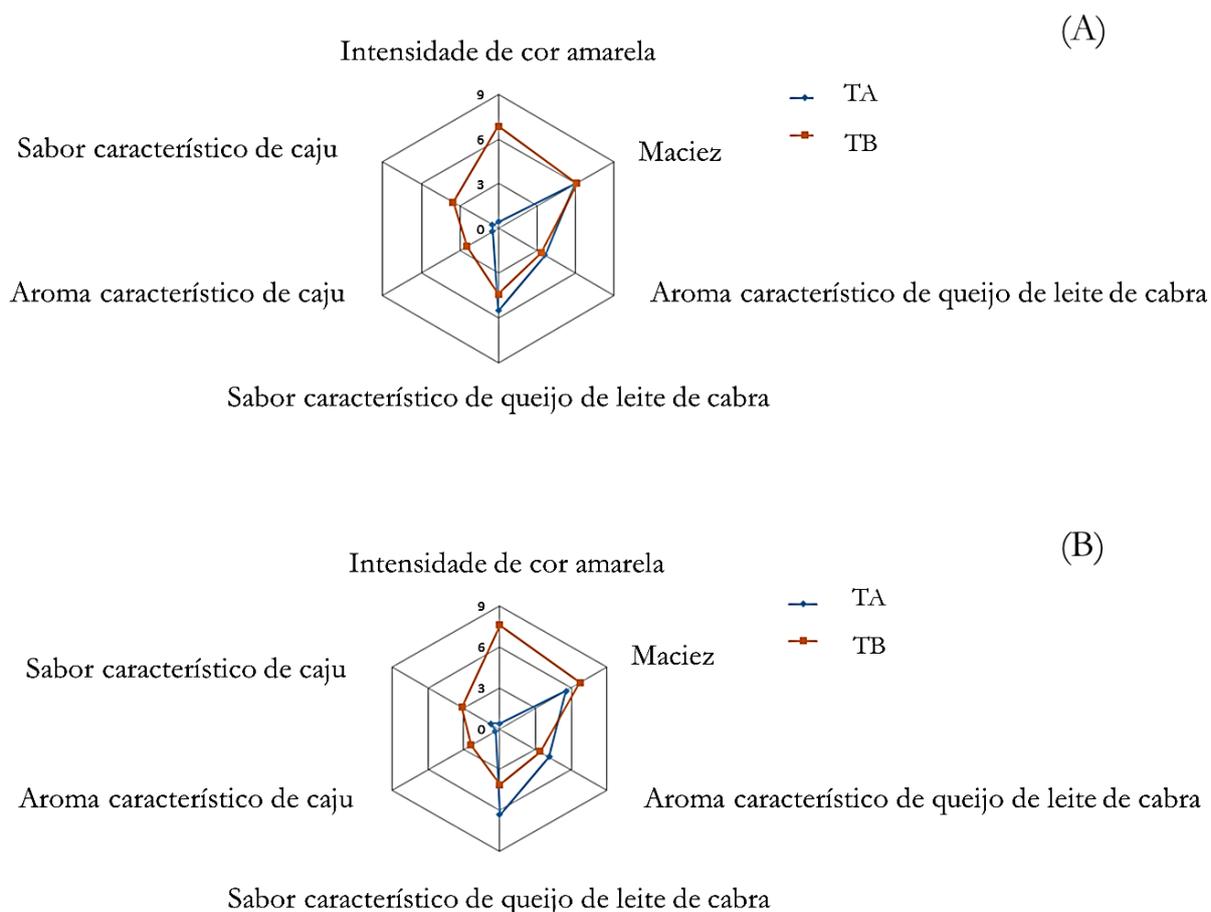
Com relação ao período de armazenamento, pode-se observar que, para ambos os tratamentos, as variações para todos os parâmetros avaliados não foram estatisticamente significativas, considerando  $P < 0,05$ . Em comparação aos resultados das análises físico-químicas pode-se observar que, embora tenham sido observadas alterações significativas ( $P < 0,05$ ) nos valores de carotenoides, umidade e textura instrumental ao longo do período de armazenamento, essas alterações não foram suficientes para comprometer a aceitação do consumidor nos produtos avaliados.

A intenção de compra de ambos os produtos, tanto no seu 1º de armazenamento, assim no 30º dia, podem ser visualizados na Figura 2.



**Figura 2.** Intenção de compra dos queijos coalho de leite de cabra sem (TA) e com (TB) extrato de caju (EC), no 1º e 30º dia de armazenamento sob refrigeração (5 °C). Fonte: os autores.

Através da Figura 2, pode-se observar que ambos os queijos (TA e TB) são bem aceitos pelo consumidor no 1º dia de armazenamento refrigerado. Porém, ao longo do período de armazenamento, o TA apresentou uma forte redução de sua intenção de compra, embora não se tenha obtido nenhuma diferença estatisticamente significativa ( $P > 0,05$ ) quando os atributos sensoriais foram avaliados (Tabela 4). Para o perfil sensorial dos queijos, os resultados podem ser visualizados na Figura 3.



**Figura 3.** Perfil sensorial do queijo coalho de leite de cabra sem (TA) e com (TB) extrato concentrado de caju (EC) no 1º dia (A) e 30º dia (B) de armazenamento refrigerado (5 °C). Fonte: os autores.

Com relação ao perfil sensorial dos queijos no 1º dia de armazenamento a 5 °C (Figura 3A), pode-se observar que o TB se diferenciou principalmente pelos atributos “intensidade da cor amarela”, “sabor característico de caju” e “aroma característico de caju”. Embora com menores diferenças, o “sabor característico de queijo coalho de leite de cabra” também foi um atributo que apresentou diferença estatisticamente significativa ( $P < 0,05$ ) entre os dois tratamentos avaliados. Para “macieiz” e “aroma característico de queijo coalho de leite de cabra”, a adição do EC não interferiu nestes atributos avaliados pelos provadores. Após o 30º dia de armazenamento sob refrigeração (5 °C) (Figura 3B), pode-se observar que os queijos mantiveram as mesmas características predominantes, e que não apresentou efeito do armazenamento sob estes atributos, exceto para a “intensidade da cor amarela”, que apresentou diferença estatisticamente significativa ( $P < 0,05$ ) para a amostra com adição de EC (TB).

## CONCLUSÃO

De uma forma geral, a adição do extrato de caju (EC), obtido da fibra do pedúnculo de caju, em queijo coalho de leite de cabra apresentou uma boa aceitação sensorial e estabilidade ao longo do período de armazenamento refrigerado (5 °C), sendo possível seu uso para diversificação de produtos lácteos e agregação de valor.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu FAP, Dornier M, Dionísio AP, Carail M, Caris-Veyrat C, Dhuique-Mayer C (2013a). Cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) extract from by-product of juice processing: a focus on carotenoids. *Food Chemistry*, 138(1): 25-31.
- Abreu FAP, Dornier M, Pallet D, Reynes M, Vaillant F, Furlani FCT (2013b). Processo de concentração e purificação de extrato obtido a partir de resíduos de pseudofruto de caju e produto de elevado teor de carotenoides. Pedido Internacional n° PCT/BR2013/000130. Inst. promotora/financiadora: Embrapa/CIRAD.
- AOAC (2005). Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. 18<sup>a</sup> ed. Washington: AOAC International.
- Benevides SD, Santos KO, Buriti FCA, Sousa ALJ, Laguna LE, Egito AS (2010). *Processamento de queijo tipo Coalho de leite de cabra adicionado de Cumaru (Amburana cearenses)*. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos. Comunicado Técnico n° 120.
- Benevides SD, Santos KO, Egito AS, Vieira ADS, Laguna LE, Buriti FCA (2009). *Processamento de Queijo de Coalho de Leite de Cabra Adicionado de Óleo de Pequi*. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos. Comunicado Técnico n°103.
- Boukroufa M, Boutekedjiret C, Chemat F (2017). Development of a green procedure of citrus fruits waste processing to recover carotenoids. *Resource-Efficient Technologies*, 3(3): 252-262.
- Brasil (1996a). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n° 146. *Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos*. Brasília: MAPA/ACS. 219p.
- Brasil (1996b). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n° 146. *Regulamento Técnico Geral para Fixação de Requisitos Microbiológicos de Queijos*. Brasília: MAPA/ACS. 3p.
- Brasil (2001). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n° 30. *Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijo Coalho*. Brasília: MAPA/ACS. 12p.
- Brasil (2006). Mapa – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n° 68, de 12 de dezembro de 2006. *Métodos Analíticos Oficiais Físico-Químicos, para controle de leite e produtos lácteos*.

- Dionísio AP, Abreu FAP, Brito ES de, Wurlitzer NJ, Ribeiro PRV, Goes TS de, Sousa JMS, Lunes MF, Lima ACV de, Oiram Filho F (2018a). Extrato concentrado de carotenoides obtido da fibra do pedúnculo de caju: avaliação da toxicidade com uso do bioensaio de *Artemia salina*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 162. 23p.
- Dionísio AP, Goes, TS de, Abreu FAP de, Viana ACS, Galvão AMMT, Bastos MSR do, Borges MF de, Pontes DF (2018b). Extrato concentrado de carotenoides obtido da fibra do pedúnculo de caju: estabilidade durante o armazenamento refrigerado (5 °C). Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 20 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 174).
- Domingos LD, Xavier AAO, Mercadante AZ, Petenate A J, Jorge RA, Viotto WH (2014). Oxidative stability of yogurt with added lutein dye. *Journal of Dairy Science*, 97(2): 616-623.
- Domingos LD, Souza HAL, Mariutti LRB, Benassi MT, Bragagnolo N, Viotto WH (2019). Fat reduction and whey protein concentrate addition alter the concentration of volatile compounds during Prato cheese ripening, *Food Research International*, 119: 793-804.
- FDA (2011). BAM Salmonella. Acessado em 31 de janeiro de 2012. <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm070149.htm>.
- IAL (1995). Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análises de alimentos. Instituto Adolfo Lutz, 1, São Paulo: IAL.
- Liu C-x, Wang C, Liu J-x, Ren D-x (2018). Effect of feed lutein supplementation on mozzarella cheese quality and lutein stability. *International Dairy Journal*, 83(1): 28-33.
- Meilgaard M, Civille GV, Carr BT (2006). *Sensory evaluation techniques*. 4. ed. Boca Raton: CRC Press. 464p.
- Oliveira MEG (2013). Queijo de coalho caprino adicionado de bactérias lácticas: elaboração, caracterização e avaliação in vitro de potencial probiótico. Tese (Doutorado em nutrição), Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Peryam DR, Pilgrim FJ (1957). Hedonic scale method of measuring food preferences. *Food Technology*, 11: 9-14.
- Pimentel ET (2019). *Qualidade de queijo coalho comercializado em Manaus*, AM. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Amazonas, Amazonas, 2019.
- Rodriguez-Amaya DB (2001). *A guide to carotenoid analysis in foods*. Washington: Internacional Life Sciences Institute Press. 64p.
- Rodriguez-Amaya DB (2015). *Food carotenoids: Chemistry, biology and technology*. Oxford: IFT Press-Wiley. 328p.
- Rodriguez-Amaya DB (2018). Update on natural food pigments - A mini-review on carotenoids, anthocyanins, and betalains. *Food Research International*, 124: 200-205.

- Rodriguez-Concepcion M, Avalos J, Bonet ML, Boronat A, Gomez-Gomez L, Hornero-Mendez D, Limon MC, Meléndez-Martínez AJ, Olmedilla-Alonso B, Palou A, Ribot J, Rodrigo MJ, Zacarias L, Zhu C (2018). A global perspective on carotenoids: Metabolism, biotechnology, and benefits for nutrition and health. *Progress in Lipid Research*, 70: 62-93.
- Santos BM, Oliveira MEGD, Sousa YRFD, Madureira ARMFM, Pintado MME, Gomes AMP, Souza EL, Queiroga RCRE (2011). Caracterização físico-química e sensorial de queijo de coalho produzido com mistura de leite de cabra e de leite de vaca. *Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)*, 70(3): 302-310.
- Sousa AZB, Abrantes MR, Sakamoto SM, Silva JBA, Lima PO, Lima RN, Rocha MOC, Passos YDB (2014). Aspectos físico-químicos e microbiológicos do queijo tipo coalho comercializado em estados do nordeste do Brasil. *Arquivos do Instituto Biológico*, 81(1): 30-35.
- Stable Micro Systems (1997). User guide: texture expert for Windows.Surrey. 155p.
- Tokusoglu O (2013). The physicochemical, microbiological, organoleptic properties and antioxidant activities of functional cream cheeses fortified with lutein. *International Journal of Dairy Technology*, 66(4): 527-534.
- Toniazzo T, Berbel IF, Cho S, Fávaro-Trindade CS, Moraes ICF, Pinho SC (2014).  $\beta$ -carotene-loaded liposome dispersions stabilized with xanthan and guar gums: Physico-chemical stability and feasibility of application in yogurt. *LWT – Food Science and Technology*, 59(2): 1265-1273.

# Extrato de caju: estabilidade da cor frente a distintas condições de processamento

Recebido em: 18/06/2020

Aceito em: 21/08/2020

 10.46420/9786588319277cap2

Jessica Maria Silva Sousa<sup>1</sup> 

Sandra Machado Lira<sup>2</sup> 

Ana Carolina Viana de Lima<sup>1</sup> 

Mayara Frade Iunes<sup>1</sup>

Fernando Antônio Pinto de Abreu<sup>3</sup> 

Evânia Altina Teixeira de Figueiredo<sup>1</sup> 

Ana Paula Dionisio<sup>3\*</sup> 

## INTRODUÇÃO

A cor é um importante atributo sensorial, sendo determinante para a aceitação global de um alimento (Howell et al., 2019). Quando a cor é perdida durante as etapas de processamento dos alimentos, corantes são adicionados com a finalidade de restituir a cor original e/ou torná-los visualmente mais atraentes (Galaffu et al., 2015; Ribeiro, 2019; Borth et al., 2019).

O desenvolvimento da indústria alimentícia levou à produção de diferentes corantes, estando disponíveis no mercado corantes sintéticos e naturais. Embora os corantes sintéticos apresentem um custo de processo inferior aos corantes naturais, a preocupação do consumidor em relação à segurança dos corantes sintéticos levou à restrição de suas aplicações em alimentos e aumentou o uso de corantes naturais (Jespersen et al., 2005). Uma cor típica e de aspecto natural em um alimento sinaliza alta qualidade, enquanto um produto artificialmente brilhante pode dar a impressão oposta (Arocas et al., 2013). Além disso, os compostos naturais responsáveis por diferentes cores demonstram ter efeitos biológicos benéficos ao organismo (Volp et al., 2009).

Nesse sentido, pesquisas têm sido conduzidas no intuito de se descobrir novas fontes desses ingredientes, tais como os estudos relatados por Abreu et al. (2013a, 2013b), nos quais desenvolveu-se um processo, que contempla etapas de maceração, prensagem, filtração, centrifugação e microfiltração, para a produção de um extrato de caju (EC) a partir das fibras residuais do pedúnculo. Devido à

<sup>1</sup> Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

<sup>2</sup> Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE.

<sup>3</sup> Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE.

\*Autor correspondente: ana.dionisio@embrapa.br

presença de carotenoides, esse extrato apresenta intensa coloração amarela, podendo vir a ser um substituto ao corante artificial tartrazina, que tem potencial toxicológico e mutagênico comprovado (Anastácio et al., 2016). Além disso, apresenta importante valor nutricional, devido à presença de xantofilas que possuem atividade pró-vitâmica ( $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno e  $\beta$ -criptoxantina) e propriedades funcionais, podendo prevenir a degeneração macular relacionada a idade (devido à presença de luteína e zeaxantina) e doenças como arteriosclerose, catarata, esclerose múltipla e câncer (devido à alta concentração de carotenoides em geral) (Rodríguez-Amaya et al., 2008; Valduga et al., 2009; Abreu et al., 2013a).

Os carotenoides são tetraterpenos que apresentam uma coloração que varia do amarelo ao vermelho, com cadeia poliênica que varia de 3 a 15 duplas ligações conjugadas (Abreu et al., 2013a, 2013b; Rodríguez-Amaya et al., 2018). O comprimento do cromóforo que determina o espectro de absorção e a cor da molécula. Seu mercado vem crescendo a cada ano, e seu uso em alimentos como corante alimentar vem se tornando uma estratégia cada vez mais interessante para substituição de corantes artificiais amarelos pela indústria de alimentos. Porém, um dos fatores que ainda limitam o seu crescimento é a estabilidade de seus componentes quando extraídos de fontes naturais. Os carotenoides podem apresentar instabilidade porque as moléculas podem facilmente sofrer modificações estruturais devido a oxidação de suas duplas ligações, causadas por diversos fatores, como calor e pH (Rodríguez-Amaya et al., 2018; Papalia et al., 2019).

O EC, uma vez disponibilizado para uso como aditivo alimentar, poderá ser submetido a um segundo tratamento térmico e a diferentes valores de pH, pois o pH da fase aquosa em emulsões de alimentos e bebidas pode variar consideravelmente, como de ácido em refrigerantes a ligeiramente básico em algumas bebidas nutricionais (Qian et al., 2012). Assim, condições de processamento e armazenamento dadas ao EC podem vir a comprometer sua qualidade nutricional e funcional, bem como aspectos de sua aplicação alimentar, devido a mudanças em sua cor. Essas alterações de cor limitam seu uso como corante alimentar, sendo interessante conhecer essas modificações quando exposto a distintas condições de processamento.

Desta forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar a estabilidade da cor do extrato de caju (EC) frente a distintas condições de processamento (pH e temperatura), com o intuito de conhecer a melhor condição de aplicação do EC em alimentos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### ***Matéria-prima***

Pedúnculos de caju (*Anacardium occidentale* L.), da variedade CCP-76, foram processados na empresa “Natvita”, no Eusébio (Ceará – Brasil). Após a remoção das castanhas, os frutos foram lavados

e sanitizados, e então processados para obtenção do suco integral. As fibras residuais foram armazenadas sob congelamento (-20 °C) e transportadas para o Laboratório de Processos Agroindustriais da Embrapa Agroindústria Tropical, onde foram utilizadas como matéria-prima para a obtenção do extrato de caju (EC).

### ***Obtenção do extrato de Caju (EC)***

O processo de obtenção do extrato de caju (EC) seguiu o protocolo descrito por Abreu et al. (2013a, 2013b). Inicialmente, as fibras de caju foram misturadas com água (1:1, m/m) e enzima Ultra Pectinex SP-L (500 ppm), onde permaneceram por 1 hora a 50 °C. Após, a mistura foi prensada em uma prensa do tipo helicoidal contínua (Incomap 300), por cinco ciclos consecutivos, com a incorporação do extrato às fibras em cada ciclo de prensagem. No sexto ciclo, as fibras foram separadas do extrato e submetidas a mais uma prensagem, onde foi obtida uma suspensão de cor amarela. A suspensão foi pré-filtrada, através de uma malha de aço inoxidável de 0,3 mm, para remover grandes partículas em suspensão, e centrifugada por 5 minutos a 4500 rpm. O extrato foi então embalado em sacos de polietileno, onde foi congelado (- 20 °C) e estocado até que fosse realizada a etapa de concentração por microfiltração.

Na etapa de microfiltração, o extrato bruto foi submetido a um sistema de microfiltração equipado com membranas de cerâmica em óxido de alumínio. A microfiltração foi realizada em escala de laboratório usando um equipamento piloto de bancada, com um conjunto de 4 membranas monotubulares em série (MEMBRALOX Pall-Exekia), com área total de filtração de 0,022 m<sup>2</sup> e diâmetro médio de poro de 0,2 µm. A pressão transmembrana média foi de 2,75 bar, com temperatura controlada a 40 °C (± 2 °C). O processo foi conduzido sempre usando o fator de redução volumétrica de 16 (FRV = 16). Terminada a microfiltração as impurezas hidrossolúveis foram eliminadas por diafiltração e na sequência o EC obtido foi pasteurizado (85 °C/30 segundos) e armazenado em embalagens de vidro até o momento do uso.

### ***Efeito da temperatura e do pH na cor do ec durante o período de armazenamento refrigerado (5 °C)***

Para avaliação do efeito da temperatura e do pH na cor do EC durante o período de armazenamento refrigerado (5 °C), optou-se por utilizar um delineamento do tipo DCCR (Delineamento Central Composto Rotacional), considerando o pH e a temperatura como variáveis independentes do processo. Como respostas, os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  de cor foram avaliados nos seguintes tempos de armazenamento: tempo 0, tempo 1, tempo 3 e tempo 5 (semanas). Para o

delineamento, as amostras foram submetidas as condições definidas no planejamento. Inicialmente, as amostras tiveram o seu pH de aproximadamente 3,66 ajustado com ácido cítrico anidro PA-ACS (DINÂMICA) ou hidróxido de potássio 85% P.A. (VETEC), com valores de pH que variaram de 2,5 a 7,0. Em seguida, as amostras foram colocadas em frascos de vidro âmbar de 50 ml com tampas rosqueáveis e submetidas ao tratamento térmico, conforme definição do planejamento estatístico (Tabela 1).

**Tabela 1.** Valores utilizados no DCCR para avaliação de cor do extrato de caju (EC). Fonte: os autores.

Ensaio	Variáveis Independentes			
	pH		Temperatura	
	Codificado	Real	Codificado	Real (°C)
1	-1	3,2	-1	64
2	1	6,4	-1	64
3	-1	3,2	1	86
4	1	6,4	1	86
5	-1,41	2,5	0	75
6	1,41	7,0	0	75
7	0	4,8	-1,41	60
8	0	4,8	1,41	90
9	0	4,8	0	75
10	0	4,8	0	75
11	0	4,8	0	75

\*O tempo de processamento fixado em 60 minutos.

O tratamento térmico foi realizado utilizando banho- maria (Marconi, Brasil), durante 60 minutos. Os frascos foram armazenados em câmara de refrigeração com temperatura ajustada em 5 °C ( $\pm 2$  °C) e protegidos da luz. Nos tempos definidos, as amostras foram transferidas para tubos de ensaios transparentes e avaliadas quanto a cor (parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ), utilizando-se colorímetro de marca MINOLTA modelo CR 300. Os resultados também foram expressos através do diferencial de cor ( $\Delta E$ ), calculado segundo a equação:  $\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$ . Para o cálculo do  $\Delta E$ , foi utilizado a comparação com o controle, que não recebeu tratamento térmico adicional, e nem teve o pH ajustado.

### Análise estatística

Os dados obtidos no período experimental (0, 1, 3 e 5 semanas) foram avaliados pela análise de variância anova, e quando diferencias estadísticas as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) e análise de regressão, utilizando-se o programa estatístico Protimiza Experimental Design (versão 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cor é definida como o impacto dos comprimentos de onda da luz no espectro visível (390-760 nm) que pode ser detectado pelos olhos humanos (Wibowo et al., 2015). Embora a cor possa ser avaliada através da análise visual, é pertinente determinar a cor objetivamente, uma vez que a avaliação visual é subjetiva e pode ser tendenciosa. Além disso, as medidas de cores são valiosas para estimar a degradação da cor, portanto, prevendo mudanças químicas e de qualidade dos alimentos (Li et al., 2019). No presente estudo, a mudança de cor durante o processamento térmico e o armazenamento foi caracterizada através do espaço de cores CIELAB.

O parâmetro  $L^*$  indica a luminosidade da amostra. Para o presente trabalho, uma diminuição do seu valor significa que o EC se torna mais escuro, assim como um aumento no seu valor significa que o EC se torna mais claro. Já as coordenadas  $a^*$  e  $b^*$  indicam a intensidade de vermelho e verde e a intensidade de amarelo e azul, respectivamente. A diminuição nos valores dessas coordenadas significa que o EC se torna menos vermelho (ou mais verde) e menos amarelo (ou mais azul), respectivamente. Um aumento dessas coordenadas significa exatamente o inverso. Já o  $\Delta E$  quantifica a magnitude da diferença de cor entre as amostras submetidas aos diferentes tratamentos e armazenamento e a amostra controle (Wibowo et al., 2015).

Neste sentido, a Tabela 2 apresenta os resultados obtidos para os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  e  $\Delta E$  do extrato de caju (EC) submetido a diversas condições de processamento (pH e temperatura), para cada tempo de análise (0, 1º, 3º e 5º semana). Os parâmetros de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  foram avaliados estatisticamente, e são discutidos no próximo tópico. Para os resultados de  $\Delta E$ , todas as amostras foram comparadas ao controle (amostra sem ajuste de pH, e sem tratamento térmico adicional).

**Tabela 2.** Resultados experimentais referentes aos tempos 0, 1°, 3° e 5° semana, dos parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  e  $\Delta E$  de cor do extrato de caju (EC) submetido a diferentes condições de processamento. Fonte: os autores.

Ensaio	Tempo 0				Tempo 1				Tempo 3				Tempo 5			
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E$	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E$	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E$	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E$
1	62,37	1,67	56,05	1,97	61,62	0,62	53,01	0,52	60,89	0,03	50,61	<b>5,14</b>	61,97	1,06	53,86	0,93
2	59,50	6,00	53,93	<b>7,12</b>	59,11	4,59	50,25	<b>5,85</b>	59,03	5,15	49,82	<b>7,77</b>	59,26	4,59	48,85	<b>6,87</b>
3	61,58	2,35	54,28	4,04	60,93	1,10	51,90	1,90	60,25	0,16	49,09	<b>6,73</b>	61,08	0,52	50,62	3,07
4	59,64	6,60	52,23	<b>8,49</b>	58,16	4,88	48,14	<b>7,79</b>	58,04	5,46	48,10	<b>9,64</b>	57,20	4,18	45,05	<b>10,49</b>
5	66,68	3,86	63,60	<b>7,35</b>	64,04	2,38	57,59	<b>5,02</b>	63,83	1,79	56,38	1,77	64,08	1,24	55,91	3,15
6	58,38	6,61	51,51	<b>9,52</b>	58,09	6,06	49,20	<b>7,92</b>	57,91	6,88	48,31	<b>10,28</b>	57,05	5,31	45,56	<b>10,62</b>
7	60,18	1,69	51,17	<b>7,25</b>	59,99	1,30	50,91	3,26	59,79	1,33	50,28	<b>5,81</b>	59,24	0,58	47,36	<b>6,79</b>
8	58,32	2,74	48,01	<b>10,99</b>	57,91	2,34	47,05	<b>7,73</b>	57,59	2,03	46,45	<b>10,26</b>	57,70	1,87	45,76	<b>9,05</b>
9	59,22	2,17	50,01	<b>8,75</b>	59,20	2,15	50,14	4,55	58,87	2,03	48,97	<b>7,46</b>	58,69	1,44	47,61	<b>6,92</b>
10	59,28	2,06	50,13	<b>8,60</b>	59,27	2,21	49,94	4,68	59,31	2,51	50,21	<b>6,28</b>	59,13	1,48	48,07	<b>6,31</b>
11	59,39	2,55	50,30	<b>8,47</b>	58,98	1,87	49,76	4,87	58,56	1,37	47,25	<b>9,06</b>	58,96	1,18	47,43	<b>6,90</b>
<b>Controle</b>	63,00	1,19	57,85	-	61,93	0,56	53,41	-	62,63	1,04	55,33	-	62,33	0,48	53,41	-

(-) =  $\Delta E$  não calculado.

Valores médios de análises realizadas em triplicata.

Valores em negrito e itálico significam que o  $\Delta E > 5$  (as pessoas observam duas diferentes cores entre as amostras).

A discussão destes resultados é baseada nas faixas definidas por Mokrzycki e Tatol (2011), onde:  $0 < \Delta E < 1$  – não são observadas diferenças entre as amostras;  $1 < \Delta E < 2$  – somente pessoas treinadas observam as diferenças;  $2 < \Delta E < 3,5$  – pessoas sem treinamento também observam as diferenças;  $3,5 < \Delta E < 5$  – as diferenças são claramente observadas e  $5 < \Delta E$  – pessoas observam duas diferentes cores entre as amostras.

De uma forma geral, pode-se observar que os valores obtidos para as amostras são superiores a 5 em 73% dos ensaios, indicando que as pessoas observam facilmente duas diferentes cores entre as amostras. Isso ocorre, principalmente, nos ensaios onde foram utilizadas condições mais drásticas de temperatura (ensaio 8) e em condições mais alcalinas (ensaio 6). Essas considerações estão de acordo com a literatura, uma vez que Sampaio et al. (2013), que avaliaram a degradação térmica de carotenoides em óleo de palma (170 a 230 °C), observou que para todos os tratamentos de aquecimento fornecidos ao óleo de palma, a concentração de carotenoides diminuiu em função do tempo de aquecimento. Este desaparecimento, visível macroscopicamente por uma perda de cor, foi mais rápido à medida que a temperatura aumentava.

Adicionalmente, Qian et al. (2012), avaliando a estabilidade física e química de uma nano emulsão enriquecida com  $\beta$ -caroteno frente a distintas condições (incluindo pH e temperatura de estocagem), relataram que as maiores alterações de cor ocorreram quando utilizou-se temperaturas mais elevadas de armazenamento, que variaram de 5 a 55 °C. Porém, com relação ao pH, o efeito reportado por esses autores foi diferente do encontrado no presente trabalho: as maiores diferenças de cor entre as amostras ( $\Delta E$ ) ocorreram quando em condições de pH inferiores a 3. Isso pode ser explicado pela composição de carotenoides no EC, uma vez que os diferentes carotenoides podem apresentar diferentes resistências a degradação, como por exemplo, algumas xantofilas que são instáveis em meio alcalino e os 15 epóxi-carotenoides, que são instáveis em meio ácido (Mapelli-Brahm et al., 2020). Embora o  $\Delta E$  nos forneça importantes informações sobre a cor do EC, a discussão do efeito das condições de processamento é realizada com os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , no tópico a seguir.

### ***Parâmetros $L^*$ , $a^*$ e $b^*$***

Os resultados médios de todos os ensaios foram analisados estatisticamente. A ANOVA e o coeficiente de determinação para os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , dos diferentes tempos de armazenamento do EC, encontram-se nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

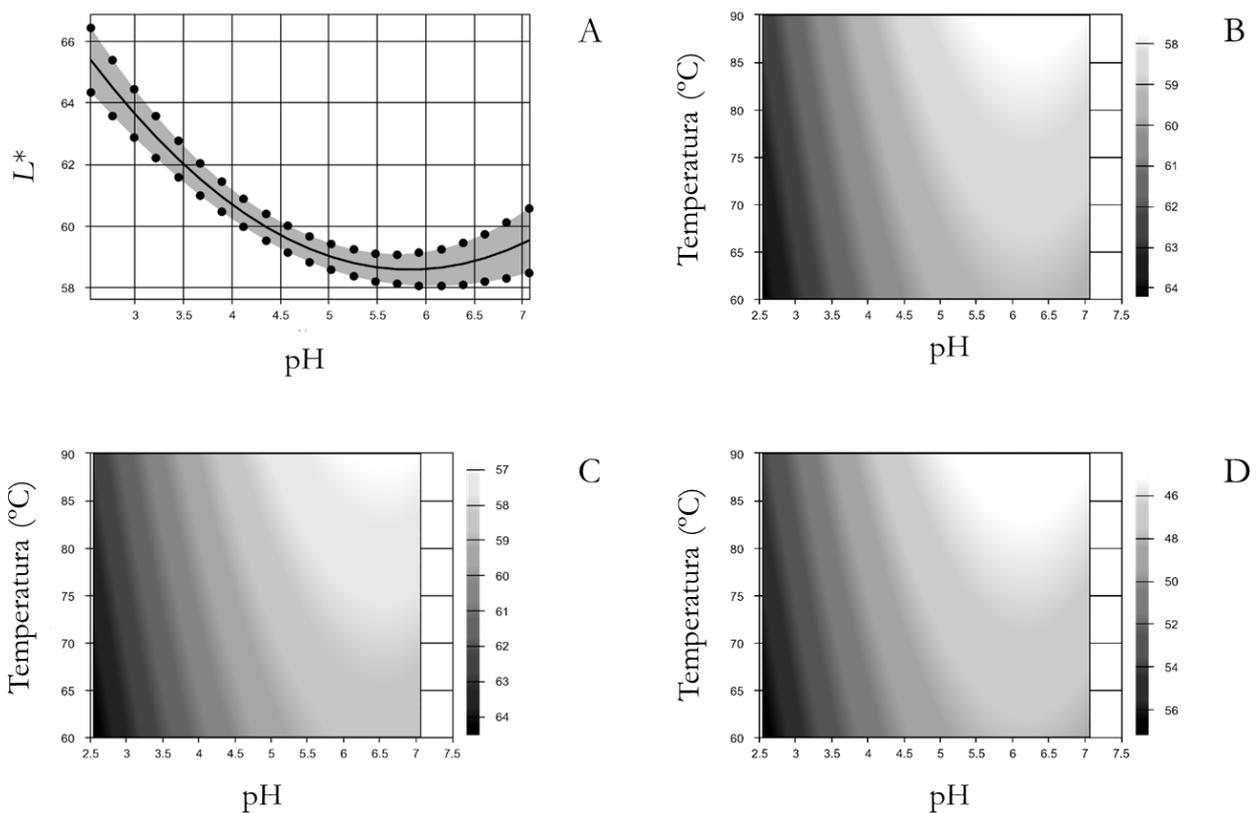
**Tabela 3.** ANOVA para os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  do extrato de caju (EC) frente a distintas condições de pH e temperatura nos tempos 0, 1°, 3° e 5° semana. Fonte: os autores.

Fonte de variação	Tempo (semanas)	Soma dos quadrados			Graus de liberdade			Quadrado médio			F-calc			p-valor		
		$L^*$	$a^*$	$b^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$
Regressão	0	50,1	34,7	157,7	2	2	5	25,1	17,3	31,5	24,7	32,6	7,3	0,0004	0,0001	0,0241
	1	32,0	28,1	73,9	2	2	5	10,7	14,0	14,8	47,2	60,2	16,3	0,0001	0,0000	0,0041
	3	28,0	47,3	38,9	3	2	2	9,3	23,6	19,4	20,6	69,5	5,4	0,0008	0,0000	0,0332
	5	43,5	27,7	11,5	5	5	3	8,7	5,5	37,2	23,7	18,4	34,1	0,0017	0,0031	0,0002
Resíduos	0	8,1	4,3	21,7	8	8	5	1,0	0,5	4,3	-	-	-	-	-	-
	1	1,6	1,9	4,5	7	8	5	5,0	0,2	0,2	-	-	-	-	-	-
	3	3,2	2,7	29,0	7	8	8	0,5	0,3	3,6	-	-	-	-	-	-
	5	1,8	1,5	7,6	5	5	7	0,4	0,3	1,1	-	-	-	-	-	-
Falta de ajuste	0	8,1	4,1	21,6	6	6	3	1,3	0,7	7,2	181,5	10,4	339,4	0,0055	0,0932	0,0029
	1	1,5	1,8	4,5	5	6	3	0,3	0,3	1,5	13,4	9,1	41,2	0,0709	0,1023	0,0238
	3	2,9	2,1	24,6	5	6	6	0,6	0,3	4,1	4,1	1,1	1,9	0,2094	0,5624	0,3912
	5	1,7	1,4	7,4	3	3	5	0,6	0,5	1,5	11,8	18,2	13,6	0,0793	0,0526	0,0698
Erro puro	0	0,0	0,1	0,0	2	2	2	0,0	0,1	0,0	-	-	-	-	-	-
	1	0,0	0,1	0,1	2	2	2	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-
	3	0,3	0,7	4,4	2	2	2	0,1	0,3	2,2	-	-	-	-	-	-
	5	0,1	0,1	0,2	2	2	2	0,0	0,0	0,1	-	-	-	-	-	-
Total	0	58,2	38,9	179,6	10	10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1	33,6	29,9	78,4	10	10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	31,2	50,0	67,9	10	10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	45,3	29,2	119,1	10	10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Tabela 4.** Coeficientes de determinação para os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  do extrato de caju (EC) frente a distintas condições de pH e temperatura nos tempos 0, 1°, 3° e 5° semana. Fonte: os autores.

Tempo (semanas)	Coeficiente de determinação – $R^2$ (%)		
	Parâmetro $L^*$	Parâmetro $a^*$	Parâmetro $b^*$
0	86,07	89,07	87,93
1	95,29	93,77	94,22
3	89,84	94,56	57,30
5	95,95	94,86	93,59

De uma forma geral, observa-se que os valores de  $R^2$  para o parâmetro  $L^*$  são satisfatórios (ver Tabela 4), uma vez que foram superiores a 85%, e que o F-calculado foi superior ao F-tabelado (ver Tabela 3). Desta forma, foi possível obter um modelo, e gerar a curva de contorno para cada tempo avaliado (Figura 2).

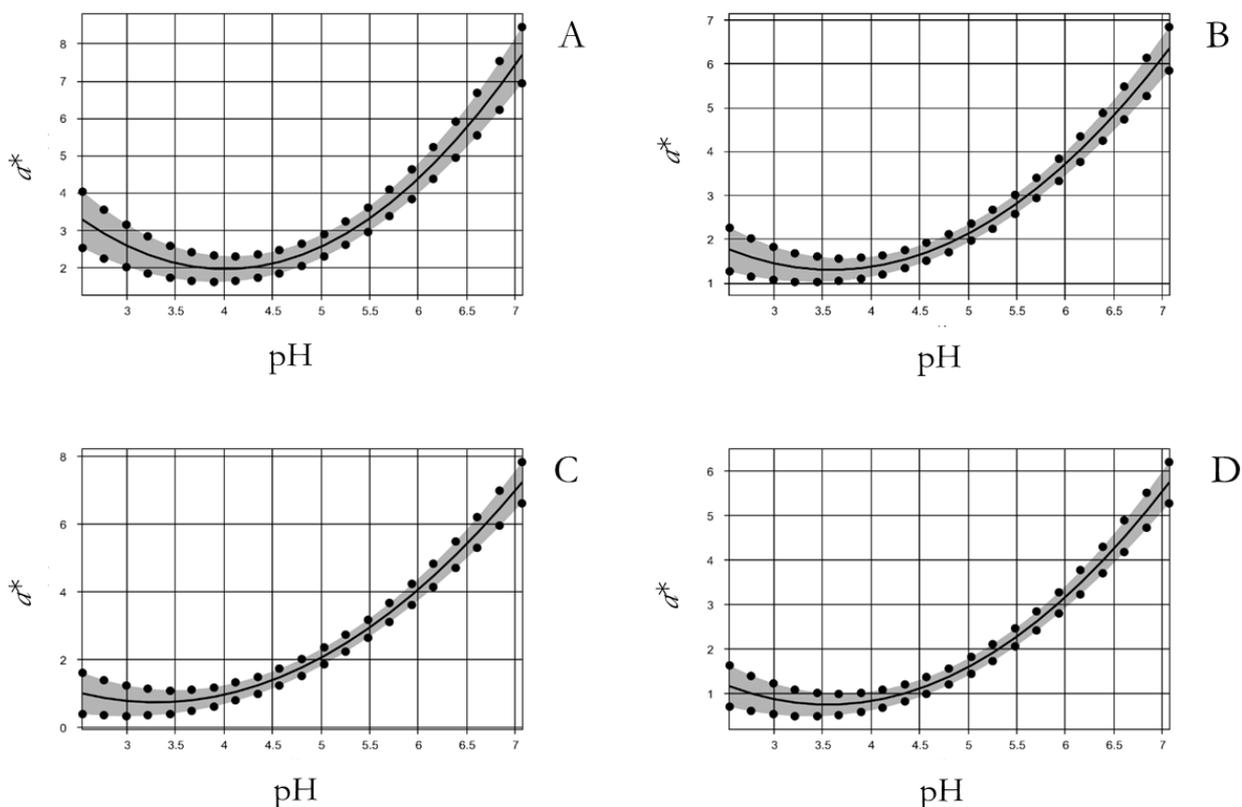


**Figura 2.** Curvas de contorno para o parâmetro  $L^*$  do extrato de caju (EC) obtido das fibras do pedúnculo de caju frente a distintas condições de pH e temperatura. **A** – EC tempo 0; **B** – EC tempo 1 semana; **C** – EC tempo 3 semanas; e **D** – EC tempo 5 semanas. Fonte: os autores.

Os resultados das curvas de contorno demonstram que, após o processamento, a única variável que afetou o parâmetro  $L^*$  de cor foi o pH (parâmetro linear), onde com o aumento de pH houve uma diminuição da luminosidade do produto (Figura 2A). A partir da 1ª semana de estocagem já é possível observar a influência da temperatura (Figura 2B, 2C e 2D), mostrando que um pH mais alcalino, e temperatura mais elevada, os valores de  $L^*$  são inferiores.

Entretanto, considerando que o extrato EC é uma mistura de amarelo e vermelho, os parâmetros  $a^*$  e  $b^*$  foram considerados como os principais parâmetros físicos que descrevem a alteração visual de cor durante os processos térmicos. Estas considerações também foram realizadas por Ahmed et al.(2002), que avaliaram o efeito do processamento em purê de mamão papaia, e consideraram os parâmetros  $a^*$  e  $b^*$  como aqueles que descreveriam as alterações do purê, quando submetidos a diferentes temperaturas, que variaram de 70 a 105 °C, por 3 horas.

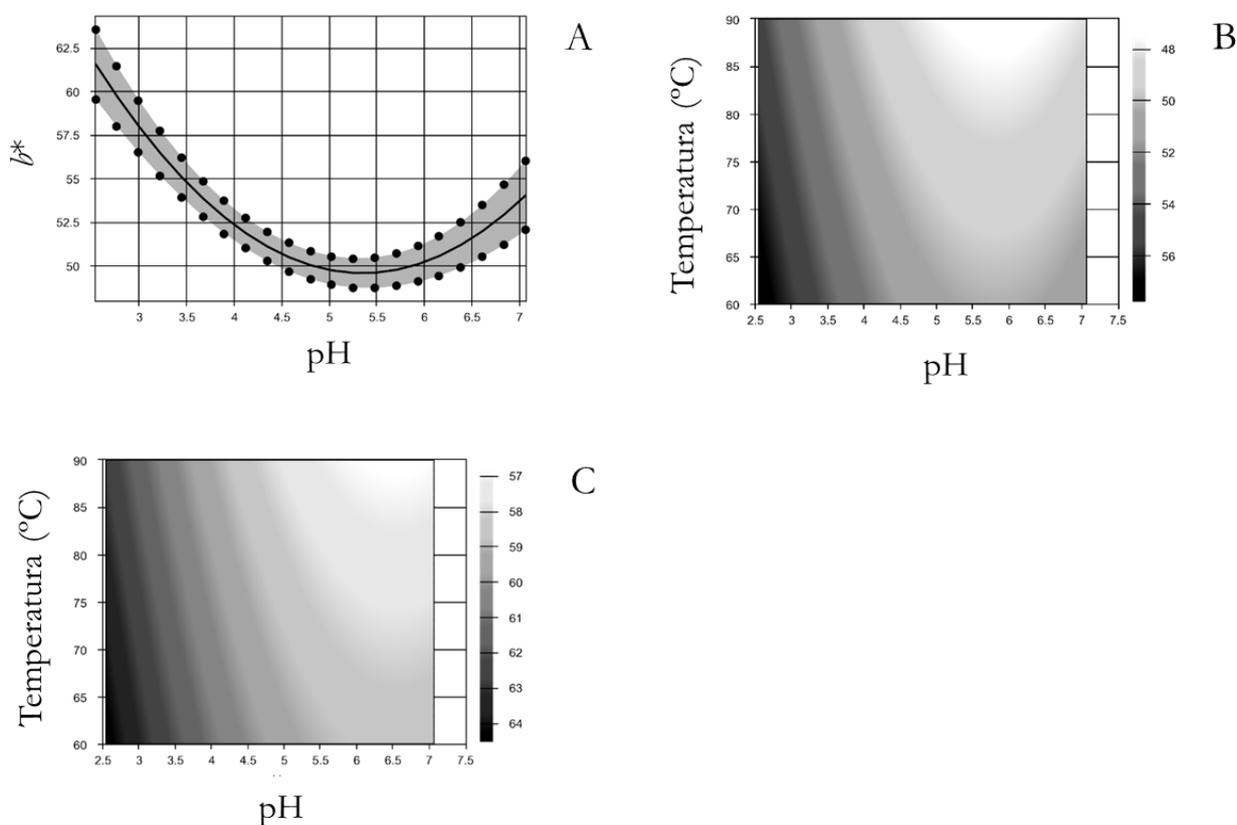
De uma forma geral, pode-se observar que os valores de  $R^2$  para o parâmetro  $a^*$  são satisfatórios (ver Tabela 4), uma vez que são superiores a 85%, e que o F-calculado foi superior ao F-tabelado (ver Tabela 3). Desta forma, foi possível obter um modelo, e gerar a curva de contorno para cada tempo avaliado (Figura 3).



**Figura 3.** Parâmetro  $a^*$  do extrato de caju (EC) obtido das fibras do pedúnculo de caju frente a distintas condições de pH e temperatura. **A** – EC tempo 0; **B** – EC tempo 1 semana; **C** – EC tempo 3 semanas; e **D** – EC tempo 5 semanas. Fonte: os autores.

Os resultados mostram, para todos os tempos avaliados, que o pH (parâmetro linear) foi a única variável que exerceu efeito no parâmetro  $a^*$  de cor, que varia do verde (-) ao vermelho (+). Além disso, os menores valores de  $a^*$  ocorreram em menores valores de pH. Assim, menores valores de pH indicaram o EC como mais verde, quando comparado ao EC em condições mais alcalinas.

Diferentemente dos resultados obtidos nos parâmetros  $L^*$  e  $a^*$ , para o parâmetro  $b^*$  não foi possível obter um modelo válido em todos os tempos avaliados. Embora para os tempos de 0, 1° e 5° semana tenha apresentado valores de  $R^2$  elevados (87,93; 94,22 e 93,59%, respectivamente), para o 3° tempo de armazenamento, o  $R^2$  explicou somente 57,32% das respostas) (ver Tabela 4). Desta forma, foi possível obter um modelo válido e gerar a curva de contorno somente para os tempos 0, 1° e 5° semana (Figura 4).



**Figura 4.** Parâmetro  $b^*$  do extrato de caju (EC) obtido das fibras do pedúnculo de caju frente a distintas condições de pH e temperatura. **A** – EC tempo 0; **B** – EC tempo 1 semana; **C** – EC tempo 5 semanas. A curva de contorno do tempo 3 não foi gerada, pois não foi possível obter modelo válido. Fonte: os autores.

Os resultados são semelhantes aos da luminosidade do EC ( $L^*$ ). O parâmetro  $b^*$ , que varia do azul (-) ao amarelo (+), foi afetado somente pelo pH no tempo inicial, onde valores maiores de  $b^*$  ocorreram em valores de pH inferiores. A partir da 1° semana de armazenamento, a temperatura

(parâmetro linear) também influenciou significativamente a cor da amostra, onde os menores valores de  $b^*$  ocorreram quando se utilizou maiores temperaturas, em pH mais alcalino. Isso ocorreu também na 5ª semana de armazenamento. Em um trabalho realizado por Ahmed et al. (2002) foi estudada a cinética de degradação dos carotenoides e a cor visual de um purê de papaia. Observou-se que, da mesma forma como ocorreu no presente trabalho, os valores de  $b^*$  diminuíram com o processamento térmico do purê, sendo correlacionados com a diminuição da concentração de carotenoides.

## CONCLUSÕES

A cor do EC é afetada por condições de pH (2,5 a 7,0) e temperatura (60 a 90 °C), sendo os maiores efeitos causados por condições mais alcalinas de pH e temperaturas mais elevadas. Isso limita a aplicação do EC, como corante natural, em algumas matrizes alimentares, especialmente aquelas que possuem pH em torno da neutralidade e utilizam em seu processamento temperaturas mais elevadas. Por outro lado, pode ser empregado, sem perdas significativas de suas características, em uma ampla gama de produtos alimentícios, principalmente os de alta acidez, a base de frutas ou bebidas lácteas, e submetidos a tratamento térmico brando.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu AP de, Dornier M., Pallet D, Reynes M, Vaillant F, Furlani FCT (2013b). Processo de concentração e purificação de extrato obtido a partir de resíduos de pseudofruto de caju e produto de elevado teor de carotenoides. Pedido Internacional no PCT/BR2013/000130. Instituição promotora/financiadora: Embrapa/CIRAD.
- Abreu FAP, Dornier M, Dionisio AP, Carail M, Caris-Veyrat C, Dhuique-Mayer C (2013a). Cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) extract from by-product of juice processing: A focus on carotenoids. *Food Chemistry*, 138: 25-31.
- Ahmed J, Shivhare US, Sandhu KS (2002). Thermal Degradation Kinetics of Carotenoids and Visual Color of Papaya Puree. *Food Engineering and Physical Properties*, 67(7).
- Anastácio LB, Oliveira DA, Delmaschio CR, Antunes LMG, Chequer FMD (2016). Corantes alimentícios amarantho, eritrosina B e tartrazina, e seus possíveis efeitos maléficos à saúde humana. *Journal of Applied Pharmaceutical Sciences*, 2(3): 16-30.
- Arocas A, Varela P, González-Miret ML, Salvador A, Heredia FJ, Fiszman SM (2013). Differences in colour gamut obtained with three synthetic red food colourants compared with three natural ones: pH and heat stability. *International Journal of Food Properties*, 16: 766-777.

- Borth KW, Ferreira R, Galante D, Anaissi FJ, Valenga MGP (2019). Comportamento Estrutural e Morfológico e Estudo das Propriedades Colorimétricas e Refletivas de Pigmentos Inorgânicos Comerciais. *South African Journal of Chemistry*, 72: 215-221.
- Galaffu N, Bortlik K, Michel M (2015). An industry perspective on natural food colour stability. In: *Colours Additives for Foods and Beverages*. 130p.
- Howell BF, Schifferstein HNJ (2019). How neutral coloured backgrounds affect the attractiveness and expensiveness of fresh produce. *Food Quality and Preference*, 78.
- Jespersen L, Stromdahl LD, Olsen K, Skibsted LH (2005). Heat and light stability of three natural blue colorants for use in confectionery and beverages. *European Food Research and Technology*, 220: 261-266.
- Li F, Yan H, Li W, Zhao J, Ming J (2019). A Comparative Study of the Effects of Ultrafiltration Membranes and Storage on Phytochemical and Color Properties of Mulberry Juice. *Journal of Food Science*.
- Mapelli-Brahm P, Barba FJ, Remize F, Garcia C, Fessard A, Khaneghah AM, Sant'Ana AS, Lorenzo JM, Montesano D, Meléndez-Martínez AJ (2020). The impact of fermentation processes on the production, retention and bioavailability of carotenoids: An overview, *Trends in Food Science & Technology*, 99: 389-401.
- Mokrzycki W, Tatol M (2011). Color difference Delta E: a survey. *Machine Graphics and Vision*, Warszawa, 20 (4): 383-411.
- Papalia T, Sidari R, Panuccio MR (2019). Impacto de Diferentes Métodos de Armazenamento em Compostos Bioativos em *Arthrospira platensis* Biomass. *Molecules*, 24: 2810.
- Qian C, Decker EA, Xiao H, McClements DJ (2012). Physical and chemical stability of b-carotene-enriched nanoemulsions: influence of pH, ionic strength, temperature, and emulsifier type. *Food Chemistry*, 132: 1221-1229.
- Ribeiro JS (2019). Food Additives: Natural Food Dyes. *Annals of Nutrition & Food Science*, 3(1): 1040.
- Rodríguez-Amaya DB (2018). Update on natural food pigments - A mini-review on carotenoids, anthocyanins, and betalains. *Food Research International*. 124: 200-205.
- Rodríguez-Amaya DB, Kimura M, Amaya-Farfán J (2008). Fontes brasileiras de carotenoides: tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos. Brasília: MMA/SBF. 100p.
- Sampaio KA, Ayala JV, Silva SM, Ceriani R, Verhé R, Meirelles AJA (2013). Thermal degradation kinetics of carotenoids in palm oil. *Journal of the American Oil Chemistry Society*, 90: 191-198.
- Valduga E, Tatsch PO, Tiggemann L, Treichel H, Toniazzo G, Zeni J, Di Luccio M (2009). Produção de carotenoides: microrganismos como fonte de pigmentos naturais. *Química Nova*, São Paulo, 32(9): 2429-2436.

Volp ACP, Renhe IRT, Stringueta PC (2009). Pigmentos naturais bioativos. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, 20(1): 157-166.

Wibowo S, Vervoot L, Tomic J, Santiago JS, Lemmens L, Panozzo A, Grauwet T, Mendrickx M, Loey AV (2015). Colour and carotenoid changes of pasteurised orange juice during storage. *Food Chemistry*, 171: 330-340.

## Determinação de parâmetros de qualidade de frutos da região amazônica durante o amadurecimento

Recebido em: 11/09/2020

Aceito em: 15/09/2020

 10.46420/9786588319277cap3

Silvia de Oliveira Freitas<sup>1</sup> 

Yves José de Souza Santos<sup>1</sup> 

Gisele Teixeira de Souza Sora<sup>2</sup> 

Ladyslène Christyns de Paula<sup>2</sup> 

Luís Fernando Polesi<sup>2</sup> 

Gabrieli Oliveira-Folador<sup>2\*</sup> 

### INTRODUÇÃO

A região amazônica apresenta uma vasta extensão territorial que compreende diversidade em flora e fauna. Muitos frutos, nativos desta região, são ainda desconhecidos pela população brasileira e comunidade científica. Entre esses frutos, tem-se o araçá-boi (*Eugenia stipitata*) frutífera da família Myrtaceae nativo da região amazônica, família a qual pertence a goiaba e jabuticaba. O murumuru (*Astrocaryum murumuru*), fruto de palmeiras da família Arecaceae, na qual também se inserem o babaçu, pupunha e tucumã, que se desenvolve em florestas nativas da região amazônica em áreas próximas a alagados (Pereira et al., 2006), e o Biribá (*Rhollinea Orthopetala* ou *Rollinia Mucosa*), pertencente à família das Annonaceae, da qual também pertencem a graviola, a pinha, a cherimóia e a atemóia (Ferreira; Ribeiro, 2006).

O araçá-boi é um fruto de coloração amarelo-clara, pouco fibroso, possuindo de 4 a 10 sementes oblongas com 0,5 a 1 cm de comprimento (Figura 1), é composto por uma polpa esbranquiçada, succulenta, e ácida, que representa 86% de sua composição física e sua fina casca o torna susceptível ao amassamento durante o transporte (Carvalho; Muller, 2005; Teixeira et al., 2013). Seu elevado rendimento da polpa, o torna importante do ponto de vista industrial. Por ser um fruto com elevado teor de acidez, seu consumo in natura é limitado, sendo destinado para processamento na indústria de doces, geleias e afins (Teixeira et al., 2013).

<sup>1</sup> Graduado em Engenharia de Alimentos. Departamento de Engenharia de Alimentos, Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Campus de Ariquemes.

<sup>2</sup> Docente, 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.

\* Autor de correspondência:gabrieli.oliveira@unir.br



**Figura 1.** Fruto aracá-boi. Fonte: frutiferas.com.br (2020).

O murumuru (Figura 2), apresentam diferentes características físicas, com variação em tamanho, formato e coloração, e quando maduros seu epicarpo é amarelo (Silva et al., 2010). O comprimento do fruto pode variar de 3 cm a 8,5 cm, com peso médio de 8 g. A cor pode variar de marrom-clara a amarelo-ouro (Bezerra, 2012).



**Figura 2.** Fruto murumuru. Fonte: Bezerra (2012).

O biribá é um fruto considerado grande, composto de muitos carpelos unidos com muitas saliências piramidais, formadas pelos ovários que se tornam carnosos e se soldam durante a manutenção do fruto. Seu diâmetro varia de 7 a 9 cm e podem chegar a medir de 9,5 a 18 cm de comprimento (Figura 3). O peso também é variável, podendo ser encontrados frutos de 250 a 1.710 gramas. Quando maduros, possuem uma casca escamosa de cor castanha-clara para amarela-creme ou dourada (Silva, 2007).



**Figura 3.** Fruto biribá. Fonte: Frutas do Brasil (2020).

Para conhecer a composição química dos frutos, principalmente destes frutos nativos da região amazônica, ainda não comercializados e não industrializado e entender melhor suas características, devem ser realizadas análises dos parâmetros de qualidade. Os parâmetros de qualidade dos frutos estão relacionados as características físico-químicas, que são influenciadas por reações bioquímicas que ocorrem da maturação até a senescência (Carvalho, 2013). Os parâmetros de qualidade têm seu ápice de desenvolvimento durante a fase de maturação dos frutos. Tais parâmetros são avaliados, por características intrínsecas ( $^{\circ}$ Brix, acidez, vitaminas, conteúdo de açúcares e ácido entre outros) e extrínsecas (formato, cor, tamanho) dos frutos, sendo que ambas podem ser associadas à padronização e influenciam diretamente na escolha do consumidor (Bureau et al., 2009)

Diante do exposto, compreende-se a necessidade de ampliar o conhecimento científico acerca da composição química dos frutos da região amazônica, ainda tão pouco utilizados na indústria e com escassez de dados na literatura. Assim sendo, o objetivo deste capítulo foi avaliar os parâmetros de qualidade de três diferentes frutos da região amazônica, arará-boi, murumuru e biribá, durante o período de amadurecimento.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### ***Aquisição e preparo dos frutos***

Os frutos foram obtidos na região de Ariquemes – RO. Assim que colhidos, os frutos foram transportados para o laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Rondônia (UNIR), campus de Ariquemes. Foram inspecionados, selecionando os que não apresentavam danos mecânicos e uniformidade na coloração e, posteriormente, foram lavados e sanitizados de acordo com Bastos (2006). Após a sanitização, os frutos foram armazenados em recipientes plásticos com cobertura de um filme. Todas as amostras foram armazenadas a temperatura ambiente.

### ***Determinação dos parâmetros de qualidade dos frutos durante o armazenamento***

As análises para determinação dos parâmetros de qualidade dos três frutos foram realizadas a cada três dias: 0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias de armazenamento ou até atingirem a fase de senescência (impróprios para o consumo e transporte).

#### ***Perda de peso***

A determinação da perda de peso foi realizada de acordo com Carvalho (2013). Todos os frutos foram pesados em balança semi analítica no início das análises (tempo 0), nos tempos 3, 6, 9, 12 e 15 e senescência. Os resultados da perda de peso (Pp) foram expressos em porcentagem e avaliados pela Equação 1. Onde: Pp = perda de peso (%), PI = peso inicial (g), e PF = peso final (g).

$$Pp = \frac{PI - PF}{PI} * 100 \quad (1)$$

#### ***Firmeza***

A firmeza foi avaliada segundo a metodologia proposta por Moura (2013). O penetrômetro (INSTRUTHERM- PTR 300), com ponteira de 3 mm, foi apoiado sobre o fruto e a firmeza foi registrada de acordo com o grau de maturação do fruto. O resultado encontrado foi expresso em kgf.

#### ***Vitamina C (ácido ascórbico)***

O teor de ácido ascórbico foi determinado pelo método Tillmans (titulométrico) modificado e se baseia na redução de 2,6-diclorofenol-indofenol (DCFI) pelo ácido ascórbico da amostra (Carvalho et al., 1990).

#### ***pH***

Os valores de pH das amostras de araçá-boi, murumuru e biribá foram determinados conforme procedimento descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). O instrumento utilizado para medidas de pH (EDUTECH-EEQ9002G-2), incluiu o eletrodo calibrado com soluções-tampão de pH 4,0 e 7,0.

#### ***Acidez Titulável (AT)***

A determinação da acidez titulável foi realizada seguindo as normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). O método baseia-se na titulação potenciométrica da amostra com solução de hidróxido de sódio, onde se determina o ponto de equivalência pela medida do pH da solução. A titulação com solução de hidróxido de sódio 0,1 M seguiu até atingir pH 8,2.

**Conteúdo de Sólidos Solúveis (CSS)**

O CSS foi determinado conforme protocolo do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008) por refratometria, com utilização de refratômetro (EDUTECH-EEQ9006A2) com escala de 0°Brix a 32°Brix, devidamente aferido com água destilada e o resultado foi expresso em °Brix.

**Conteúdo de Açúcares Redutores**

O conteúdo de açúcares redutores foi determinado por espectrofotometria segundo a metodologia de Somogy (1945) e Nelson (1944). A determinação de açúcares pelo método de Somogy-Nelson é baseada nas propriedades redutoras dos açúcares, pela reação da hidroxila hemiacetalica dos monossacarídeos.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados dos parâmetros de qualidade obtidos para os três frutos durante o armazenamento a temperatura ambiente são apresentados na Tabela 1. Foi observado que os três frutos apresentaram um amadurecimento acelerado, apenas 3 dias, seguindo para a rápida senescência e degradação. Possivelmente a temperatura ambiente (aproximadamente  $29 \pm 1$  °C) acelerou este processo o que se torna um problema, pois na região amazônica, a temperatura ambiente pode alcançar facilmente esta temperatura, durante o ano todo (Ageitec, 2020).

**Tabela 1.** Parâmetros de qualidade dos frutos armazenados em temperatura ambiente. Fonte: os autores.

Parâmetros de qualidade	Araçá-boi		Murumuru		Biribá	
	Tempo (dias)					
	0	3	0	3	0	3
Perda de peso (%)	0	11,35	0	10,13	0	10,21
Firmeza (Kgf)	$0,60 \pm 0,1$	$0,15 \pm 0$	$1,01 \pm 0,2$	$0,9 \pm 0,2$	$0,99 \pm 0,1$	$0,78 \pm 0,1$
Vitamina C (mg 100 g <sup>-1</sup> )	$12,5 \pm 0$	$11,4 \pm 0$	$4,23 \pm 0$	$16 \pm 0,2$	$3,53 \pm 0,1$	$5,30 \pm 0,1$
pH	$3,39 \pm 0$	$3,38 \pm 0$	$4,6 \pm 0,1$	$5,4 \pm 0,1$	4,31	5,34
AT (%)	$6,56 \pm 0,1$	$1,93 \pm 0$	$0,63 \pm 0,1$	$0,56 \pm 0,2$	$5,8 \pm 0,1$	$1,43 \pm 0,1$
CSS (°Brix)	$3 \pm 0$	$2,10 \pm 0$	$15,1 \pm 0$	$17,4 \pm 0,1$	$14,7 \pm 0,2$	$16,8 \pm 0$
AR (g 100 g <sup>-1</sup> )	$0,13 \pm 0$	$0,15 \pm 0$	$5,04 \pm 0$	$9,08 \pm 0$	-	-

A perda de peso apresentou um aumento progressivo com o tempo de armazenamento em temperatura ambiente, para os três frutos, como mostra a Tabela 1. Verificou-se que os frutos de araçá-boi, a perda de peso foi ligeiramente mais acentuada. Esse fator pode ser atribuído a característica da casca do fruto, que apresenta espessura fina (Soares, 2009). A perda de peso, é consequência da

respiração, transpiração, temperatura e umidade do ambiente. A taxa de transpiração dos frutos, culmina com a perda de água dos mesmos, influenciando em parâmetros como rendimento da polpa, vida útil no pós-colheita (Borba et al., 2014; Carvalho, 2013). Esse fenômeno faz com que condições não apropriadas de transporte e armazenamento afetem diretamente na qualidade final do produto e no valor econômico do mesmo (Silva et al., 2000).

A firmeza dos três frutos decresceu durante o armazenamento (Tabela 2). Segundo Braga et al. (2018), a perda de firmeza é resultado de reações bioquímicas que ocorrem durante a maturação por ação de enzimas como protopectinases, estereases e despolimerases que, solubilizam pectinas, ácidos pécticos e hemicelulose presentes na parede celular do fruto, culminando no seu amolecimento.

A concentração de ácido ascórbico diminuiu 8,3% para os frutos de araçá-boi. De acordo com Danielli et al. (2009), o ácido ascórbico é uma vitamina hidrossolúvel e termolábil, sendo rapidamente oxidada quando exposta ao ar. Soares (2009) determinou a concentração de vitamina C em frutos de araçá-boi (*Eugenia Stipitata McVaugh*) em estágio de maturação comercial e averiguou um teor de 1,2 mg 100 g<sup>-1</sup>. Sacramento et al. (2008), analisaram este constituinte em polpas de araçá-boi comercializadas no estado da Bahia e, verificaram um valor de 0,53 mg 100 g<sup>-1</sup>. Em ambos os trabalhos, os valores encontrados de vitamina C foram menores do que os encontrados neste estudo. Vale destacar que essa diferença encontrada pode estar relacionada as diferenças nas condições de cultivo (solo, clima) e estágio de maturação. Além disso, Frija (2012) ressalta que a perda de ácido ascórbico está associada a manipulação, corte, armazenamento e ainda perda de umidade.

Por outro lado, os valores de vitamina C para os frutos murumuru e biribá aumentaram com o tempo de armazenamento (Tabela 1). De acordo com Oliveira et al. (2019) o aumento da vitamina C, pode ocorrer, em alguns casos específicos, pois, este composto pode ser sintetizado para agir como um protetor, um antioxidante. A vitamina C é o primeiro componente na linha de defesa contra radicais (Bendich; Langseth, 1995).

Foi observado um aumento nos valores de pH para os frutos de murumuru e biribá durante o tempo de armazenamento (Tabela 1). O pH é um parâmetro inversamente proporcional a acidez. Durante a maturação ocorre a degradação dos ácidos orgânicos, que influenciam diretamente na diminuição da acidez e conseqüente aumento do pH, indicando uma amostra menos ácida. Por outro lado, alguns ácidos orgânicos como o ácido málico tem tendência de aumentar no início da maturação, decrescendo seus valores até a maturação completa (Chitarra; Chitarra, 2005; Elias, 2008; Rogez et al., 2004).

A redução da acidez titulável, foi observada para os três frutos (Tabela 1). Chitarra e Chitarra (2005), explicam que a redução da acidez ocorre devido o consumo dos ácidos orgânicos, pelo ciclo de

Krebs para produção de ATP, no pós-colheita quando cessa a utilização da glicose para produção de energia.

Em relação ao conteúdo de sólidos solúveis, parâmetro que indica a doçura dos frutos, foi perceptível a redução para os frutos de araçá-boi (Tabela 1). Sacramento et al. (2008) também analisando estes frutos e observaram valores de 5,54 °Brix. Para os frutos de murumuru e biribá observou-se um acréscimo deste parâmetro (CSS). Este aumento pode ser atribuído a alta concentração de vitamina C, observada nestes dois frutos no terceiro dia de armazenamento.

Durante o armazenamento os níveis de açúcares aumentaram para os frutos araçá-boi e murumuru. Não foi possível determinar a concentração de açúcares nos frutos de biribá. Normalmente, durante a maturação os níveis de amido decrescem, e sua hidrólise tem como produto os açúcares (Botrel et al. 2001). Andrade et al. (1993) obtiveram valores mais elevados de açúcares redutores (2,9 g 100 g<sup>-1</sup>) para araçá-pera (*Psidium acutangulum* D.C). Andrade et al. (1997) observaram valores de 0,99 g 100 g<sup>-1</sup> para o araçá-boi (*Eugenia Stipitata* McVaugh).

## CONCLUSÃO

Constatou-se que os três frutos tiveram um curto tempo de vida útil, apenas 3 dias. Com os resultados das análises dos parâmetros de qualidade realizadas, constatou-se que o araçá-boi é um fruto predominantemente ácido enquanto os outros dois, murumuru e biribá apresentaram características mais adocicadas.

A escassez de dados na literatura, revela que há muito para ser avaliado sobre estas matérias-primas. Os frutos da região amazônica são dotados de características específicas, que lhes tornam interessantes tanto para utilização nas indústrias de cosméticos, medicamentos e alimentos. Entender seus processos fisiológicos de maturação facilitará a escolha do melhor método para armazenar e distribuir os frutos por um período prolongado. Conhecer e divulgar suas características físico químicas possibilitará utilizá-los de maneira mais adequada para desenvolvimentos de produtos nas indústrias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÇÁ-BOI (*Eugenia Stipitata*). Frutíferas: Araçá-boi. Disponível em: <<https://www.frutiferas.com.br/araca-boi>>. Acesso em 10/09/2020.

AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/especies\\_arboreas\\_brasileiras/arvore/CONT000fuvfsv3x02wyiv80166sqfi5balq6.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/especies_arboreas_brasileiras/arvore/CONT000fuvfsv3x02wyiv80166sqfi5balq6.html)>. Acesso em 15/09/2020.

Andrade JS, Aragão CG, Ferreira SAN (1993). Caracterização física e química dos frutos de araçá-pera (*Psidium acutangulum* D.C.). *ACTA Amazônica*, 23(2): 213-217.

- Andrade JS, Ribeiro FCF, Aragão CG, Ferreira SAN (1997). Adequação tecnológica de frutos da amazônia: Licor de araçá-boi (*Eugenia Stipitata*) McVAUGH. *ACTA amazônia*. 27(4): 273-278.
- Bastos MSR (2006). Embrapa Informação Tecnológica. *Processamento Mínimo de Frutas*. Brasília -DF. 38 p.
- Bendich A, Langseth L (1995). The health effects of vitamin c supplementation, a review. *Journal American College Nutrition*, 14(2): 124-136.
- Bezerra VS (2012). Embrapa Comunicado Técnico 130. *Considerações sobre a palmeira murumuruzeiro* (*Astrocaryum murumuru* Mart.). Macapá-AP. 6p.
- Borba KB, Calbo AG, Ferreira MD (2014). Medida do poder evaporativo no ambiente de armazenamento de hortaliças utilizando atmômetro de pós-colheita. *Simpósio Internacional de Instrumentação Agropecuária (SLAGRO)* p.261-264.
- Botrel N, Silva OF, Bittencourt AM (2001). Procedimentos Pós-colheita. In: Matsuura FCAU, Folegatti MIS (Eds.). *Banana. Pós-colheita*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 32-39.
- Bureau S, Ruiz D, Reich M, Gouble B, Bertrand D, Audergon JM, Renard CMGC (2009). Rapid and non-destructive analysis of apricot fruit quality using FT-near-infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 113(4): 1323 - 1328.
- Braga MA, Marques TR, Simão AA, Botelho LNS, Oliveira LS, Abreu CMP (2018). Mechanism of firmness loss in guava cv. Pedro Sato during ripening at room temperature. *Food Science and Technology*. 38(1): 36-32.
- Carvalho CRL, Mantonovi MB, Carvalho PRN, Moraes RMM (1990). Manual técnico do Instituto Tecnologia de Alimentos. *Análises químicas de alimentos*. Campinas: ITAL.
- Carvalho JE, Muller CH, (2005). Biometria e rendimento percentual de polpa de frutas nativas da Amazônia. *Embrapa*. Comunicado técnico 139. Belém-PA.
- Carvalho SF (2013). Produção, qualidade e conservação pós-colheita de frutas de diferentes cultivares de morangueiro nas condições edafoclimáticas de Pelotas-RS. Dissertação (Mestrado em ciências) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 103p.
- Chitarra MIF, Chitarra AB (2005). *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e pós-colheita*. 2 ed. Editora: UFLA, Lavras. 785p.
- Danielli F, Costa LRLG, Silva LC, Hara ASS, Silva AA (2009). Determinação de vitamina c em amostras de suco de laranja in natura e amostras comerciais de suco de laranja pasteurizado e envasado em embalagem tetra park. *Revista Instituto Ciência e Saúde*, 27(4): 361-365.
- Elias HHS (2008). Caracterização física, química e bioquímica de cultivares de videira durante a maturação (2008). Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 83p.

- Ferreira MGR, Ribeiro GD (2006). Coleção de fruteiras tropicais da Embrapa Rondônia. *Embrapa: Comunicado técnico* 306. Porto Velho-RO.
- Frija SN (2012). Alterações nutricionais, organolépticas e de textura dos produtos hortícolas conservados – uma revisão. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Segurança alimentar) - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa. 97p.
- FRUTAS DO BRASIL. Web laranja-frutas do Brasil-região Norte- biribá. Disponível em: <https://m.weblaranja.com/cozinhando/frutasbr/index.php?view=detail&frutaId=23>. Acesso em 10/09/2020.
- Instituto Adolfo Lutz (2008). Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos físico e químicos para análise de alimentos. 4 ed. Editora: Instituto Adolfo Lutz, São Paulo. 1020p.
- Nelson NA (1944). Photometric adaption of the somogy method for the determination of glucose. *Journal of Biological Chemists*, 153(1): 375-384.
- Moura PHA (2013). Cobertura Plástica e densidade de Plantio na Produção e Qualidade das Frutas de *Physalis peruviana* L. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras. Lavras-MG. 49p.
- Oliveira J, Santos YJS, Freitas SO, Polesi LF, Oliveira-Folador G (2019). Effects of application of ultrasound waves in the shelf life of amazon fruit: araçá-boi. *Brazilian Journal of Food Research*, 10(1): 117-128.
- Pereira SSC, Bezerra VS, Ferreira LAM, Lucien VG, Carim MJV, Guedes MC (2006). Avaliações físico-químicas do fruto de urumuzeiro (*Astrocaryum Murumuru*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL., *Anais*. Varginha: UFLA, 2006. p.576-580.
- Rogez H, Buxant R, Mignolet E, Souza JNS, Silva EM, Larondelle Y (2004). Chemical composition of the pulp of three typical Amazonia fruits. *European food research technology*, 218(4): 380–384.
- Sacramento CK, Barretto WS, Faria JC (2008). Araçá boi :uma alternativa para agroindústria. *Bahia agrícola*, 8(2) p.22-24.
- Silva JS, Finger FL, Corrêa PC (2000). Armazenamento de frutas e hortaliças. In: Silva JS (Eds.). *Secagem e armazenagem de produtos agrícolas*. Viçosa: Aprenda Fácil. p.469-502.
- Silva EPO, Castro LH, Biaggio RM, Junior MB (2010). Estudo das características físico-químicas e classificação de fito-ingredientes na espécie *Astrocaryum Murumuru* (murumuru). In: XII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação. *Anais*. Universidade do Vale da Paraíba.
- Silva JAA (2007). Quem é quem na família das anonáceas. *Pesquisa e tecnologia*, 4(1): 1-7.

- Soares EC (2009). Caracterização de aditivos para secagem de araçá-boi (*Eugenia Stipitata* mc vaugh) em leite de espuma (2009). Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga-BA. 89p.
- Somogy M (1945). A new reagent for the determination of sugar. *The Journal of Biological Chemistry*, 160(1): 61-68.
- Teixeira TR, Oliveira NA, Ramos AM (2013). Efeitos da temperatura e concentração nas propriedades físicas da polpa de araçá-boi. *Boletim do centro de pesquisa e processamento de alimentos – UFPR*, 31(2): 275-284.

# Elaboração e análise sensorial do empanado artesanal de curimatã (*Prochilodus nigricans*) com diferentes farinhas de cobertura

Recebido em: 15/09/2020

Aceito em: 21/09/2020

 10.46420/9786588319277cap4

Hérilon Mota Atayde<sup>1\*</sup> 

Elicelma Santana de Beleza<sup>2</sup> 

Ézia Lima de Amorim<sup>2</sup> 

Euclides Luís Queiroz de Vasconcelos<sup>3</sup> 

Maria José Mendonça de Oliveira<sup>4</sup> 

## INTRODUÇÃO

O pescado e seus derivados representam uma fonte de diversos componentes com significativo valor nutricional, como proteínas e minerais, além de ser a maior reserva de ácidos graxos poli-insaturados, especialmente da série ômega-3, aos quais são atribuídos benefícios importantes à saúde do homem (Balami et al., 2019). A oferta de derivados de pescado e a sua diversificação poderão incrementar o consumo de peixes, em particular nas regiões Sudeste e Sul do Brasil, onde tradicionalmente o consumo de carnes das chamadas espécies de açougue apresenta maior índice per capita (Silva, 2006).

Na Amazônia, a produção de pescado de origem extrativista tem um papel de grande importância socioeconômica, em especial para as comunidades ribeirinhas (Lopes et al., 2010). Nessa região, o consumo de pescado é relevante quando comparado à média nacional, e contrasta com o baixo consumo observado nas demais regiões do país (Viana et al., 2016), justificado não somente pela falta de hábito, mas por fatores externos importantes, como problemas de logística (distribuição e comercialização), pouca variedade de pescado ou até mesmo dos seus derivados de fácil preparo, além do fator socioeconômico (Cortez Netto et al., 2010; Lopes et al., 2010).

A elaboração de derivados necessita de incentivos, pois representam acesso a produtos diferenciados (defumados, salgados, enlatados, fishburgueres, presuntos, almôndegas e empanados,

---

<sup>1</sup> Engenheiro de pesca, Doutor em Ciências Pesqueiras nos Trópicos, Docente da Universidade Federal do Oeste do Pará. Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, Rua Vera Paz, s/n, Unidade Bloco Modular Tapajós, sala 404, bairro Salé, CEP 68040-255, Santarém – PA.

<sup>2</sup> Tecnóloga em Alimentos graduada pela Universidade do Estado do Amazonas.

<sup>3</sup> Engenheiro de pesca, Mestrando em Ciências Pesqueiras nos Trópicos pela Universidade Federal do Amazonas.

<sup>4</sup> Engenheira de pesca, Mestre em Ciências Pesqueiras nos Trópicos pela Universidade Federal do Amazonas.

<sup>5</sup> Bióloga e engenheira de pesca, Doutora em Ciências Pesqueiras nos Trópicos pela Universidade Federal do Amazonas.

\*Autor(a) correspondente: herlon.atayde@ufopa.edu.br.

entre outros) para a população, sendo alternativas alimentícias com elevado valor nutricional (Silva, 2006). Dentre os produtos derivados do pescado definidos na legislação brasileira, empanado é um produto congelado, com adição ou não de ingredientes, moldado ou não, e revestido de cobertura que o caracterize, submetido ou não a tratamento térmico (Brasil, 2017a). Há muitas opções experimentais desse produto disponíveis na literatura científica, utilizando os mais diversos tipos de pescado, exceto utilizando o peixe curimatã (*Prochilodus* spp.).

## ASPECTOS BIOECOLÓGICOS E ECONÔMICOS DO CURIMATÃ

As espécies do gênero *Prochilodus* são de importância comercial em todas as regiões do Brasil, em especial do Nordeste brasileiro, devido a possibilidade de adaptação a diferentes ambientes aquáticos, facilidade de fecundação artificial, alta precocidade e prolificidade, regime alimentar de baixo custo e, principalmente, pela sua grande aceitação em mercados regionais (Brabo et al., 2015; Bocanegra et al., 2016; Nunes et al., 2019; Fernandes et al., 2020).

Taxonomicamente, espécimes pertencentes ao gênero *Prochilodus* são incluídos na família Prochilodontidae, cujos membros apresentam como características: corpo fusiforme a elevado; espinho bifurcado na base da nadadeira dorsal; boca em forma de ventosa com lábios espessos, carnosos e reversíveis; numerosos dentes diminutos, móveis, falciformes ou espatulados e distribuídos em duas séries, uma na região frontal e outra na lateral dos lábios (Santos et al., 2006; Bayley et al., 2018). Chega a medir de 30 a 50 cm e massa variando de 0,78 a 3 kg. Apresenta desova entre os meses de novembro a janeiro (Santos et al., 2006). Quanto a alimentação, são detritívoros, apresentando alimentação baseada principalmente em algas perifíticas, microrganismos, animais e matéria orgânica em decomposição, geralmente depositada no fundo dos rios. Seu comprimento padrão médio da primeira maturação sexual é em torno de 26 cm (Santos et al., 2006; Bayley et al., 2018).

O curimatã (*Prochilodus nigricans* Spix & Agassiz, 1829) é uma espécie de água doce bastante apreciado por algumas pessoas e rejeitado por outras devido o sabor (que contém o gosto de algas utilizadas como alimento) e aspecto da carne (coloração amarelada) (Figura 1). Na região de Manaus e no Baixo Amazonas, é uma espécie que apresenta indícios de sobrepesca devido sua importância econômica local (Matos et al., 2018). Nos demais mercados pesqueiros da Região Amazônica, é uma das espécies mais populares, algumas vezes dominando as estatísticas de produção (Bayley et al., 2018). Essa compilação de informações e características demonstram o interesse por sua produção em ambiente controlado. Desta forma, considerando os aspectos referentes ao curimatã, de forma extensível às outras espécies de pescado, ações que possam explorá-la de forma alternativa precisam ser efetuadas e valorizadas.



**Figura 1.** Curimatã (*Prochilodus nigricans* Spix & Agassiz, 1829). Fonte: Melo et al. (2016).

## SISTEMAS DE EMPANAMENTO

Os sistemas de empanamento, também denominados sistemas de cobertura, são caracterizados como a combinação de ingredientes (cereais ou não) que revestem um produto (proteico ou não), fornecendo atributos de sabor, textura e aparência ao produto acabado. Tradicionalmente, são compostos de três camadas (pré-enfarinamento, líquido de empanamento e farinha de cobertura) combináveis de diferentes formas, cada uma conferindo determinada funcionalidade ao produto final (Gonçalves; Leonhardt, 2011).

Delfino et al. (2017) resumiram as etapas de empanamento da seguinte forma: pré-enfarinamento (*predust*), é a primeira camada do sistema de cobertura e a principal finalidade é absorver a umidade do substrato e facilitar a aderência entre o *batter* e o substrato. A segunda etapa (líquido de empanamento ou *batter*) é o resultado de uma mistura de ingredientes, na forma de pó. Quando hidratado, representa uma camada de suma importância no processo de empanamento, pois liga o substrato à camada mais externa (*breeding*), garantindo que o produto adquira a textura esperada pelo consumidor. A farinha de cobertura (ou *breeding*) é a terceira e última camada que possui como objetivo tornar o produto crocante e com aspecto visual atrativo. A granulometria pode variar de fina à grossa, e interfere no rendimento de cobertura, também denominado de *pick-up* de cobertura, isto é, quanto a amostra ganhou peso (em %) após a aplicação do sistema de empanamento, o que também interfere na absorção de água, cobertura e aparência do produto.

Cores (provenientes de corantes sintéticos ou naturais) podem ser adicionadas na farinha de cobertura e podem se configurar como um padrão estabelecido pelo produtor, promovendo mais impacto visual. Adicionalmente, a granulometria das farinhas de cobertura também afeta as sensações pelo consumidor no momento da ingestão (Gonçalves; Leonhardt, 2011).

Entre as farinhas possíveis de uso na produção de empanados, destacamos aquelas provenientes dos cereais milho e trigo e aquela derivada de produtos de panificação – a farinha de rosca. De acordo com Alvim et al. (2002), o enriquecimento de produtos convencionais com os derivados de cereais, largamente disponível e de boa aceitação pela população, é o caminho mais curto e mais econômico para se oferecer à população alimentos nutritivos a um custo competitivo com seus similares no mercado.

A farinha de milho é um produto obtido por meio da laminação de diferentes frações dos grãos de milho degerminados, apresenta baixo custo, é amplamente disponível no mercado, e, em sua composição centesimal, se destacam os índices de proteínas totais e carboidratos (aproximadamente 10 e 75%, respectivamente). Entretanto, do ponto de vista nutritivo, sua proteína é de baixa qualidade devido à limitação em lisina e triptofano, aminoácidos essenciais na dieta (Alvim et al 2002; Brasil, 2017b). A farinha de trigo é um produto elaborado com grãos de trigo (*Triticum aestivum* L.) ou outras espécies de trigo do gênero *Triticum* (exceto *Triticum durum* Desf.) ou combinações, por meio de trituração ou moagem e outras tecnologias ou processos (Brasil, 2005). A farinha de pão ou de rosca é um produto obtido pela moedura de roscas ou pães torrados, quando inteiros e não alterados (São Paulo, 1946).

Nesse estudo, foi proposta a elaboração artesanal de empanado do peixe curimatã, buscando constatar o efeito de diferentes farináceos utilizados como cobertura do produto nas suas características sensoriais.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### ***Obtenção do triturado de curimatã***

Os exemplares de curimatã *in natura* e absolutamente frescas foram obtidas no comércio local de Tapauá, interior do Estado do Amazonas. Primeiramente, os exemplares foram submetidos a processamento para obtenção do filé com pele (Figura 2). Em seguida, os filés foram submetidos à moagem para obtenção do triturado.

Na obtenção do triturado, a etapa de moagem dessa espécie é ponto importante para controle devido existir grande quantidade de espinhas intramusculares de pequenos tamanho e espessura, o que pode significar perigo ao consumidor. Para o estudo, a etapa de moagem foi repetida três vezes.



**Figura 2.** Fileteamento do curimatã. Fonte: os autores.

Por três vezes, porções do triturado foram imersas em água clorada (5 a 10 °C) e pH previamente ajustado (7,0), por um período de 10 minutos, sendo três minutos sob agitação e sete, para decantação. Nas lavagens, a drenagem ocorreu em peneira comum (duas primeiras) e saco de pano higienizado, sob pressão (a última). As porções (máximo de 2 kg) do triturado lavado foram embaladas em sacos plásticos, prensados para espalhamento até 1 cm de espessura e submetidos a congelamento ( $-15 \pm 1$  °C) em freezer doméstico, durante 24 horas (Figura 3).



**Figura 3.** Embalagem do triturado lavado do curimatã. Fonte: os autores.

### Preparo dos empanados

A formulação contida na Tabela 1 foi utilizada como base para todos os empanados, misturando-se manualmente todos os ingredientes. Ressalta-se que o triturado de curimatã foi previamente descongelado antes da mistura. Na intenção de preparar um alimento mais saudável, o sal de cozinha foi minimizado, acrescentando-se o glutamato monossódico como compensação, para realce de sabor.

**Tabela 1.** Formulação do empanado de curimatã (*Prochilodus nigricans*) comercializados em Tapauá – AM. Fonte: os autores.

Ingredientes	Quantidades	
	Absoluta (g)	Relativa (%)
Triturado de curimatã	1000	77,7
Tempero verde picado*	100	7,7
Gordura hidrogenada	60	4,7
Amido de milho ( <i>Zea mays</i> )	40	3,1
Isolado proteico de soja ( <i>Glycine max</i> )	40	3,1
Gordura vegetal hidrogenada	20	1,6
Sal refinado e iodado	10	0,8
Alho ( <i>Allium sativum</i> )	7	0,5
Pimenta-do-reino ( <i>Piper nigrum</i> ) moída	5	0,4
Glutamato monossódico	5	0,4

\*Mistura de cebolinha (*Allium schoenprasum*), coentro (*Coriandrum sativum*), pimenta doce (*Capsicum chinense*) e chicória (*Cichorium intybus* var. *intybus*) (3:1:1:1)

Para a moldagem, porções de 80 g (Figura 4) foram prensadas no interior de um anel plástico (100 mm de diâmetro interno) previamente limpo e higienizado.



**Figura 4.** Empanados artesanais do curimatã antes do congelamento. Fonte: os autores.

O sistema de cobertura utilizado em todos os empanados foi trigo (como *pré-dust*) e clara+gema previamente homogeneizadas de ovos brancos de galinha (como *batter*). A diferença entre os empanados foi efetuada no *breeding*, onde foram separadamente utilizadas as farinhas de trigo (controle), de milho (fubá) e de rosca. Os empanados foram acondicionados entre filmes plásticos, no interior de caixas plásticas com tampa e submetidos ao congelamento.

### ***A análise sensorial dos empanados***

As amostras de cada empanado foram codificadas antes da degustação, sendo a associação entre o código e a formulação de conhecimento exclusivo dos preparadores do teste sensorial. Os julgadores foram impedidos de trocarem informações (oral, escrita ou gestual) durante o teste.

Os empanados foram degustados ainda mornos, após imersão em óleo quente (aproximadamente 180 °C, durante dois minutos cada lado) por julgadores não-treinados, habituados ao consumo de pescado.

Nessa análise foi utilizado o testes afetivo com planejamento completo, durante o qual os julgadores utilizaram como referência uma escala hedônica de cinco pontos (cujos pontos e significados eram: 1 = desgostei muito, 2 = desgostei, 3 = não gostei, nem desgostei, 4 = gostei e 5 = gostei muito), para registrarem sua impressão em relação aos atributos “cor”, “cheiro”, “gosto” e “textura” para cada formulação (Minim, 2010; ABNT, 2016). Opcionalmente, no campo “observações”, cada julgador poderia escrever frases que expressassem/explicitassem suas impressões.

### ***Análise estatística***

Os dados obtidos foram submetidos às análises estatísticas descritiva e inferencial, para verificação da influência da farinha de cobertura na aceitabilidade do produto, por atributos sensoriais. Na estatística inferencial, para verificar a existência (ou inexistência) de diferenças estatisticamente significativas dos efeitos das farinhas em cada atributo, foi utilizado o teste não-paramétrico Kruskal-Wallis com nível de 5% de significância, devido a não-normalidade dos dados da análise sensorial.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os dados biométricos e de rendimento do curimatã até obtenção do triturado são apresentados na Tabela 2. Entre os exemplares de curimatã utilizados nesse trabalho, a maioria (88,9%) estava em desacordo com o tamanho mínimo de captura estabelecido pela legislação brasileira vigente (Amazonas, 2001). Esses dados demonstram a falta de compreensão e cumprimento das normas ou o descaso dos pescadores da cidade de Tapauá em relação à manutenção dos estoques naturais dessa espécie. Ainda, demonstram sua importância comercial, pois mesmo pequenos são comprados pelos consumidores.

**Tabela 2.** Biometria e rendimentos em filé e triturado de curimatã (*Prochilodus taeniurus*) comercializados em Tapauá – AM. Fonte: os autores.

Número de indivíduos	Comprimento padrão* (cm)	Peso total* (g)	Peso do filé com pele* (g)	Rendimento (%)	
				filé com pele	triturado
36	27,2±2,4	650±160	270±70	40,6	34,2

\*valores expressos como a média das análises (± desvio-padrão).

Um ponto de destaque ao se considerar apenas a pesca extrativista como fonte de obtenção de curimatãs para a produção de empanados é inferida a partir dos dados de Bayley et al. (2018) e Matos et al. (2018), que atestaram a disponibilidade dessa espécie nas feiras da região do Médio Amazonas ao longo de todos os meses do ano.

Para obtenção do filé, apesar de preferível, não foi possível executar a retirada da pele devido sua pouca espessura após a descamação (um erro metodológico), pois rasgava com facilidade durante as tentativas. Em paralelo, foi executada a retirada da pele em apenas um exemplar com escamas (descartado como amostra) e o procedimento foi facilitado. Portanto, há indícios de que, caso a finalidade seja a obtenção de filé sem pele dessa espécie, não há necessidade de descamação para a execução do processo. O rendimento de filé com pele deste estudo foi similar ao obtido por Souza e Inhamuns (2011) para a mesma espécie quando coletada no mercado da capital amazonense no período da cheia dos rios amazônicos.

Pela tendência obtida na análise sensorial (Tabela 3), constata-se a necessidade de modificações na formulação utilizada.

**Tabela 3.** Síntese da análise sensorial do empanado de curimatã (*Prochilodus taeniurus*) com diferentes farinhas de cobertura. Fonte: os autores.

Farinha de cobertura	Atributos sensoriais*				Aceitação global*	Tendência sensorial**
	Cor	Cheiro	Gosto	Textura		
Trigo (controle)	2,8±1,2	3,6±1,1	3,2±1,2	3,5±1,1	3,3±0,9	NGND
Milho (fubá)	3,3±1,0	3,4±1,1	3,3±1,3	3,4±1,2	3,4±0,8	NGND
Rosca	3,0±1,0	3,4±1,1	3,1±1,2	3,5±1,1	3,2±0,8	NGND

\*valores expressos como média das análises (±desvio padrão), \*\*NGND = não gostei, nem desgostei

Os dados divulgados por Evangelista-Barreto et al. (2019) para empanados de pescada permitem inferir que esse produto teve uma nota tendendo a 4 como média dos atributos sensoriais. Ao analisar a aceitação desse produto em uma escala de nove pontos, os mesmos autores obtiveram notas correspondentes a “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente” para suas formulações.

Para a cor, importante destaque é dado à empanagem com trigo, que demonstrou ser preferida, ao contrário do cheiro, com mais preferência. Para o gosto, devido a massa de moldagem apresentar a mesma formulação, era esperada a falta de diferença, mas o índice absoluto alcançado demonstra que a mistura da farinha de empanagem com essa massa de moldagem tem importância nas impressões pelos consumidores. Na textura, onde se esperava importante influência da cobertura, constatou-se ligeira preferência pelas farinhas de trigo e de rosca. Em valores absolutos, as farinhas de trigo e milho foram as preferidas e isso sugere que a mistura dessas farinhas pode potencializar o consumo desse produto.

Estatisticamente, as diferenças observadas nos efeitos de cada farinha utilizada nessa pesquisa sobre os atributos sensoriais dos empanados não foram significativas (Tabela 4). A pouca aceitação pelos julgadores certamente foi consequência do baixo quantitativo de sal no produto, pois boa parte das observações efetuadas por escrito pelos provadores (“pouco sal”, “falta sal” e similares) apontam a necessidade de incremento desse ingrediente. Evangelista-Barreto et al. (2019) também apontaram o sal comum (em detrimento do sal dietético) como o fator que mais influenciou na escolha de sabor pelos avaliadores.

**Tabela 4.** Síntese da estatística inferencial utilizando o teste Kruskal-Wallis sobre os atributos sensoriais do empanado de curimatã (*Prochilodus taeniurus*) com diferentes farinhas de cobertura (trigo *vs* milho *vs* rosca). Fonte: os autores.

Atributo sensorial	Graus de liberdade	Valor H	p-valor *
Cor	2	4,63	0,099
Cheiro	2	0,52	0,773
Gosto	2	0,29	0,865
Textura	2	0,04	0,979

\* Índices maiores que 0,05 indicam diferenças estatisticamente insignificantes.

Pela análise global (Tabela 3), a empanagem com milho (fubá) foi aquela que imprimiu maior atratividade entre os julgadores. Mesmo assim, verifica-se a necessidade de modificações em toda a formulação-base, tendo em vista que somente o sistema de cobertura não seria decisivo para a maioria dos conceitos obtidos (em torno de 3, tendência à indiferença, conceito “não gostei, nem desgostei”).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (2016). *ABNT NBR ISO 11136:2016*. Análise sensorial – metodologia – Guia geral para condução de testes hedônicos com consumidores em ambientes controlados. Associação Brasileira de Normas Técnicas Rio de Janeiro. 49p.
- Alvim ID, Sgarbieri VC, Chang YK (2002). Desenvolvimento de farinhas mistas extrusadas à base de farinha de milho, derivados de leveduras e caseína. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 22(2): 170-176.

- Amazonas (2001). Portaria N° 01/2001, Representação/IBAMA/AM, de 13 de março de 2001. Proíbe no Estado do Amazonas a captura, o transporte e a comercialização das espécies de peixes comerciais cujo tamanho mínimo não seja aquele aqui estabelecido. *Diário Oficial do Estado do Amazonas*, Manaus, AM, ano 107, n. 29.609, p. 10.
- Balami S, Sharma A, Karn R (2019). Significance of nutritional value of fish for human health. *Malaysian Journal of Halal Research Journal*, 2(2): 32-34.
- Bayley PB, Castello L, Batista VS, Fabr e NN (2018). Response of *Prochilodus nigricans* to flood pulse variation in the central Amazon. *Royal Society Open Science*, 5: 172232.
- Bocanegra FA, Olivares LV, Morey GM, Chu LR, Chu-Koo F, Martín ST, Pizarro MA (2016). Evaluación de dos inductores hormonales em la ovulaci n y desove de tres especies  cticas amazônicas. *Ciencia amazônica*, 6(1): 103-108.
- Brabo MF, Reis MHD, Veras GC, Silva MJM, Souza ASL, Souza RAL (2015). Viabilidade econ mica da produ o de alevinos de especies reoflicas em uma piscicultura na Amazônia Oriental. *Boletim do Instituto de Pesca*, 41(3): 677-685.
- Brasil (2017a). Decreto n  9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei n  1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei n  7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspe o industrial e sanitária de produtos de origem animal. *Diário Oficial da União: se o 1, Brasília, DF*, ano 165(62): 3-62.
- Brasil (2017b). Resolu o RDC N  150, de 13 de abril de 2017. Dispõe sobre o enriquecimento das farinhas de trigo e de milho com ferro e ácido f lico. *Diário Oficial da União, Brasília, DF*, 73: 37.
- Brasil (2005). Instru o Normativa n  8, de 2 de junho de 2005. Aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo. *Diário Oficial da União: se o 1, Brasília, DF*, 105: 91.
- Cortez Netto JP, Boscolo WR, Feiden A, Maluf MLF, Freitas JMA, Simões MR (2010). Formula o, análises microbiológicas, composi o centesimal e aceitabilidade de empanados de jundiá (*Rbandia quelem*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e tilápia (*Oreochromis niloticus*). *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 69(2): 181-187.
- Delfino LA, Silva LS, Biassi DC, Scopel FHP, Bairy EM (2017). Elabor o de hambúrguer empanado de tilápia aplicando diferentes sistemas de cobertura comerciais. *Brazilian Journal of Food Research*, 8(2): 32-45.
- Evangelista-Barreto NS, Cerqueira JC, Santana TS, Silveira BS, Rodrigues AN, Azevedo Neto AD, Bispo ASR, Ferreira MA (2019). Aceita o sensorial de reestruturados empanados de pescada sem glúten, sabor defumado e com redu o de sódio. In: Silva FF (Org.). *Aquicultura e pesca: adversidades e resultados 2*. Ponta Grossa: Atena Editora, 292-302.

- Fernandes JFF, França CL, Santana TC, Lobato RS, Teixeira EG (2020). Contribuição técnica sobre a identificação de anomalias espermáticas no sêmen in natura de curimatã, *Prochilodus lacustris* Steindachner, 1907. *Brazilian Journal of Development*, 6(3): 10418-10431.
- Gonçalves AA, Leonhardt C (2011). Empanados. In: Gonçalves AA (Ed.). *Tecnologia do pescado: ciência, inovação e legislação*. São Paulo: Editora Atheneu: 246-261.
- Lopes MLB, Costa PA, Santos JSB, Cunha SJT, Santos MAS, Santana, AC (2010). *Mercado e dinâmica espacial da cadeia produtiva da pesca e aquicultura na Amazônia*. Belém: Banco da Amazônia (Estudo Setoriais, 7). 51p.
- Matos OF, Lopes GCS, Freitas CEC (2018). A pesca comercial no Baixo Rio Solimões: uma análise dos desembarques de Manacapuru/AM. *Biota Amazônia*, 8(4): 1-8.
- Melo BF, Sidlauskas BL, Hoekzema K, Frable BW, Vari RP, Oliveira C (2016). Molecular phylogenetics of the neotropical fish family Prochilodontidae (Teleostei: Characiformes). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 102: 189-201.
- Mínim VPR (2010). *Análise sensorial: estudos com consumidores*. 2 ed. rev. e ampl. Editora UFV: Viçosa. 308 p.
- Nunes LT, Oliveira-Araújo MS, Lopes JT, Almeida-Monteiro OS, Nascimento RV, Pereira VA, Ferreira YM, Montenegro AR, Pinheiro JU, Salmito-Vanderley CSB (2019). Capacidade fecundante do sêmen congelado de *Prochilodus brevis*. *Acta Scientiae Veterinariae*, 47:1665.
- Santos GM, Ferreira EJG, Zuanon JAS (2006). *Peixes Comerciais de Manaus*. Ministério do Meio Ambiente, Manaus, 146p.
- São Paulo (1946). Decreto-Lei n.º 15.642, de 9 de fevereiro de 1946. Aprova o Regulamento do Policiamento da Alimentação Pública. Publicado na *Diretoria Geral da Secretaria da Interventoria*, aos 9 de fevereiro de 1946.
- Silva A (2006). *Estudo do processo de produção de empanados de peixe*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 81p.
- Souza AFL, Inhamuns AJ (2011). análise de rendimento cárneo das principais espécies de peixes comercializadas no Estado do Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, 41(2): 289-296.
- Viana AP, Inhamuns AJ, Oliveira PR, Souza LCL (2016). Efeito da embalagem com atmosfera modificada na conservação do *Brycon amazonicus*. *Boletim do Instituto de Pesca*, 42(1): 17-28.

## Avaliação de grupos microbianos em pimenta-do-reino obtidas *in natura* e por secagem em terreiros

Recebido em: 15/09/2020

Aceito em: 21/09/2020

 10.46420/9786588319277cap5

Josiane Ribeiro Rufino Vieira<sup>1</sup> 

Maria da Penha Piccolo<sup>1\*</sup> 

Antonio Manoel Maradini Filho<sup>1</sup> 

Joel Camilo Souza Carneiro<sup>1</sup> 

Bruna Carminate<sup>2</sup> 

Marcelo Barreto da Silva<sup>2</sup> 

Maysa do Vale Oliveira<sup>2</sup> 

### INTRODUÇÃO

A pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.), também conhecida como pimenta-preta é uma planta tropical, que requer clima quente e úmido, com boa distribuição de chuvas durante o ano (Lourinho et al., 2014). É uma especiaria de origem indiana, considerada uma das mais consumidas no mundo, por conferir maior sabor e aroma aos alimentos, podendo ser adicionada durante ou após a cocção (Cunha Neto et al., 2014). A pimenta-do-reino tem grande importância socioeconômica devida sua ampla produtividade, permitindo alta rentabilidade aos pipericultores (Lourinho et al., 2014).

O Estado do Pará, por décadas, ocupou o posto de maior produtor desta iguaria, contudo, a partir de 2018 o Espírito Santo passou a ocupar o primeiro lugar em produção, com valores superiores a 60 mil toneladas, seguido pelo Pará e Bahia (IBGE, 2018). A área plantada entre os dois maiores produtores é similar, porém a produtividade do Estado do Espírito Santo é quase o dobro quando comparada à do Estado do Pará (Partelli, 2020). A região de maior produção de pimenta-do-reino capixaba está localizada ao norte, principalmente no município de São Mateus e parte desta produção é obtida por pequenos agricultores e exportada para vários países. O Brasil é um dos países que mais produz pimenta-do-reino, alcançando uma produção na ordem de 101 mil toneladas em 2018, ocupando o terceiro lugar no mercado mundial, tendo o Vietnã como primeiro produtor, seguido da Indonésia (IBGE, 2018).

Uma das principais etapas do processamento da pimenta-do-reino é a secagem que tem a finalidade de melhorar a qualidade do produto e pode ser feita através dos processos de secagem em

<sup>1</sup> Universidade Federal do Espírito Santo, UFES, Alegre, ES, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Espírito Santo, UFES, São Mateus, ES, Brasil.

\* Autor de correspondência: penhapiccolo@gmail.com

lona, secagem em jirau ou em secador mecânico (Embrapa, 2004). Porém, verifica-se ainda em alguns locais a utilização de práticas inadequadas no processo de secagem e armazenamento (Lima et al., 2010; Piccolo et al., 2018; Lima et al., 2019), o que contribui para que o produto não apresente qualidade adequada no mercado internacional, alcançando valores inferiores em relação aos demais países que produzem essa especiaria.

Nas pequenas propriedades a forma de secagem mais utilizada é em terreiros, ou em lona, porém este processo pode permitir o contato com animais domésticos e silvestres, sendo de grande importância cobrir os grãos durante a noite (Serrano et al., 2008), para evitar riscos à saúde humana, uma vez que a pimenta-do-reino é, normalmente, adicionada diretamente ao alimento, sem passar por algum processo que iniba possíveis contaminantes (Atui et al., 2009).

Isto ocorre porque a pimenta-do-reino frequentemente é produzida e comercializada de forma artesanal, sendo algumas vezes colhida em condições higiênico-sanitárias inadequadas e secas em campos abertos, com os grãos espalhados ao chão sob a luz do sol, permitindo com que esta especiaria fique diretamente exposta à contaminação por microrganismos (Cunha Neto et al., 2014).

O maior risco causado pelos condimentos está relacionado à indústria de alimentos, uma vez que sua utilização ocorre em larga escala e os produtos serão estocados por um período variável antes de serem consumidos. Por outro lado, a utilização das especiarias como guarnição de alimentos, em restaurantes e cozinhas industriais, pode favorecer o desenvolvimento de bolores, quando adicionados na superfície dos alimentos já preparados (Graciano et al., 2006).

A produção de pimenta-do-reino do município de São Mateus, região Norte do Espírito Santo, tem crescido e se expandido para o mercado interno e externo. Porém, em alguns casos, utiliza-se após a colheita, o processo de secagem realizado ao chão, ou seja, em terreiros e os grãos ficam expostos ao sol, ficando em contato direto com possíveis vetores contaminantes, podendo carrear microrganismos indesejáveis e deletérios à saúde humana (Alexandre et al., 2014). Desta forma, o objetivo desse estudo foi avaliar a qualidade microbiológica de amostras de pimenta-do-reino *in natura* e secas em terreiros obtidas de propriedades rurais do município de São Mateus, ES.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### ***Coleta e preparo das amostras***

As amostras de pimenta-do-reino foram coletadas em cinco propriedades rurais, nominadas A, B, C, D e E, localizadas no município de São Mateus, região Norte do Estado do Espírito Santo (ES) antes de serem entregues à empresa processadora e exportadora da cidade. Foram utilizadas 10 amostras de pimenta-do-reino, sendo cinco (5) amostras *in natura* e cinco (5) após serem submetidas ao processamento de secagem em terreiros, com 12 a 13% de umidade respectivamente, e 560 g L<sup>-1</sup> de densidade, situando-se dentro dos padrões exigidos. As amostras foram coletadas em embalagens estéreis e transportadas para o Laboratório de Microbiologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE/UFES), campus de Alegre, ES onde foram realizadas as análises microbiológicas.

### ***Preparo das amostras para as análises microbiológicas***

Primeiramente, pesou-se 25 g de cada amostra de pimenta-do-reino e transferiu-se para frascos contendo 225 mL de água peptonada estéril. Agitou-se manualmente cada frasco à temperatura ambiente com auxílio de um bastão de vidro, seguido por um período de descanso de 5 minutos à temperatura ambiente.

Posteriormente, realizaram-se diluições seriadas que foram utilizadas para as análises microbiológicas (APHA, 2001).

### ***Contagem de bactérias mesófilas aeróbias***

Após as diluições realizou-se a semeadura em Ágar para Contagem Padrão em Placas (PCA Agar), utilizando a técnica do plaqueamento em profundidade. As placas foram invertidas e incubadas em estufa bacteriológica a 32 °C por 24 a 48 horas. Em seguida realizou-se a contagem das unidades formadoras de colônias das placas que apresentaram números entre 30 e 300 colônias, multiplicando-se a média das duplicatas pelo respectivo fator de diluição e os resultados foram expressos em UFC g<sup>-1</sup> (APHA, 2001).

### ***Contagem de bolores e leveduras***

Inoculou-se 0,1 mL de cada diluição em placas de Petri com 20 mL de Ágar batata dextrose (Ágar BDA) acidificado com ácido tartárico a 10% previamente solidificado, e utilizou-se o plaqueamento em superfície com a utilização da alça de Drigalski. A seguir, as placas foram incubadas a 25 °C por 5 dias. Selecionaram-se as colônias e os resultados foram expressos em UFC g<sup>-1</sup> (APHA, 2001).

### ***Detecção de Salmonella sp.***

Para determinação de *Salmonella sp.*, as análises foram feitas por meio da utilização de Kit rápido pelo emprego de Placa Petrifilm™, seguindo a metodologia descrita pelo fabricante.

### ***Delineamento experimental e análise estatística***

O experimento foi composto por um delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos (pimenta-do-reino *in natura* e secas em terreiro), adquiridas de cinco produtores pertencentes ao município de São Mateus, ES. Os dados obtidos para bactérias mesófilas e bolores e leveduras foram expressos como média e desvio padrão (UFC g<sup>-1</sup>) e submetidos à análise de variância ANOVA e comparados pelo teste F ao nível de 5% de significância. Os resultados para *Salmonella* obtidos com o presente estudo foram comparados com o padrão estabelecido pela RDC nº 331 e IN 60 (Brasil, 2019a, 2019b). As análises foram realizadas em duplicatas.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A Tabela 1 apresenta a contagem de bactérias mesófilas aeróbias presentes nas amostras de pimenta-do-reino *in natura* comparadas com as amostras de pimenta-do-reino secas em terreiro, adquiridas em propriedades de cinco produtores rurais elencados como A, B, C, D e E pertencentes ao município de São Mateus, ES.

Em todas as amostras analisadas foram detectadas bactérias mesófilas, mas as amostras *in natura* foram as que obtiveram maiores valores. Nas amostras de pimenta-do-reino secas em terreiros os valores das contagens foram menores, observando assim uma boa eficiência do processo de secagem aplicado. Apenas a amostra do produtor D apresentou uma quantidade maior de bactérias após a secagem em terreiro, comparada com as amostras dos demais produtores, observando-se a redução de apenas 1 ciclo logarítmico do número de unidades formadoras de colônias (Tabela 1). Conclui-se que, muito provavelmente, houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre as médias dos tratamentos das pimentas *in natura* e secas em terreiros em relação à contagem de mesófilos totais para todos os produtores.

**Tabela 1.** Contagem de bactérias mesófilas, das amostras de pimenta-do-reino in natura e secas em terreiro (média  $\pm$  desvio padrão UFC g<sup>-1</sup>). Fonte: os autores.

Produtores de pimenta-do-reino	<i>In natura</i> (UFC g <sup>-1</sup> )	Secas em terreiros (UFC g <sup>-1</sup> )
A	2,00x10 <sup>7*</sup> $\pm$ 0,16x10 <sup>7</sup>	6,90x10 <sup>4</sup> $\pm$ 0,14x10 <sup>4</sup>
B	3,50x10 <sup>6*</sup> $\pm$ 0,99x10 <sup>6</sup>	5,00x10 <sup>4</sup> $\pm$ 2,80x10 <sup>4</sup>
C	6,70x10 <sup>7*</sup> $\pm$ 0,99x10 <sup>7</sup>	4,20x10 <sup>5</sup> $\pm$ 0,72x10 <sup>5</sup>
D	2,50x10 <sup>7*</sup> $\pm$ 0,99x10 <sup>7</sup>	2,00x10 <sup>6</sup> $\pm$ 1,10x10 <sup>6</sup>
E	3,30x10 <sup>7*</sup> $\pm$ 0,28x10 <sup>7</sup>	4,00x10 <sup>5</sup> $\pm$ 0,68x10 <sup>5</sup>

\* Significativo ao nível de 5% de significância pelo teste F.

Souza (2015) ao realizar análise microbiológica em especiarias verificou presença de 4,1x10<sup>5</sup> UFC g<sup>-1</sup> em pimenta-do-reino, valor próximo ao encontrado no presente estudo. Furlaneto e Mendes (2004) avaliaram as especiarias salsinha, cebolinha, canela em pau, orégano e manjerição que foram obtidas no comércio varejista a granel em feira livre e embaladas em hipermercados e encontraram valores entre 1,0x10<sup>3</sup> a >10<sup>6</sup> UFC g<sup>-1</sup> para bactérias mesófilas. Fontenele et al. (2015) avaliaram amostras de alho vendidas em mercados públicos e encontraram valores iguais a 3,2x10<sup>2</sup> UFC g<sup>-1</sup> e 9,2x10<sup>2</sup> UFC g<sup>-1</sup>.

A análise de bactérias mesófilas indica a qualidade sanitária do alimento e para valores acima de 10<sup>6</sup> UFC g<sup>-1</sup>, já se pode observar alterações detectáveis no produto o que sugere processamento e/ou utilização de matéria-prima inadequados (CARVALHO, 2010). Além disso, a presença deste grupo microbiano pode ocasionar alterações sensoriais no produto, se o mesmo proporcionar condições favoráveis para a multiplicação de bactérias (Furlaneto; Mendes, 2004). Esta análise não diferencia os tipos de bactérias, mas a presença destes microrganismos indica falhas de higienização no processo de secagem e armazenamento e, por essa razão, é utilizada para determinar a vida de prateleira do produto (Silva et al., 2017).

A Tabela 2 apresenta a contagem de bolores e leveduras referentes às mesmas amostras de pimenta-do-reino *in natura* e secas em terreiro, dos cinco produtores rurais do município de São Mateus, ES.

**Tabela 2.** Contagem de bolores e leveduras das amostras de pimenta-do-reino in natura e secas em terreiro (média  $\pm$  desvio padrão UFC g<sup>-1</sup>). Fonte: os autores.

Produtores de pimenta-do-reino	<i>In natura</i> (UFC g <sup>-1</sup> )	Secas em terreiros (UFC g <sup>-1</sup> )
A	6,00x10 <sup>5*</sup> $\pm$ 0,78x10 <sup>5</sup>	<1,00x10 <sup>3</sup> $\pm$ 1,00x10 <sup>3</sup>
B	3,50x10 <sup>6*</sup> $\pm$ 0,42x10 <sup>6</sup>	6,50x10 <sup>3</sup> $\pm$ 0,71x10 <sup>3</sup>
C	3,70x10 <sup>6*</sup> $\pm$ 0,25x10 <sup>6</sup>	<1,00x10 <sup>3</sup> $\pm$ 1,00x10 <sup>3</sup>
D	2,80x10 <sup>5*</sup> $\pm$ 0,28x10 <sup>5</sup>	4,40x10 <sup>4</sup> $\pm$ 2,50x10 <sup>4</sup>
E	7,30x10 <sup>6*</sup> $\pm$ 0,99x10 <sup>6</sup>	1,40x10 <sup>4</sup> $\pm$ 0,34x10 <sup>4</sup>

\* Significativo ao nível de 5% de significância pelo teste F.

Para bolores e leveduras conclui-se que, muito provavelmente, houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre as médias dos tratamentos das pimentas *in natura* e secas em terreiros mostrando novamente, grande efetividade do processo de secagem.

Oliveira et al. (2016) encontraram em sua análise de pimenta-do-reino desidratada, contaminação fúngica estimada em  $>1,0 \times 10^2$  UFC  $g^{-1}$ . Piccolo et al. (2018) e Machado et al. (2019) em trabalho realizado com 8 (oito) amostras de pimenta-do-reino obtidas da região norte do ES, encontraram valores de  $5 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  para bolores e leveduras próximos aos encontrados nesse trabalho, indicando prováveis falhas nas etapas de processamento, mais especificamente nas etapas de secagem e armazenamento, podendo resultar em deterioração da pimenta-do-reino e eventual contaminação quando reidratadas e adicionadas aos pratos prontos. Souza (2015) avaliou amostras de especiarias como açafrão, canela, orégano além de pimenta-do-reino. A autora encontrou valores para a contagem de bolores e leveduras de  $1,0 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  a  $1,0 \times 10^5$  UFC  $g^{-1}$ , próximos ao que foi encontrado neste trabalho. Silva et al. (2012) em suas análises encontraram valores próximos a  $10^3$  e  $10^4$  UFC  $g^{-1}$ . Fontenele et al. (2015) analisando a presença de bolores e leveduras em alho comercializado em mercados públicos encontraram valores entre  $5,0 \times 10^1$  UFC  $g^{-1}$  e  $3,8 \times 10^2$  UFC  $g^{-1}$ .

A presença destes microrganismos no alimento indica condições de higienização precárias durante o processo de secagem e armazenamento da pimenta-do-reino. Estes microrganismos presentes no alimento podem causar contaminação no homem e também uma perda da qualidade do produto (Fontenele et al., 2015). Entretanto, a legislação atual não preconiza valores para bactérias mesófilas e bolores e leveduras, mas a presença destes microrganismos no alimento indica inadequação nas condições higiênicas durante a produção e armazenamento do produto (Brasil, 2019a, 2019b).

Não foi detectado presença de *Salmonella* em nenhuma das amostras analisadas neste estudo, estando de acordo com o preconizado na legislação (Brasil, 2019b). Souza (2015) obteve resultado semelhante ao analisar a presença de *Salmonella* em pimenta-do-reino comercializadas em Tocantins. Porém, a Portaria SDA nº 44 de maio, 2015 (Brasil, 2015), publicou uma pesquisa realizada pelo Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes em produtos de origem vegetal, onde foram encontrados presença de *Salmonella* sp. em 3 amostras de pimenta-do-reino das 16 amostras analisadas, obtidas nos estados do Espírito Santo e do Pará.

Lima et al. (2019) não observaram presença de *Salmonella* sp. ao avaliar amostras de pimenta-do-reino comercializadas em feiras livres, mercado municipal, supermercados e indústria exportadora sendo todas elas produzidas no município de São Mateus, no Espírito Santo. Do mesmo modo, Piccolo et al. (2018) e Machado et al. (2019) também não encontraram presença de *Salmonella* sp. em 8 (oito) amostras de pimenta-do-reino analisadas e obtidas de produtores rurais do mesmo município e vem corroborar com os resultados encontrados no presente trabalho.

A contaminação por *Salmonella* é uma das principais causas de surtos de origem alimentar registrados no Brasil, sendo considerado um problema de saúde pública (Fontenele et al., 2015). A presença desse microrganismo em alimentos se torna um grave problema, pois seus sintomas podem ser mal diagnosticados, apresentando diferentes sintomatologias como vômito, cólica, dor de cabeça, febre e diarreia, em decorrência da sua patogenicidade (Webber et al., 2019). Por causar infecção alimentar e oferecer riscos à saúde da população a presença de *Salmonella* nos alimentos é inaceitável.

## CONCLUSÕES

As amostras secas em terreiros apresentaram menores resultados de contagem microbiológica tanto para bolores e leveduras como para bactérias mesófilas totais em relação às amostras *in natura* além da ausência de *Salmonella* sp. Apesar das possibilidades de ocorrência de contaminação no processo de secagem em terreiros, foi possível notar uma considerável diminuição no crescimento microbiano, mostrando eficácia do processo de secagem.

O processo de secagem de pimenta-do-reino em terreiros, aliado a adoção de boas práticas agrícolas podem contribuir para minimizar o crescimento dos grupos microbianos avaliados. Tudo isso contribuirá para redução de possíveis contaminações e maior vida útil do produto, permitindo assim o aumento da competitividade da pimenta-do-reino no mercado nacional e mundial de forma a garantir a sustentabilidade desse setor.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexandre RS, Piccolo MP, Lopes JC, Bonomo R, Zanotti RF, Oliveira JPB (2014). Pimenta-do-reino: da colheita ao armazenamento. In: Piccolo MP, Alexandre RS, Silva MB, Pinotti LM (Org.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos: Produção e Sustentabilidade*. 1. ed. Anhangabaú - Jundiaí-SP: Paco Editorial, 1: 181-196.
- APHA. American Public Health Association (2001). *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. 4. ed. Washington: APHA. 676p.
- Atui MB, Castejon MJ, Yamashiro R, De Lucca T, Flinn PW (2009). Condições higiênico-sanitárias da pimenta-do-reino em pó com o emprego de duas diferentes técnicas para detecção de sujidades leves. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, 68(1): 96-101.

- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2015). Portaria SDA nº 44, 2015. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, maio 2015.
- Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (2019a). Resolução de Direção Colegiada (RDC) nº 331, de 23 de dezembro de 2019. Dispõe sobre padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 26 dez. 2019.
- Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (2019b). Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019. Estabelece a lista de padrões microbiológicos para alimentos prontos para oferta ao consumidor. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 26 dez. 2019.
- Carvalho IT (2010). *Microbiologia dos Alimentos*. Programa Escola Técnica Aberta do Brasil (ETEC). Recife: EDUFRPE. 84p.
- Cunha Neto A, Silva FV, Machado A (2014). Incidências de espécies fungicas potencialmente toxigênicas em especiarias. *Anhanguera Educacional Ltda*, 17(1): 9-18.
- Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2004). *Manual de segurança e qualidade para a cultura da pimenta-do-reino*. Brasília, DF: EMBRAPA/SEDE. 65p.
- Fontenele LMS, Azevedo MLX, Cardoso Filho FC, Muratori MCS, Sá LRS, Pereira MMG (2015). Qualidade microbiológica do alho (*Allium sativum*) produzido e comercializado em mercados públicos. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, 74(4): 420-425.
- Furlaneto L, Mendes S (2004). Análise microbiológica de especiarias comercializadas em feira livre e em hipermercados. *Revista Alimentos e Nutrição*, 15(2): 87-91.
- Graciano, RAS, Atui MB, Dimov MN (2006). Avaliação das condições higiênico-sanitárias de cominho e pimenta-do-reino em pó comercializados em cidades do Estado de São Paulo, Brasil, mediante a presença de matérias estranhas. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, 65(3): 204-208.
- IBGE (2018). *Levantamento sistemático da produção agrícola – lavoura permanente*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Agricultura. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-%20producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?edicao=%252025369&t=resultados>>. Acesso em: 18 set. 2019.
- Lima JSS, Oliveira RB, Rocha W, Oliveira PC, Quartezzani WZ (2010). Análise espacial de atributos químicos do solo e da produção da cultura pimenta-do-reino (*Piper nigrum*, L.). *IDESLA (Chile)*, 28(2): 31-39.
- Lima AS, Baldan WG, Carminate B, Silva MBS, Oliveira MV (2019). Qualidade microbiológica de pimenta preta produzida e comercializada em São Mateus, Espírito Santo, Brasil. *Enciclopédia Biosfera*, 16(30): 470-482.

- Lourinho MP, Costa CAS, Souza LC, Souza LC, Oliveira Neto CF (2014). Conjuntura da pimenta-do-reino no mercado nacional e na região norte do Brasil. *Enciclopédia Biosfera*, 10(18): 1016-1031.
- Machado TMF, Piccolo MP, Santos YIC, Jacomelli KC, Silva DAO (2019). Qualidade microbiológica de pimenta-do-reino obtida de produtores rurais familiares. *Anais dos resumos do Iº Encontro Anual de Agroecologia*, Alegre, ES. 1p.
- Oliveira AP, Arruda GL, Pedro FGG, Oliveira JC, Hahn R, Takahara D (2016). Contaminação fúngica em especiarias desidratadas comercializadas no Mercado do Porto de Cuiabá-MT. *Brazilian Journal of Food Research*, 7(1): 149-160.
- Piccolo MP, Machado TMF, Santos YIC, Silva MB, Oliveira MV, Carminate B (2018). Qualidade microbiológica de pimenta-do-reino submetida à secagem em terreiro de propriedades rurais com base em agricultura familiar. *Anais de Resumos Expandidos - IX SIMBRAS*, Viçosa, MG. 4p.
- Partelli FL (2020). Pimenta-do-reino: uma análise histórica, presente e futura. Disponível em: <<https://www.safraes.com.br/artigo/pimenta-reino-analise-historica-presente-futura>>. Acesso em: 07 set 2020.
- Serrano LAL, Novak LR, Lima IM (2008). *Colheita e pós-colheita da pimenta-do-reino*. Vitória, ES: Incaper, Documento nº 157. 40p.
- Silva LP, Alves AR, Borba CM, Mobin M (2012). Contaminação fúngica em condimentos de feiras livres e supermercados. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, 71(1): 202-206.
- Silva N, Junqueira VCA, Silveira NFA, Taniwaki MH, Santos RFS, Gomes RAR, Okazaki MM (2017). *Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água*. 5. ed. São Paulo: Blucher. 560p.
- Souza PMV (2015). *Análise microbiológica de especiarias comercializadas no município de Palmas - TO*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Farmácia) - Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, TO. 37p.
- Webber B, Oliveira AP, Pottker ES, Daroit L, Levandowski R, Santos LR, Nascimento VP, Rodrigues LB (2019). *Salmonella enteritidis* forms biofilm under low temperatures on different food industry surfaces. *Ciência Rural*, 49(7): e20181022.

# Reintrodução de resíduos agroindustriais na produção de alimentos

Recebido em: 15/09/2020

Aceito em: 26/09/2020

 10.46420/9786588319277cap6

Ailton Cesar Lemes<sup>1</sup> 

Gabrielle Victoria Gautério<sup>1</sup> 

Gabrieli Oliveira Folador<sup>2</sup> 

Gisele Teixeira de Souza Sora<sup>2</sup> 

Ladyslène Christhyns de Paula<sup>2\*</sup> 

## INTRODUÇÃO

O agronegócio representa um importante setor da economia do Brasil, e se destaca entre as maiores produções de matérias-primas de origem vegetal e animal do mundo. Somente em 2019, o setor foi responsável por 21,4% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro (CNA, 2019). A maioria das matérias-primas produzidas pelo setor é processada nas agroindustriais, as quais apresentam grande relevância e são responsáveis por gerar crescimento econômico e empregos para o país (Costa et al., 2013), contribuindo principalmente para o desenvolvimento da agricultura familiar, abastecimento interno e exportações.

As agroindústrias destacam-se pela transformação e agregação de valores às matérias-primas de modo a oferecer diversidade de produtos alimentícios, prolongamento de disponibilidade pelo aumento do prazo de validade e, ainda, pela oferta de alimentos seguros e nutricionalmente adequados (FAO, 2017). No entanto, durante o processamento, são geradas grandes quantidades de resíduos com elevado potencial poluente e com problemas de disposição final devido à alta demanda bioquímica de oxigênio (Lemes et al., 2016a; Oliveira- Filho et al., 2020).

É estimado que mundialmente seja produzido cerca de 1,3 bilhão de toneladas de resíduos por ano a partir do processamento agroindustrial ou perda na cadeia produtiva (FAO, 2013). Por outro lado, é necessário destacar, também, que esses resíduos possuem diversos macro e micro componentes, em especial elevadas concentrações de proteínas, fibras, lipídios, minerais, carboidratos, polifenóis, entre outros. Através de processos ou tecnologias adequadas, esses resíduos podem ser convertidos em produtos de maior valor (Ravindran et al., 2018) ou ingredientes potenciais para aplicação em

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Escola de Química, Departamento de Engenharia Bioquímica (DEB), Avenida Athos da Silveira Ramos, 149, Bloco E, Sala 203, 21941-909, Rio de Janeiro, RJ – Brasil.

<sup>2</sup> Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Departamento de Engenharia de Alimentos - DENGEA, Avenida Tancredo Neves, 3450 - Setor Institucional - 76872-862, Ariquemes-RO – Brasil.

\* Autora correspondente: ladyslène.paula@unir.br

produtos alimentícios, bebidas (Lemes et al., 2012; Egea et al., 2018; Guimarães et al., 2018) ou produtos biotecnológicos de interesse industrial (Lemes et al., 2016b; Paula et al., 2020).

Assim, é importante a adoção de mecanismos adequados para aproveitamento integral desses resíduos para que possam ser reintroduzidos na cadeia agroalimentar, reduzindo impactos ambientais e, ainda, promovendo o enriquecimento nutricional, sensorial e melhoria das propriedades tecnológicas dos alimentos. Neste contexto, este capítulo fornece uma visão geral dos principais aspectos dos resíduos produzidos pelas agroindústrias e tecnologias para reintrodução na cadeia agroalimentar de acordo com as seções: i) classificação de resíduos; ii) tratamentos aplicados aos resíduos; iii) aplicação dos resíduos em produtos alimentícios; iv) conclusão e perspectivas.

## **CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS**

Os resíduos agroindustriais podem ser divididos em produtos de origem vegetal ou animal e incluem uma diversidade de materiais, como por exemplo: cascas, caules, sementes, folhas, farelos, bagaço, sangue, miúdos, vísceras, escamas, entre outros, sendo gerados principalmente em laticínios, abatedouros, indústrias de processamento de carnes, grãos, frutas e hortaliças (Shabeer et al., 2016). De modo geral, os resíduos de origem vegetal apresentam elevados teores de fibras alimentares, carboidratos e compostos fenólicos (Amorim, 2016; Egea et al., 2018), enquanto os resíduos de origem animal apresentam em sua composição, principalmente, elevados teores de proteínas e lipídeos (Luca; Reis, 2002; Haraguchi et al., 2006), os quais podem ser potencialmente aplicados no desenvolvimento de alimentos. Os impactos associados a esses resíduos decorrem da alta geração em termos quantitativos e da lenta degradabilidade em certos casos, e, em outros, da geração de subprodutos que podem ser tóxicos, cumulativos ou de difícil degradação (IPEA, 2012).

A indústria de processamento de produtos de origem animal, principalmente abate, gera grandes volumes de resíduos como sangue, ossos, aparas de carne, pele, tecidos adiposos, tripas, chifres, cascos, pés, penas, escamas, crânio e vísceras. Contudo, mais da metade desses resíduos não são adequados para consumo *in natura*, devido às suas características físicas e químicas incomuns, resultando em perda de receita e aumento de custo para descarte adequado. Por outro lado, esses materiais podem ser submetidos a tratamentos adequados como hidrólise, cozimento e a fermentação, que são capazes de modificar as propriedades dos resíduos e serem reincorporados adequadamente a novos produtos alimentícios, promovendo maior valor agregado e aumento de lucratividade para o setor (Mullen et al., 2017).

Os laticínios são, também, potenciais fontes de geração de resíduos sólidos e líquidos, destacando-se principalmente a produção de soro com elevados teores de lactose e proteínas que podem ser convertidos em ingredientes com propriedades adequadas para inclusão em matrizes alimentares

distintas (Chandrajith; Karunasena, 2018). Ainda, os resíduos de laticínios podem possuir bioatividades importantes para a saúde e propriedades de conservação dos produtos onde são adicionados (Keska et al., 2019).

Entre os vegetais, as frutas e hortaliças, além de raízes e tubérculos, têm as maiores taxas de desperdício quando comparado a outros alimentos, representando de 40 a 50% das perdas globais anualmente. Além disso, 39% desse desperdício de alimentos ocorre durante os processos de fabricação e, deste modo, contribuem significativamente para o grande volume de resíduos que necessitam de destino adequado (FAO, 2017).

Os resíduos de origem vegetal, como os obtidos no processamento de cereais, compreendem uma parte importante da cadeia produtiva de alimentos. Durante o processo de refino de cereais, são coproduzidos diferentes resíduos, que contém além dos nutrientes regulares como proteínas, lipídeos, fibras alimentares, vitaminas e minerais, os chamados fitoquímicos, como fitoesteróis, polifenóis e ácidos fenólicos, que podem fornecer um amplo espectro de atividades biológicas e outros benefícios para a saúde (Skendi et al., 2020).

Em virtude da riqueza de sua composição, além de evitar acúmulos, os resíduos podem ser aplicados no desenvolvimento de alimentos aprimorados do ponto de vista nutricional e tecnológico, seja através do uso integral ou de componentes extraídos dos resíduos. Apesar de apresentarem composição nutricional rica em determinados componentes, podem ser necessários a adoção de tratamentos complementares de modo a promover a transformação dos resíduos, permitindo sua aplicação de maneira adequada, seja pela necessidade de modificação estrutural, redução de tamanho, eliminação de componentes antinutricionais, ou qualquer outro fator necessário para viabilidade de aplicação (Jayathilakan et al., 2012; Lemes et al., 2016a).

## **TRATAMENTOS APLICADOS AOS RESÍDUOS PARA TRANSFORMAÇÃO EM INGREDIENTE ALIMENTAR**

Resíduos alimentares podem apresentar macro e micro componentes de elevado valor nutricional, bioatividade e caráter tecnológico, que justificam o reaproveitamento e incorporação em novos produtos alimentícios. Contudo, ações apropriadas devem ser tomadas para transformar os resíduos em ingredientes para posterior uso. Essas ações compreendem os tratamentos aplicados aos resíduos inteiros, de modo a preservá-los das possíveis reações que levam à sua degradação, e torná-los adequados para futura incorporação nas matrizes alimentícias. Ainda, as ações também envolvem procedimentos que permitam obter componentes individuais e/ou misturas de componentes, que serão adicionados no novo produto alimentício para fins sensoriais, nutricionais, funcionais e tecnológicos.

Jayathilakan et al. (2012) mencionam que as estratégias aplicadas aos resíduos para seu posterior uso em alimentos estão intimamente relacionadas às origens de suas matérias-primas.

Dentre os tratamentos aplicados aos resíduos inteiros, a secagem direta, seguida da redução de tamanho, é a operação mais comum devido à economia e simplicidade de operação. Adicionalmente, o resíduo seco, na maioria das vezes, é facilmente incorporado em matrizes alimentícias, principalmente tratando-se de resíduos de vegetais (Abreu et al., 2019; Egea et al., 2018; Martinez-Giron et al., 2017; Reis et al., 2020). Alguns resíduos oriundos de frutas e legumes, tais como as cascas, as sementes, os talos, os bagaços, entre outros, são secos sob temperatura controlada e circulação forçada do ar; após, têm seu tamanho reduzido até a obtenção de uma farinha uniforme (Crizel et al., 2016; Reis et al., 2020; Resende et al., 2019).

A temperatura varia conforme a matriz do resíduo e deve ser avaliada no processo de secagem, de modo que esta cause a mínima degradação possível dos componentes da farinha. Em geral, resíduos de frutas e legumes são submetidos à secagem em torno de 45 a 65 °C (Crizel et al., 2016; Ferreira et al., 2015; Resende et al., 2019), mas algumas matrizes, tais como casca de laranja e maracujá, resíduos de mandioca, palmito pupunha e soja também permitem a aplicação de temperaturas mais elevadas (Egea et al., 2018; Garcia et al., 2020; Reis et al., 2020). Adicionalmente, os resíduos também podem ser submetidos à secagem a vácuo para a preservação dos seus componentes (Savlak et al., 2016). Menos frequente, a liofilização é aplicada para obtenção do resíduo desidratado e em forma de pó (Marques et al., 2015).

A maceração é um dos procedimentos mais simples e de baixo custo para extração de compostos e óleos essenciais a partir de resíduos vegetais. O processo é composto por uma série de etapas, tais como moagem completa do vegetal, mistura do material moído com solvente adequado, descarte do solvente, prensagem do resíduo sólido e filtração. A extração pode ser acompanhada de agitação para aumentar a taxa de extração (Sagar et al., 2018). Em maior escala, óleos oriundos de resíduos alimentares são comumente extraídos através de prensagem a frio e hidrodestilação (Gavahian et al., 2019).

A extração sólido-líquido é um dos métodos mais utilizados na extração de pectina, fibras dietéticas, óleos, pigmentos e compostos fenólicos dos resíduos alimentares de origem vegetal (Gulzar et al., 2020). A escolha do solvente depende do componente a ser extraído, onde ácidos minerais ou orgânicos podem ser aplicados na extração de pectina (Marić et al., 2018), enquanto álcoois podem ser utilizados na obtenção de antocianinas (Vargas et al., 2017a) e carotenoides (Vargas et al., 2017b). Em geral utiliza-se a extração com etanol devido ao seu uso permitido na indústria de alimentos. Em alguns casos a água pode ser utilizada como solvente extrator, porém com certas limitações, permitindo que apenas espécies solúveis sejam extraídas. Outros solventes, como o metanol, apresentam boa capacidade

extratora e menor custo, porém impedem a aplicação posterior do extrato em nova matriz alimentícia, devido à sua natureza não alimentar (Fritsch et al., 2017). A extração sólido-líquido também pode ocorrer sob aquecimento (Sagar et al., 2018).

Devido à carga microbiana e possível presença de príons em resíduos do abate de animais, estes devem ser submetidos à segregação e hidrólise térmica ou alcalina para desativação dos patógenos, antes de serem utilizados para extração de proteínas de interesse (Toldrá et al., 2016). Proteínas presentes em tecidos residuais do abate (peças cárneas não comestíveis, gordura, penas e sangue) apresentam baixa solubilidade em água, sendo necessário o emprego do calor, de produtos químicos, de enzimas, ou a combinação destes, para a sua recuperação (Adhikari et al., 2018). Resíduos como peles, ossos e cartilagens são tratados com ácidos para extração do colágeno que, posteriormente, é submetido à desnaturação térmica ou hidrólise enzimática para obtenção de gelatina (Baiano, 2014; Jayathilakan et al., 2012). Proteínas de resíduos do abate de bovinos (Lynch et al., 2018), de suínos (Hrynets et al., 2010), de frangos (Colemebergue et al., 2019) e de pescados (Freitas et al., 2011; Surasani et al., 2017) são comumente recuperadas por solubilização ácida ou alcalinas seguido de precipitação isoelétrica. Resíduos da indústria de laticínios, tais como soro de queijo, são altamente ricos em proteínas, podendo estas serem recuperadas por técnicas de separação por membranas (Mirabella et al., 2014).

Resíduos proteicos, em especial o sangue e o plasma, são ricos em proteínas (Bah et al., 2015), as quais podem ser fracionadas à peptídeos para posterior incorporação em alimentos funcionais. O fracionamento pode ocorrer através de hidrólise em meio aquoso sob condições controladas utilizando enzimas proteolíticas (alcalase, pepsina, termolisina, tripsina) (Toldrá et al., 2016). A recuperação da proteína hidrolisada envolve a desativação das enzimas proteolíticas e posterior processamento do hidrolisado, esta última envolvendo etapas de separação sólido/líquido (centrifugação), fracionamento (separação por membranas) e secagem por *spray drying* ou à vácuo. A hidrólise enzimática apresenta a vantagem de ser altamente seletiva e conduzida sob condições relativamente brandas (pH e temperatura) (Adhikari et al., 2018), no entanto, o longo processo de operação e a quantidade de enzima, limitam sua aplicação (Adhikari et al., 2018; Marciniak et al., 2018).

Outras tecnologias têm sido estudadas e aplicadas na extração de diversos componentes de resíduos alimentares, tais como: extração assistida por ultrassom, micro-ondas, campos elétricos pulsados ou descargas elétricas de alta voltagem; extração utilizando fluidos sub e supercríticos ou líquidos pressurizados; extração assistida por enzimas; pervaporação e separação por membranas (micro e ultrafiltração) (Baiano, 2014; Galanakis et al., 2015; Sagar et al., 2018). No entanto, existe uma lacuna na aplicação de algumas tecnologias em larga escala devido ao elevado custo operacional e consumo de energia (Galanakis et al., 2015).

Superada a etapa de tratamento e fracionamento dos componentes de interesse, as matérias-primas tratadas e/ou os componentes isolados podem ser aplicados em matrizes alimentares visando incremento das propriedades sensoriais, nutricionais e tecnológicas, sendo de fundamental importância a avaliação das alterações causadas pela incorporação.

## **APLICAÇÃO DOS RESÍDUOS EM PRODUTOS ALIMENTÍCIOS**

Diversos estudos foram desenvolvidos no sentido de incentivar a exploração e aplicação dos resíduos em novos produtos, em especial alimentos e bebidas, o que contribui para o desenvolvimento de uma cadeia de valorização sustentável, seja do ponto de vista ambiental, econômico, nutricional ou social. Entre os resíduos mais utilizados no desenvolvimento e enriquecimento de alimentos, tanto por meio da incorporação direta quanto após tratamento para modificações de suas propriedades, destacam-se os resíduos provenientes de cereais, frutas, hortaliças, carnes, pescados e da indústria láctea.

Esses resíduos podem ser utilizados como ingredientes para a obtenção de alimentos com características nutricionais, sensoriais e tecnológicas requeridas pelos fabricantes e, principalmente, pelos consumidores finais. Neste sentido, diversos resíduos agroindustriais foram modificados para atender as necessidades de aplicação nas matrizes alimentares, visando, por exemplo, redução da complexidade estrutural, melhora de solubilidade, biodisponibilidade de micro nutrientes e, ainda, a redução de fatores antinutricionais, que poderiam afetar nutricionalmente sua inclusão (Luithui et al., 2019).

Após o tratamento dos resíduos, estes podem apresentar maior funcionalidade e digestibilidade, estando aptos para serem utilizados na elaboração de produtos alimentícios convencionais, mas com maior valor agregado, tais como pães (Martins et al., 2017; Reis et al., 2020; Rosell et al., 2001), massas (Levent et al., 2020), biscoitos (Abreu et al., 2019; Egea et al., 2018; Garcia et al., 2020), bolos (Martínez-Giron et al., 2017), barras de cereais (Showkat et al., 2018), cereais matinais (Ferreira et al., 2015; Grasso, 2020), mingaus instantâneos (Sharma et al., 2016), e pastas vegetais (Guimarães et al., 2018). Além disso, alguns resíduos apresentam potencialidade como agente espessante, substitutos de gordura e estabilizadores, conferindo abordagens promissoras (Frauenlob et al., 2017).

Os resíduos podem ser usados a um custo relativamente baixo em formulações de alimentos, substituindo parcialmente ingredientes calóricos, tais como gorduras, farinhas, amidos ou açúcares (García-Amezquita et al., 2018), como aditivos funcionais, aromatizantes, corantes e texturizantes, principalmente por esses conterem quantidades relevantes de compostos bioativos, como ácidos fenólicos, flavonoides, ou por apresentar propriedades antimicrobianas e antioxidantes, como lignanas e estilbenos (Ayala-Zavala et al., 2011).

Dos resíduos do processamento, frutas e vegetais representam 61% dos principais resíduos utilizados com maior frequência no enriquecimento de produtos de origem animal, bebidas, laticínios, produtos de panificação, entre outros. A alta utilização está relacionada aos altos teores de compostos com atividade antioxidante (Trigo et al., 2020). A aplicação de resíduos de frutas e vegetais não se limita apenas aos grupos de alimentos mencionados, há relatos de aplicações em inúmeros setores da indústria de alimentos, como doces (Kumar et al., 2018), purês de frutas (Bobinaitė et al., 2016) e mostarda (Davis et al., 2018).

Devido à crescente demanda por produtos com elevado teor proteico e biológico na indústria de alimentos, os resíduos de origem animal se mostram como os principais responsáveis por suprir tal demanda (Anzani et al., 2020). O tratamento aplicado aos resíduos animais, ricos em colágeno, possibilita a posterior obtenção de compostos como a gelatina, sendo utilizada em sopas, molhos, sobremesas, lácteos e ainda, como invólucro e embalagens para alimentos (Ferraro et al., 2016). Outro resíduo de considerável importância é o plasma sanguíneo, que apresenta propriedades emulsificantes, gelificantes, espumantes e de solubilidade, sendo incorporado como um aglutinante em produtos cárneos, substitutos de ovos em produtos panificáveis e substitutos de gordura e polifosfatos (Ofori; Hsieh, 2011). Por fim, estudos mais recentes, tem destacado a produção de peptídeos bioativos com bioatividades variadas, incluindo propriedades antioxidantes, antimicrobianas e anti-hipertensivas, obtidos a partir da hidrólise de resíduos de origem animal, principalmente, cárneos e pescados (Borrajo et al., 2019; Lafarga et al., 2017).

## CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS

Dentro da perspectiva de biorrefinaria, a reintrodução efetiva dos resíduos na cadeia agroalimentar ainda carece de tecnologias que permitam a integração dos processos de produção do alimento e recuperação do(s) resíduo(s) gerado(s) na mesma unidade industrial, fato este que deve ser explorado. Tem-se também como perspectivas futuras, o aprimoramento e o desenvolvimento de tecnologias para o tratamento eficiente de resíduos alimentares, que preservem os componentes da matriz e possibilitem a incorporação do resíduo em novos produtos. Não menos importante, projeta-se o constante desenvolvimento de produtos alimentícios incorporados de resíduos e/ou de seus componentes previamente extraídos

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu J, Quintino I, Pascoal G, Postinger B, Cadena R, Teodoro A (2019). Antioxidant capacity, phenolic compound content and sensory properties of cookies produced from organic grape peel (*Vitis labrusca*) flour. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(4): 1215-1224.

- Adhikari B, Chae M, Bressler D (2018). Utilization of slaughterhouse waste in value-added applications: recent advances in the development of wood adhesives. *Polymers*, 10(2): 176.
- Amorim QS (2016). Resíduos da indústria processadora de polpas de frutas: capacidade antioxidante e fatores antinutricionais. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Bahia. 89p.
- Anzani C, Boukid F, Drummond L, Mullen AM., Álvarez C (2020). Optimising the use of proteins from rich meat co-products and non-meat alternatives: nutritional, technological and allergenicity challenges. *Food Research International*, 137: 109575.
- Ayala-Zavala JF, Vega-Vega V, Rosas-Domínguez C, Palafox-Carlos H, Villa-Rodríguez JA, Siddiqui MW, Dávila-Aviña JE, González-Aguilar GA (2011). Agro-industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Research International*, 44(7): 1866-1874.
- Bah CSF, Bekhit AE-DA, Carne A, McConnell MA (2015). Production of bioactive peptide hydrolysates from deer, sheep and pig plasma using plant and fungal protease preparations. *Food Chemistry*, 176: 54-63.
- Baiano A (2014). Recovery of biomolecules from food wastes – a review. *Molecules*, 19(9): 14821-14842.
- Bobinaitė R, Viskelis P, Bobinas Č, Miežlienė A, Alenčikienė G, Venskutonis PR (2016). Raspberry marc extracts increase antioxidative potential, ellagic acid, ellagitannin and anthocyanin concentrations in fruit purees. *LWT - Food Science and Technology*, 66: 460-467.
- Borrajo P, Pateiro M, Barba FJ, Mora L, Franco D, Toldrá F, Lorenzo JM (2019). Antioxidant and antimicrobial activity of peptides extracted from meat by-products: a review. *Food Analytical Methods*, 12(11): 2401-2415.
- Chandrajith G, Karunasena D (2018). Applications of whey as a valuable ingredient in food industry. *Journal of Dairy & Veterinary Sciences*, 6(5): 555698
- CNA (2019). PIB do agronegócio cresce 3,81% em 2019. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/>>. Acesso em: 02/09/2020.
- Colembergue JP, Souza MM, Prentice-Hernández C (2019). Influence of process conditions used to obtain protein isolates from chicken feather meal. *International Food Research Journal*, 26(4): 1351–1357.
- Costa CCD, Guilhoto JJM, Imori D (2013). Importância dos setores agroindustriais na geração de renda e emprego para a economia brasileira. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 51: 787-814.
- Crizel TM, Hermes VS, Rios AO, Flôres SH (2016). Evaluation of bioactive compounds, chemical and technological properties of fruits byproducts powder. *Journal of Food Science and Technology*, 53(11): 4067-4075.

- Davis L, Jung J, Colonna A, Hasenbeck A, Gouw V, Zhao Y (2018). Quality and consumer acceptance of berry fruit pomace-fortified specialty mustard. *Journal of Food Science*, 83(7): 1921-1932.
- Egea MB, Bolanho BC, Lemes AC, Bragatto MM, Silva MR, Carvalho JCM, Danesi EDG (2018). Low cost cassava, peach palm and soy by-products for the nutritional enrichment of cookies: physical, chemical and sensorial characteristics. *International Food Research Journal*, 25(3): 1204-1212.
- FAO (2013). Food waste harms climate, water, land and biodiversity – new FAO report. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<https://www.unenvironment.org/news-and-stories/press-release/food-waste-harms-climate-water-land-and-biodiversity-new-fao-report>>. Acesso em: 02/08/20.
- FAO (2017). *The future of food and agriculture - trends and challenges*. (Ed.) Food and Agriculture Organization of United Nations, Roma. 180 p.
- Ferraro V, Anton M, Santé-Lhoutellier V (2016). The “sisters”  $\alpha$ -helices of collagen, elastin and keratin recovered from animal by-products: functionality, bioactivity and trends of application. *Trends in Food Science & Technology*, 51: 65-75.
- Ferreira MS, Santos MC, Moro TM, Basto GJ, Andrade RM, Gonçalves ÉC (2015). Formulation and characterization of functional foods based on fruit and vegetable residue flour. *Journal Food Science Technology*, 52(2): 822-830.
- Frauenlob J, Moriano ME, Innerkofler U, D'Amico S, Lucisano M, Schoenlechner R (2017). Effect of physicochemical and empirical rheological wheat flour properties on quality parameters of bread made from pre-fermented frozen dough. *Journal of Cereal Science*, 77: 58-65.
- Freitas IR, Gautério GV, Rios DG, Prentice C (2011). Functionality of protein isolates from Argentine anchovy (*Engraulis anchoita*) residue obtained using pH shift processing. *Journal of Food Science and Engineering*, 1: 374-378.
- Fritsch C, Stähler A, Happel A, Cubero Márquez M, Aguiló-Aguayo I, Abadias M, Gallur M, Cigognini I, Montanari A, López M, Suárez-Estrella F, Brunton N, Luengo E, Sisti L, Ferri M, Belotti G (2017). Processing, valorization and application of bio-waste derived compounds from potato, tomato, olive and cereals: a review. *Sustainability*, 9: 1492.
- Galanakis CM, Barba FJ, Prasad KN (2015). Cost and safety issues of emerging technologies against conventional techniques. In: Galanakis CM (Ed). *Food Waste Recovery*. Academic Press: San Diego, 321-336.
- García-Amezquita LE, Tejada-Ortigoza V, Serna-Saldivar SO, Welti-Chanes J (2018). Dietary fiber concentrates from fruit and vegetable by-products: processing, modification, and application as functional ingredients. *Food and Bioprocess Technology*, 11(8): 1439-1463.

- Garcia MV, Milani MS, Ries EF (2020). Production optimization of passion fruit peel flour and its incorporation into dietary food. *Food Science Technology International*, 26(2): 132-139.
- Gavahian M, Chu Y-H, Mousavi Khaneghah A (2019). Recent advances in orange oil extraction: an opportunity for the valorisation of orange peel waste a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(4): 925-932.
- Grasso S (2020). Extruded snacks from industrial by-products: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 99: 284-294.
- Guimarães RM, Silva TE, Lemes AC, Boldrin MCF, Silva MAP, Silva FG, Egea MB (2018). Okara: a soybean by-product as an alternative to enrich vegetable paste. *LWT - Food Science and Technology*, 92: 593-599.
- Gulzar S, Raju N, Chandragiri Nagarajarao R, Benjakul S (2020). Oil and pigments from shrimp processing by-products: extraction, composition, bioactivities and its application - a review. *Trends in Food Science & Technology*, 100: 307-319.
- Haraguchi FK, Abreu WCD, Paula HD (2006). Proteínas do soro do leite: composição, propriedades nutricionais, aplicações no esporte e benefícios para a saúde humana. *Revista de Nutrição*, 19: 479-488.
- Hrynets Y, Omana DA, Xu Y, Betti M (2010). Effect of acid- and alkaline-aided extractions on functional and rheological properties of proteins recovered from mechanically separated turkey meat (MSTM). *Journal Food Science*, 75(7): E477-E486.
- IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2012). *Diagnóstico dos resíduos orgânicos do setor agropecuario e agroindústrias associadas (relatório de pesquisa)* (Ed.) IPEA, Brasília. 134 p.
- Jayathilakan K, Sultana K, Radhakrishna K, Bawa AS (2012). Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review. *Journal of food science and technology*, 49(3): 278-293.
- Keska P, Wójciak KM, Stadnik J (2019). Bioactive peptides from beef products fermented by acid whey in vitro and in silico study. *Scientia Agricola*, 76: 311-320.
- Kumar V, Kushwaha R, Goyal A, Tanwar B, Kaur J (2018). Process optimization for the preparation of antioxidant rich ginger candy using beetroot pomace extract. *Food Chemistry*, 245: 168-177.
- Lafarga T, Álvarez C, Hayes M (2017). Bioactive peptides derived from bovine and porcine co-products: a review. *Journal of Food Biochemistry*, 41(6): e12418.
- Lemes AC, Sala L, Ores JC, Braga ARC, Egea MB, Fernandes KF (2016a). A review of the latest advances in encrypted bioactive peptides from protein-rich waste. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(6): 1-24.

- Lemes AC, Alvares GT, Egea MB, Brandelli A, Kalil SJ (2016b). Simultaneous production of proteases and antioxidant compounds from agro-industrial by-products. *Bioresource Technology*, 222: 210-216.
- Lemes AC, Takeuchi KP, Carvalho JCM, Danesi EDG (2012). Fresh pasta production enriched with *Spirulina platensis* biomass. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 55: 741-750.
- Levent H, Koyuncu M, Bilgiçli N, Adıgüzel E, Dedeoğlu M (2020). Improvement of chemical properties of noodle and pasta using dephytinized cereal brans. *LWT - Food Science and Technology*, 128: 109470.
- Luca GC, Reis BF (2002). Espectrofotometria de proteínas totais em plasma de sangue bovino por análise em fluxo. *Scientia Agricola*, 59: 251-256.
- Luithui Y, Baghya Nisha R, Meera MS (2019). Cereal by-products as an important functional ingredient: effect of processing. *Journal of Food Science and Technology*, 56(1): 1-11.
- Lynch SA, Álvarez C, O'Neill EE, Keenan DF, Mullen AM (2018). Optimization of protein recovery from bovine lung by pH shift process using response surface methodology. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(5): 1951-1960.
- Marciniak A, Suwal S, Naderi N, Pouliot Y, Doyen A (2018). Enhancing enzymatic hydrolysis of food proteins and production of bioactive peptides using high hydrostatic pressure technology. *Trends in Food Science & Technology*, 80: 187-198.
- Marić M, Grassino AN, Zhu Z, Barba FJ, Brnčić M, Rimac Brnčić S (2018). An overview of the traditional and innovative approaches for pectin extraction from plant food wastes and by-products: ultrasound-, microwaves-, and enzyme-assisted extraction. *Trends in Food Science & Technology*, 76: 28-37.
- Marques TR, Corrêa AD, Alves APC, Simão AA, Pinheiro AC, Ramos VO (2015). Cereal bars enriched with antioxidant substances and rich in fiber, prepared with flours of acerola residues. *Journal Food Science Technology*, 52(8): 5084-5092.
- Martinez-Giron J, Figueroa-Molano AM, Ordonez-Santos LE (2017). Effect of the addition of peach palm (*Bactris gasipaes*) peel flour on the color and sensory properties of cakes. *Food Science and Technology*, 37: 418-424.
- Martins ZE, Pinho O, Ferreira IMPLVO (2017). Food industry by-products used as functional ingredients of bakery products. *Trends in Food Science & Technology*, 67: 106-128.
- Mirabella N, Castellani V, Sala S (2014). Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. *Journal of Cleaner Production*, 65: 28-41.
- Mullen AM, Álvarez C, Zeugolis DI, Henschion M, O'Neill E, Drummond L (2017). Alternative uses for co-products: harnessing the potential of valuable compounds from meat processing chains. *Meat Science*, 132: 90-98.

- Ofori J, Hsieh P (2011). Blood-derived products for human consumption. *Revelation and Science*, 1(01): 14-21.
- Oliveira-Filho JG, Rodrigues JM, Valadares ACF, Almeida AB, Valencia-Mejia E, Fernandes KF, Lemes AC, Alves CCF, Sousa HAF, Silva ER, Egea MB, Dyszy FH (2020). Bioactive properties of protein hydrolysate of cottonseed byproduct: antioxidant, antimicrobial, and angiotensin-converting enzyme (ACE) inhibitory activities. *Waste and Biomass Valorization*, 1-10.
- Paula LC, Lemes AC, Neri HFS, Batista KA, Fernandes KF (2020). Antioxidant and antiperoxidative effect of polypeptides from common beans (*Phaseolus vulgaris*, cv BRS Pontal). *Brazilian Journal of Development*, 6(7): 50569-50580.
- Ravindran R, Hassan SS, Williams GA, Jaiswal AK (2018). A review on bioconversion of agro-industrial wastes to industrially important enzymes. *Bioengineering*, 5(4): 93.
- Reis, LCR, Facco EMP, Salvador M, Flôres SH, Rios AO (2020). Characterization of orange passion fruit peel flour and its use as an ingredient in bakery products. *Journal of Culinary Science & Technology*, 18(3): 214-230.
- Resende LM, Franca AS, Oliveira LS (2019). Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) fruit by-products flours: Evaluation as source of dietary fibers and natural antioxidants. *Food Chemistry*, 270: 53-60.
- Rosell CM, Rojas JA, Barber CBd (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*, 15(1): 75-81.
- Sagar NA, Pareek S, Sharma S, Yahia EM, Lobo MG (2018). Fruit and vegetable waste: bioactive compounds, their extraction, and possible utilization. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(3): 512-531.
- Savlak N, Türker B, Yeşilkanat N (2016). Effects of particle size distribution on some physical, chemical and functional properties of unripe banana flour. *Food Chemistry*, 213: 180-186.
- Shabeer M, Sultan MT, Abrar M, Suffyan Saddique M, Imran M, Saad Hashmi M, Sibte-Abbas M (2016). Utilization of defatted mango kernel in wheat-based cereals products: nutritional and functional properties. *International Journal of Fruit Science*, 16(4): 444-460.
- Sharma SK, Bansal S, Mangal M, Dixit AK, Gupta RK, Mangal AK (2016). Utilization of food processing by-products as dietary, functional, and novel fiber: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(10): 1647-1661.
- Showkat S, Dar AH, Khan S (2018). Effect of mung bean and rice on physico-chemical, sensory and microstructural properties of cereal bars. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 10(4): 70-78.

- Skendi A, Zinoviadou K, Papageorgiou M, Rocha J (2020). Advances on the valorisation and functionalization of by-products and wastes from cereal-based processing industry. *Foods*, 9(9): 1243.
- Surasani VKR, Tyagi A, Kudre T (2017). Recovery of proteins from rohu processing waste using pH shift method: characterization of isolates. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 26(3): 356-365.
- Toldrá F, Mora L, Reig M (2016). New insights into meat by-product utilization. *Meat Science*, 120: 54-59.
- Trigo JP, Alexandre EMC, Saraiva JA, Pintado ME (2020). High value-added compounds from fruit and vegetable by-products - characterization, bioactivities, and application in the development of novel food products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(8): 1388-1416.
- Vargas EF, Jablonski A, Flôres SH, Rios AO. (2017a). Obtention of natural dyes from industrial blackberry pulp residues (*Rubus* sp). *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(1): e12777.
- Vargas EF, Jablonski A, Flôres SH, Rios AO (2017b). Waste from peach (*Prunus persica*) processing used for optimisation of carotenoids ethanolic extraction. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(3): 757-762.

## Peppers the genera *Capsicum* as bioactive compounds sources: a review

Received in: 17/09/2020

Accepted in: 29/09/2020

 10.46420/9786588319277cap7

Gisele Teixeira de Souza Sora<sup>1\*</sup> 

Marcos Vieira de Silva<sup>2</sup> 

Gabrieli Oliveira Folador<sup>1</sup> 

Ladyslene Chrisyhyns de Paula<sup>1</sup> 

Charles Windson Isidoro Haminiuk<sup>3</sup> 

Rosane Marina Peralta<sup>4</sup> 

### INTRODUCTION

Peppers the genera *Capsicum* pertain to family Solanaceae, botanic specie with particular characteristics, because produces fruits of spicy taste, that vary ranging from low or hight pungency (Ribeiro et al., 2008). Are cultivated in warm climate regions worldwide, especially in Asia, northern America, Europe, and tropical and subtropical Africa (Thampi, 2004).

This Genus present great morphological variation, fruits with diverse sizes, shapes, colors, and varying degree of pungency. The pungency is an exclusive feature to this genus because to capsaicinoids, especiallly the capsaicin and dihydrocapsaicin. The ripe fruit is generally red but varies from milky yellow to purple. The format varies according to the species, can be fruits elongated, round, triangular, conical, and square fruits (Costa, Henz, 2007). Peppers also present great variation of vitamins composition, antioxidant compounds, and other phytochemicals (Chuah et al., 2008).

This sensory attributes of color, taste and pungency makes peppers so popular and provide their use in different research fields, food industry, pharmaceutical, cosmetics and even chemical agent production.

*Capsicum* peppers are of social and economic importance for agribusiness. Total pepper production increased by 25 % in a decade (2006 – 2016). In 2018, the global production of *Capsicum* peppers was 40.9 million tons in a cultivated area of 3.8 million hectares. The main producers were: China (45.3%), Mexico

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia de Alimentos, Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Ariquemes, RO, Brasil.

<sup>2</sup> Departamento de Tecnologia em Agroindústria, Instituto Federal Farroupilha (IFFar), Alegrete, RS, Brasil.

<sup>3</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (PPGCTA) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, PR, Brasil.

<sup>4</sup> Programa de Pós graduação em Ciência de Alimentos, Universidade Estadual de Maringá (UEM). Maringá, PR, Brasil.

\* Corresponding author: giselesora@unir.br

(8.4%), Turkey (6.3%), Indonesia (6.2%), India (4.6%), Spain (3.1 %), Nigeria (2.0%), Egypt (1.9%), United States (1.7%), Algeria (1.6%) and Tunisia (1.1%) (FAOSTAT, 2019).

Due to its tropical climate, Brazil has a wide variety of fruits of the genus *Capsicum*, are found domesticated, semidomesticated and wild species throughout the country. The domesticated species *C. annuum* L., *C. Baccatum*, *C. Chinense* and *C. frutescens* L. are widely cultivated, especially in the Southeast and Midwest (Ribeiro et al., 2008). Current official data on the production of these crops in Brazil were not found, however Pinheiro et al. (2012) describe that the production in 2012 comprised about 75 thousand tons cultivated in 5 thousand hectares. Pinto et al. (2016) state in your research that the cultivation of peppers increases considerably each year in Brazil.

In addition to the wide consumption of fresh pepper, several products derived from peppers are widely used in the industry, such as oleoresin, enriched extracts, paprika, which is widely used as a spice in meat products, soups, sauces and snacks, contributing to pungency, color attributes and flavor (Buckenhuskes, 2003; Baenas et al., 2018).

Recently, researches have considered the use of pepper and or its sub-products as antimicrobial or antioxidant agents, due to the variety of bioactive substances contained in your composition (Baenas et al., 2018).

Research carried out in the area of foods seeks ever more informations in relation to the benefits of foods healthy, advances in analytical methodologies and chemical and functional properties of bioactive compounds in natural matrices such in peppers and their by-products (Sanatombi; Rajkumari, 2019; Srinivasan 2015; Buckenhuskes, 2003) .

The interest in bioactive compounds in peppers has increased due their benefits on human health established in several studies, especially about the antioxidant, anti-inflammatory and analgesic properties of capsaicin, which is a bioactive exclusive to *Capsicum* genus peppers (Srinivasan, 2005; Sanatombi; Rajkumari, 2019). The pharmacological biological effects of Capsaicin are widely proved, such as: hypolipidemic and hypoglycemic potential, restoration of resistance and vigor, reduction of obesity and diabetes, thermogenic action, influence and beneficial effects on the gastrointestinal and respiratory systems, fatigue decrease, cancer prevention, among others (Chaiyasit et al., 2009; Srinivasan, 2005; Sanatombi; Rajkumari, 2019, Srinivasan, 2015).

Literature data show significant differences on the content of bioactive compounds in peppers. Distinct techniques used in both extraction and quantification, pepper variety, climatic and atmospheric conditions at the place of cultivation, can influence the content of these compounds and, consequently, the antioxidant properties (Boyukbayram et al., 2006).

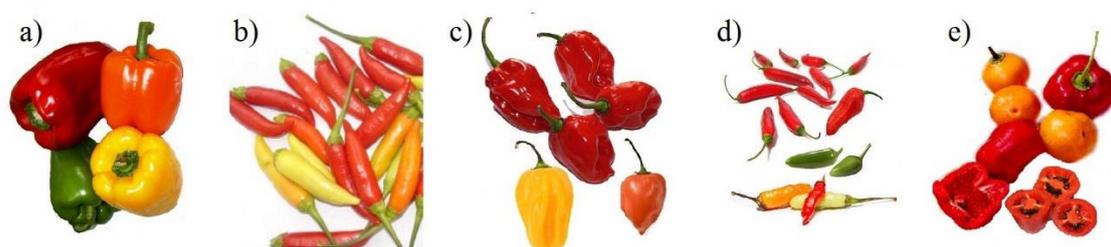
For better understanding of genus *Capsicum* peppers and their properties, this chapter compiles data the different types of fruits, characteristics and biological activities already researched.

## PEPPERS THE GENUS *CAPSICUM*

The most bibliographies describe that pepper of the genus *Capsicum* are native of the American continent, but the exact origin is controversial, some researchers believe be original is the Amazon basin, while others believe it have arisen could be Central America or Mexico (Bontempo, 2007; Carvalho et al., 2006; Ribeiro et al. 2008).

*Capsicum* species are divided into three categories: domesticated plants, which have undergone certain genetic changes and do not survive under natural conditions, need human cultivation, semidomesticated plants with a lower degree of dependence on human cultivation and wild ones, present in natural environments, reproduce in abundance, especially in the Amazon region, do not require any human cultivation (SanatombiRajkumari, 2019; Ribeiro et al., 2008).

Genus *Capsicum* has around 27 known species only five domesticated and largely cultivated: *C. annuum* var. *annuum*, *C. baccatum* var. *pendulum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, and *C. pubescens*; among those, only *C. pubescens* is not cultivated in Brazil (Figure 1). There is three the semi-domesticated species: *Capsicum annuum* var. *glabriusculum*, *Capsicum baccatum* var. *praetermissum* and *Capsicum baccatum* var. *baccatum*, the others are wild species (Ribeiro et al., 2008; Costa; Henz, 2007).



**Figure 1.** Peppers domesticated of the genus *Capsicum*: *annuum* var. *annuum* (a); *baccatum* var. *pendulum* (b); *chinensense* (c); *frutescens* (d); *pubescens* (e). Source: the authors 2020.

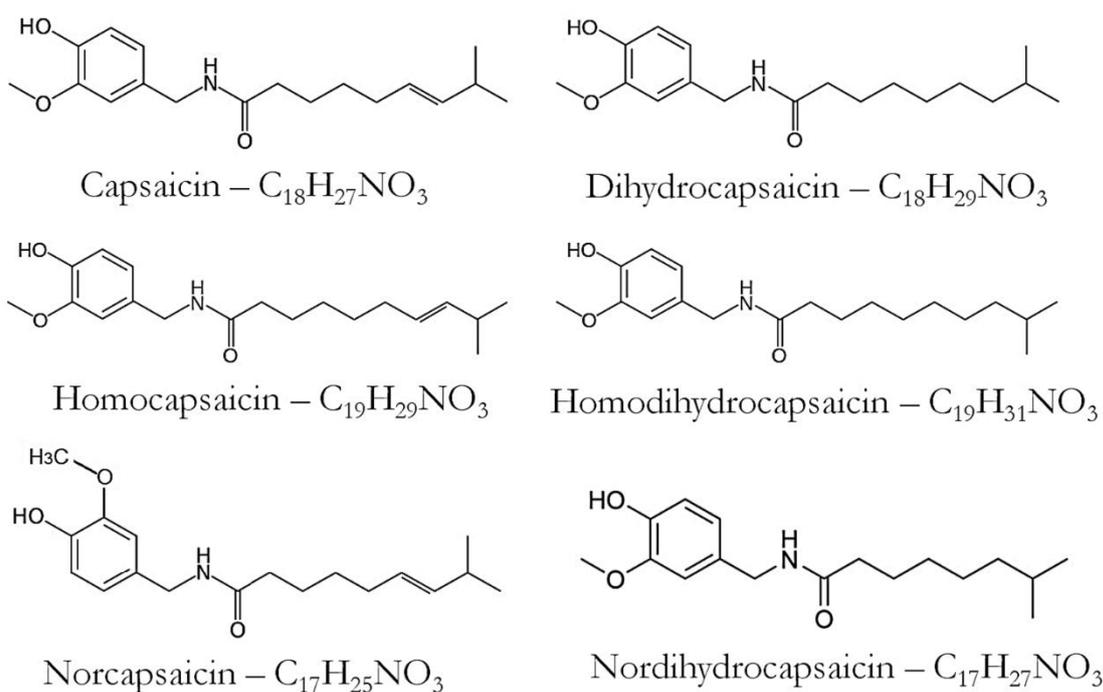
It is possible to differentiate species and varieties according to their morphological characteristics, observed mainly in the flowers (Ribeiro et al., 2008; Carvalho et al., 2006). In botanical terms, the fruit is fleshy and involves the seeds in a hollow structure. Their multiple shapes, sizes, colors, and pungencies are responsible for the variation among the different species (Carvalho et al., 2006; Pinto et al., 2016).

*Capsicum* pepper is cultivated of out worldwide. Of the five domesticated species, the cultivation of the species *C. annuum* var. *annuum* is widely developed in Mexico and Central America; *C. frutescens* in the southeastern Brazil as far as Central America; the variety *C. baccatum* var. *pendulum* has its largest production in Bolivia and southeastern Brazil; *C. chinense*, is the most Brazilian of the domesticated species, originaty

Amazon Basin and *C. pubescens* is grown in Peru, Bolivia, Chile, Argentina and Ecuador (Carvalho et al., 2006; DeWitt; Bosland, 2009, Thampi 2004).

In Brazil, *Capsicum* peppers are produced in almost all states, the main producers are: Minas Gerais, São Paulo, Goiás, Ceará and Rio Grande do Sul. Part of this production is exported from different forms, such as paprika, paste, dehydrated and ornamental preserves (Ribeiro et al., 2008).

Pungency is an important attribute of the fruits of the genus *Capsicum*, it comes from alkaloids, present only in this genus (Jarret et al., 2007). Capsaicin and dihydrocapsaicin are the main capsaicinoids responsible for up to 90% of the total pungency of the peppers fruits, they differ only by a double bond in the aliphatic chain of capsaicin making it less lipophilic than dihydrocapsaicin (Garcés-Claver et al., 2006; DeWitt; Bosland, 2009). Besides them, at least nine smaller capsaicinoids have already been found, they are: norcapsaicin, nordihydrocapsaicin, homocapsaicin I, homodihydrocapsaicin I, homocapsaicin II, homodihydrocapsaicin II, n-vanillyl nonanamide, n-vanillyl octanamide and n-vanillyl. Figure 2 shows the chemical structures of the most important (Garcés-Claver et al., 2006).



**Figure 2.** Molecular structure of the main capsaicinoids in *Capsicum* peppers. Source: the authors 2018.

The pungency can be measured in using specific devices such as LC (high efficiency liquid chromatography), by Scoville Heat Units in scale (“Scoville Heat Units-SHU”) or for by Scoville organoleptic test (dilution and proof procedure). The SHU value can vary from zero to 15,000.00 (pure

capsaicin) of Scoville units, the higher the value of Scoville heat units, the greater the concentration of capsaicin and consequently the more pungent it's the pepper (Carvalho et al., 2006; Barnett, 2006).

Five levels of pepper pungency can be considered in relation to the Scoville scale, measured in heat units (SHU): 0-700 (not pungent), 700-3,000 (slightly pungent), 3,000-25,000 (moderately spicy), 25,000-70,000 (highly pungent), and greater than 80,000 (extremely spicy) (Scoville, 1912; Gonzalez-Zamora et al., 2013). Table 1 shows the qualifications of the five domesticated species of *Capsicum* peppers.

**Table 1.** Different varieties of *Capsicum* peppers and their specifications. Source: the authors 2010.

Variety	Types of peppers	Origin and production	Characteristics	Use	Pungency (SHU)	References
<i>Annuum</i> var. <i>annuum</i> .	Bell pepper, caiena, jalapeno, cherry Pepper, chili, cone Pepper, green capsicum, red Pepper.	Native of North America and the north of South America. Produced worldwide.	Species encompass different types, colors, and sizes of peppers, the pungencies vary from little to very peppery.	Smaller peppers are more pungent, used mainly as condiment; non pungent bell peppers are used in salads and food preparation.	Variation of around zero for bell pepper (low pungency) to 40,000 for caiena (high pungency)	DeWitt; Bosland, 2009; Lim, 2013; Reifschneider et al., 2009; Barnett, 2006.
<i>Baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	Aji pepper (aji rojo), cambuci, peri-peri pepper, peperoncini, chifre de veado.	Native of South America, especially Peru and Bolivia. Largely cultivated in Argentina, Colombia, Equator, and Brazil.	Mildly pungent, the fruits are generally small, oval or round; The fruits are red when ripe.	When fresh are used in sauces and cannings, when dehydrated (in flakes) is used as seasoning.	Varies from 5,000 to 50,000 Scoville units to aji amarillo chili and aji.	Reifschneider et al., 2009; Costa; Henz, 2007; Barnett, 2006; Lim, 2013.
<i>Chinensense</i>	Habanero, malagueta, murici, bode, murupi, cumari do Pará (yellow chili).	Typical to the Amazon Basin. Largely cultivated in Brazil and Mexico.	Great variability of forms (round and oval), colors (from yellow to red), and pungency.	Highly used in the preparation of pepper sauces.	Soft to strong, reaching up to 500 thousand Scoville units for habanero, one of the most peppery in the world.	Costa; Henz, 2007; Carvalho et al. 2006; Barnett, 2006; Lim, 2013
<i>Frutescens</i>	Tabasco, cayenne pepper, piri piri, jindungo pepper, african chillies.	Native of tropical regions of America. Produced majorly in Brazil, Portugal, Africa, and South of Asia.	Low morphological variation, generally small, red, tapered and conical fruits.	Largely used in the production of canning and pepper sauces.	High pungency content, with variation from around 50,000 to 100,000 Scoville units.	Costa; Henz, 2007; Carvalho et al., 2006; Barnett, 2006; Lim, 2013.
<i>Pubescens</i>	Rocoto or locoto pepper, manzano, caballo, peron pepper.	Native of Bolivia, found mainly in South America and Central America. Develops well in subtropical climates and is resistant to low temperatures.	It is the most distinguished of the <i>Capsicum</i> species. Has Black seeds and present hairiness on the pulp.	Used as condiment for specific dishes, such as ceviche.	Extremely pungent (30,000 to 50,000 Scoville units).	(DeWitt; Bosland, 2009; Barnett, 2006; Yamamoto et al., 2013).

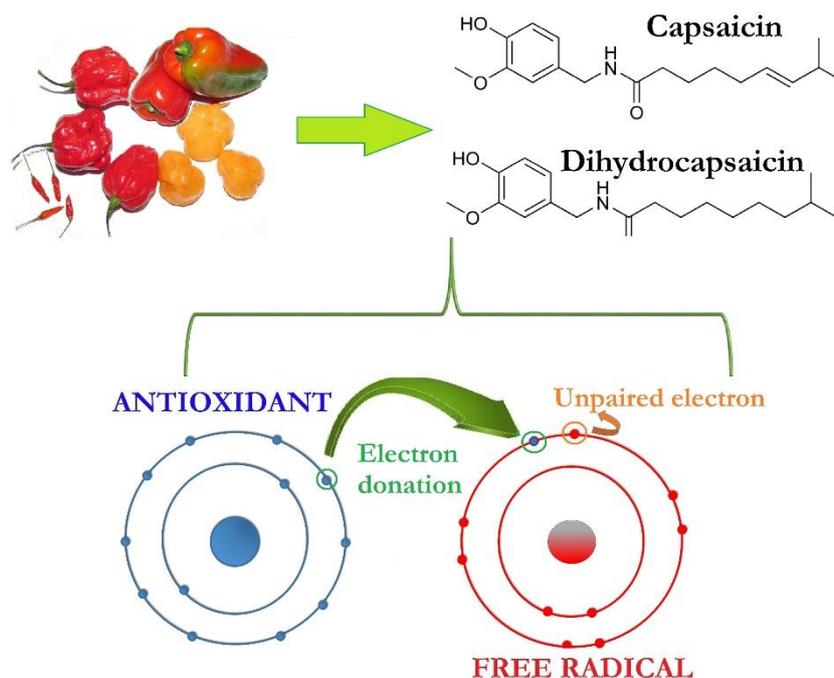
## ASSESSMENT THE NUTRITIONAL AND FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF PEPPERS

Several vegetables are considered as potential sources of bioactive compounds with antioxidant activity. The antioxidants favor human health and food preservation. The action of antioxidants in our body or in the food itself is to reduce the oxidation of active substances, such as free radicals, some antioxidants block chain reactions by reacting with free radicals, there are also antioxidants that empower effects of other compounds present in the product (Baenas et al., 2018; Pieroni et al. 2004). Free radicals are unstable molecules that have an unpaired chemically reactive electron that tends to quickly associate with other positively charge molecules with which it can react or oxidize, antioxidants act by donating an electron and the free radical is neutralized (Fiedor; Burda, 2014; Baenas et al., 2018, Haminiuk et al., 2012).

Our cells produce free radicals during the process of burning the oxygen, this process occurs to convert nutrients absorbed from food into energy. Our organism has enzymes capable of controlling the action of free radicals and keeping the body stable. However, some external factors such as incorrect diet, intake fatty foods or with many chemical additives and alcohol consumption, contribute to the excess of free radicals. Peppers are excellent sources of various health-related compounds, such as vitamins A, E and C, fatty acids, folic acid, zinc, carotenoids, polyphenols, flavonoids, specific alkaloids such as capsaicinoids, that providing to fruits antioxidant properties considerables (Bontempo, 2007; Marti et al., 2011).

Bioactive compounds, as well as capsaicinoids, are derived from the phenylpropanoid pathway (Arora et al., 2011). Carotenoids, phenolic acids, capsaicinoids and flavonoids are the main phytochemicals investigated and found in peppers. They are synthesized by plants as a result of adaptation to abiotic and biotic stress (Shetty, 2004). Phenolic acids, such as caffeic acid, cinnamic acid and ferulic acid, flavonoids, such as myricetin and quercetin, are the very abundant in peppers (Asnin; Park, 2015). The capsaicinoids of peppers are amides, which, in part, are derived from a phenolic portion, Sora et al. (2015) state that there are correlations between the levels of capsaicin and dihydrocapsaicin with the content of phenolic compounds and antioxidant activity obtained in different types of peppers of the genus *Capsicum*. Therefore, greater the pungency, the greater the concentration of capsaicinoids in the fruit.

These compounds have a high antioxidant power in addition to several physiological and pharmacological properties (Guil-Guerrero et al. 2006; Baby; Ranganathan 2016; Baenas et al., 2018). Figure 3 illustrates the oxireduction effect of the main alkaloids of peppers of the genus *Capsicum*.



**Figure 3.** Antioxidant action of capsaicinoids in reducing free radicals. Source: the authors 2020.

Kobata et al. (2013) describe in their study capsinoids and their dihydro-capsiato and nordihydrocapsiate derivatives, which are non-spicy compounds found only in some varieties of sweet or non-pungency peppers (*Capsicum annuum var. Annuum*), similar to capsaicinoids, your main structure contains essential a fatty acid ester with vanyl alcohol. A promising alternative for those who abstain from foods containing capsaicin due to pungency (Ludy et al., 2012). Their mechanisms of action are still poorly investigated, however, they demonstrated considerable antimicrobial activity (Bacon et al., 2017).

The choice of the bioactive compounds extraction method is not always a process that the authors fully explain, the decision possibly being defined according to the convenience or availability of the equipment. However, it is essential to evaluate the extraction method used, since it can have a direct influence on the analysis result (Asnin; Park, 2015).

**Table 2.** Comparison of modern methods for extracting bioactive in peppers from the genus *Capsicum*. Source: the authors 2020.

Method	Description	Advantages and disadvantages	References
Ultrasound assisted extraction (UAE)	Occurs by action to mechanical waves in low frequency, which are responsible for generation and collapse of microbubbles causing punctual areas high pressure and temperature in the solution, breaking up vegetables cells favoring extraction.	Reduced analysis time, simple, inexpensive and efficient, but it is difficult to control the system temperature, as the bath water heats up with use and also the energy supplied for extraction is not easily quantifiable.	De Aguiar et al., 2016; Barbero et al., 2008.
Extraction with supercritical fluid (SFE)	A fluid is used, usually carbon dioxide (CO <sub>2</sub> ) in supercritical conditions, which has intermediate properties between gas and liquid, allowing the greater solvency power of the fluid used in the extraction.	Extract free of organic solvent residues; ability to separate different fractions (capsaicinoids and carotenoids) at the same time; possibility of extracting thermolabile compounds; limited capacity to extract polar compounds.	Saini; Keum, 2018; De Aguiar et al., 2016.
Microwave assisted extraction (MAE)	Energy obtained by electromagnetic radiation is used, which is converted into heat, promoting an increase in temperature and pressure, breaking membranes to extract the compounds of interest.	It is a fast and economical method, but depending on the frequency used it can cause thermal degradation and cis-trans isomerization of carotenoids.	Bendjersi et al., 2016; Barbero et al., 2006.
Enzymatic assisted extraction (EAE)	Suitable enzymes are used to catalyze reactions with specificity and regioselectivity under mild processing conditions and in aqueous media.	Organic solvents are not used, which results in higher extract quality, low energy consumption, but expensive multi-enzyme preparations are required and is only possible extraction in small volumes due to enzymatic availability in completely hydrolyzing cell walls.	Baiano 2014; Baenas et al., 2018.
Pressurized liquid extraction (PLE)	Use of solvents at elevated temperatures, using pressure to keep the solvent in a liquid state above the boiling point. The pressure facilitates the transport of the solvent into the matrix improving the solubility of the target compound.	Smaller quantity solvent and extraction time, but the use of high temperatures can compromise the thermolabile compounds.	Mustafa, Tuner, 2011; Barbero et al., 2006.

Several researches point the importance of optimizing extraction parameters for each matrix evaluated, especially the sample quantity, solvent volume, temperature and time (Barbero et al., 2006; Sora et al. 2015; Haminiuk et al. 2012). The choice of the appropriate solvent is one of the crucial steps for efficient extraction, one must consider the polarity of the compounds of interest must be considered, the concentration, stability the compounds and chemical composition of the analyzed vegetable (Saini, Keum, 2018).

The literature offers a wide variety of methods for the extraction and characterization of bioactive compounds in peppers (fresh, dried and crushed) (Yamamoto et al., 2013; Baenas et al., 2018). The most cited classic methods are Soxhlet extraction, maceration and magnetic stirring, and modern methods such as ultrasound assisted extraction (UAE), extraction with supercritical fluid (SFE), microwave assisted extraction (MAE), enzymatic assisted extraction (EAE) and pressurized liquid extraction (PLE) (Saini; Keum, 2018; Barbero et al., 2008).

Baenas et al. (2018) describe that classic methods provide efficient extraction of bioactive substances, but require a long extraction time and a large amount of solvents, factors that limit their application due to their high cost, due to environmental and safety issues. Modern methods, on the other hand, require little extraction time with minimal use of organic solvent, with less impact on the environment. In addition to obtaining extracts of greater purity, with the highest total yield when compared to traditional methods (Saini, Keum, 2018). Table 2 describes some modern extraction methods.

There many bioactive compounds present in peppers, among the main ones studied are the phenolic compounds (flavonoids, phenolic acids, tannins, among others), ascorbic acid and carotenoids. All of these compounds are widely evaluated by colorimetric methods using spectrophotometry that employ reactives specific as chromophores, reagents and organic salts that react with the compounds to be determined (Ignat et al., 2011; Naczki; Shahidi, 2004).

These analytical methods are widely used for purposes of quantification and general detection of phenolic content, among others, as they are relatively simple and low cost methodologies and if used correctly they are considered effective, with good reproducibility of the results (Haminiuk et al., 2012; Ignat et al., 2011).

Among the most used methodologies for the analysis of phenolic compounds, many authors use the Folin-Ciocalteu reagent assay, the chemical composition of this reagent includes phosphomolybdic acid and phosphotungstic acid, which are reduced from the tested extracts. An alkaline pH medium allows reducing substances (phenolic) to dissociate

a proton, leading to the formation of the phenolate anion. This anion is capable of reducing the Folin-Ciocalteu reagent to form molybdenum oxide and tungsten oxide. These oxides have a blue tint that is detectable in the spectrum band at approximately 760 nm, enabling the quantification of these substances through spectrophotometry (Huang; Prior 2005; Singleton; Rossi, 1965; Haminiuk et al., 2012).

**Table 3.** Phenolic compounds quantified in different peppers por methodologies distinct by the spectrophotometric. Source: the authors.

Sample and Reference	Condition	Solvent	Total phenolic
Ripe Caiena ( <i>C. Annuum</i> ) (Bae et al., 2012).	Lyophilized	Acetone	65.9 <sup>a</sup>
Ripe Caiena ( <i>C. Annuum</i> ) (Bae et al., 2012).	Lyophilized	Methanol and water (80 and 20)	35.7 <sup>a</sup>
Ripe Jalapenho ( <i>C. Annuum</i> ) (Bae et al., 2012).	Lyophilized	Ethyl acetate	51.6 <sup>a</sup>
Ripe Red pepper ( <i>C. annuum</i> , L. var. <i>Hungarian</i> ) (Vega-Gálvez et al., 2009).	Fresh	Water	1.359 <sup>b</sup>
Ripe Jalapenho pepper ( <i>C.annuum</i> ) (Sandoval-Castro et al., 2017).	Lyophilized	Ethanol and water(80: 20)	1,312 <sup>b</sup>
Ripe Cayenne pepper ( <i>Capsicum frutescens</i> L) (Santos et al., 2015).	Fresh	Super citric fluid	0.858 <sup>b</sup>
Ripe <i>C. frutescens</i> var. <i>baccatum</i> (Olatunji; Afolayan, 2019)	Fresh	Water	90.86 <sup>b</sup>
Ripe <i>C. frutescens</i> var. <i>baccatum</i> (Olatunji; Afolayan, 2019)	Fresh	Ethanol	221.21 <sup>b</sup>
Ripe Habanero ( <i>C. Chinese</i> ) (Oboh et al., 2007).	Fresh	Water	103.2 <sup>d</sup>
Green Habanero ( <i>C. Chinese</i> ) (Oboh et al., 2007).	Fresh	Water	73.7 <sup>d</sup>
Ripe Habanero ( <i>C. Chinese</i> ) (García-López et al., 2019)	Fresh	Acetone	1,286 <sup>b</sup>
Ripe bell pepper ( <i>C.annuum</i> ) (Lin; Tang, 2007).	Lyophilized	Water	180.3 <sup>d</sup>
Green bell pepper ( <i>C.annuum</i> ) (Lin; Tang, 2007).	Lyophilized	Water	206.0 <sup>d</sup>
Ripe chili spur bell pepper ( <i>C.annuum</i> ) (Wangcharoen; Morasuk, 2007).	Fresh	Ethanol and water (95 and 5)	1.85 <sup>b</sup>

a = mg equivalent of catequin per g of extract. b = mg equivalent of Gallic acid per g of fresh sample. c =  $\mu$ mol equivalent of catequin per g of fresh sample. d = mg equivalent of Gallic acid per 100 g of fresh sample.

Table 3 indicates some quantifications of the phenolic compounds found in different types of pepper, processes, and methodologies of extraction assessed through the Folin Ciocalteu method.

The analysis of the data presented in Table 3 reveals considerable variation in the phenolic quantification of peppers by the same identification method, which is attributed to a series of factors, such as the type of sample, extraction method, fruit condition (fresh, lyophilized, ripe, green), solvent used, time of extraction, fruit variety. Even considering so many variations reinforce the importance of if optimizing the extraction of bioactive compounds to obtain optimal conditions of planning, since the colorimetric methodology only quantifies of bioactive extracted.

In 1990, the first article to use liquid chromatography to analyze peppers was published (Wehmeyer et al., 1990). The authors evaluated the pungent principle of *Capsicum* pepper to develop a new class of analgesics, with tests in vitro and later in mice, this ex vivo research was carried out to determine the main route of metabolism of these new compounds (intestinal and/or hepatic).

Instrumental methodologies like: such as high performance liquid chromatography (LC), LC coupled with mass spectrophotometer, gas chromatography, high efficiency liquid chromatography in reverse phase, mass spectrometry, capillary electrophoresis, among others, can be are used in the individual determination of bioactives in peppers for analytical separation, quantification and identification of capsaicinoids and other bioactive substances (Mendes et al., 2019; Baenas et al., 2018; Sora, et al. 2015; Slatnar et al., 2014).

Advanced analytical techniques, such as capillary liquid chromatography and micellar electrokinetic chromatography, can be useful for analyzing compounds in peppers (Tolstikov et al., 2003; Elder et al., 2010). There is still no definition of an ideal technique for this type of study, it is essential to conduct more research on the pepper extract matrix and to develop validation of new analytical protocols to offer advantages over these methods (Asnin; Park, 2015).

Instrumental analyzes, especially chromatographic, demand high value both in the acquisition of equipment and in the maintenance and preparation of samples, a factor that may be a limitation for some laboratories, however, they are able to perform the separation and individual identification of each bioactive compound in the sample, while colorimetric methods only detect and quantify them in general (Mendes et al., 2019; Asnin; Park, 2015; Ignat et al., 2011).

The antioxidant capacity of peppers are evaluated especially by employing chemical tests *in vitro*, such as reduction of the antioxidant capacity using copper (CUPRAC), absorption capacity of oxygenated radicals (ORAC), Ferrous Ion Reduction Method (FRAP), organic radical removal capacity (ABTS), peroxidation of 2,2 - diphenyl - 1 - picrylhydrazyl (DPPH), and inhibition of oxidation of  $\beta$  - carotene in the presence of linoleic acid (system  $\beta$  - carotene linoleic acid) (Haminiuk et al., 2012). A comparison of the tests *in vitro* applied to assess the antioxidant activity in several studies that evaluated peppers reveals that systems  $\beta$ -carotene and DPPH are more commonly used.

In order to verify the antioxidant capacity of peppers, the analyses encompass the assessment of the quality of phenolic compounds identified in the samples as well as the guarantee that such compounds correspond to the bioactive substances that provide the fruits with antioxidant capacity.

Due to the diversity of bioactive compounds available in peppers, with different mechanisms of action, it is very important to choose on a method what verify the antioxidant action of the existing compounds. It is recommended to employ more than one method for a safe, accurate representation of the actual antioxidant activity of the samples (Haminiuk et al., 2012; Sucupira et al., 2012). However, many authors studying peppers found high correlations among the methods employed (Medina-Juarez et al., 2012; Sora et al., 2015), which is an indication of redundancy when using three methods to assess antioxidant activity.

Sora et al. (2015) researched different *Capsicum* peppers regarding their antioxidant capacity by applying the DPPH, ABTS, and FRAP methods and found that the FRAP system is the most adequate for this type of assessment.

The assessment of the antioxidant activity using biological tests (*ex vivo*), with both mice and cells, although not common, is important to understand the actual benefits to health. Assessing the antioxidant activity with cell tests includes the development of a model of cell culture to quantify the antioxidant activity in a more biologically representative way than the conventional methodologies for the chemical capacity of antioxidants (*in vitro*). In animal tests, the pepper or its extract will be inserted into your diet for further evaluation of the effects (Yaffe, et al., 2013; Maistro et al. 2011).

**Table 4.** Research data that evaluated the antioxidant activity of peppers *ex vivo*. Source: the authors.

Sample	Application	Culture ( <i>ex vivo</i> )	Results
<i>Ethiopian pepper</i> , seeds of <i>Ashanti</i> and <i>guineense</i> peppers (Adefegha; Oboh, 2012).	Methanol extract and HCl (1:1)	Diet for mice	Diet supplementation with etíope pepper proved more promising due to higher phenolic quantification. Values <i>ex vivo</i> were higher than values <i>in vitro</i> .
Bell pepper ( <i>C. baccatum</i> ) (Matsuo; Hitomi, 2007).	Soup	Diet for mice	The antioxidant activity <i>ex vivo</i> was higher than <i>ex vivo</i> .
Red bell pepper, green bell pepper, and chili pepper (Wei et al., 2010).	Acetone extract and water (1:2)	Cell cultures – HepG2	Red bell pepper presented higher antioxidant activity and phenolic composition.
Red pepper (Seori; Kyung-Hyun, 2011).	Aqueous extract	Diet for fish	The extracts presented good antioxidant activities both <i>ex vivo</i> and <i>in vitro</i> ; a cholesterol reduction occurred.
<i>Capel Hot</i> ( <i>Capsicum annuum</i> L., cv.) (Materská et al., 2015).	Ethanol solution (80:20)	Cell culture of human blood	The compounds presented weak antioxidant activities, but high radioprotector potential.
Black pepper (Hwang et al., 2011).	Different aqueous solutions	Human cells of fibrosarcoma HT - 1080.	Piperine indicated potential antioxidant against cancer.
<i>Capsicum annuum</i> L. (Jang et al., 2011).	Solution with ovalbumin	Diet induced with oral probe in mice	The results suggest that the extract can be an efficient oral treatment for allergy inflammation of the respiratory tract because of its antioxidant activity.

Pure capsaicin (Kim; Moon, 2004).	Not reported in the study	Tratamento em células MCF10A	Capasaicin was suggested to have strong chemoprevention characteristic for breast cancer.
<i>Piper longum</i> L (Zou et al., 2016)	Piperlongumine (PL).	In human gastric cancer cells and mices.	PL treatment markedly reduces tumor cell burden. Overexpressed in gastric cancer cell lines and human gastric cancer tissues.
<i>Piper longum</i> L (Wang et al., 2019).	Piperlongumine (PL).	colorectal cancer and tumor-bearing mice	The tests improved the tumor response to both single and fractionated radiation, resulting in a significant increase of survival rate of tumor-bearing mice.

There is research that has studied the behavior of these antioxidants in cell culture, mice, fish, and some more recent ones have tested in humans, all of which have shown positive results regarding the preservation of oxidation. Table 4 lists some descriptions for each publication. The quantification and validation of antioxidant activity, especially *ex vivo*, are necessary to evaluate the phenolics and alkaloids that determine the pungency of each pepper, since the spicy characteristic of the fruits is an important attribute of each variety and is related to its antioxidant activity (Jarret et al., 2007). It is suggested carry out research comparing peppers with varying pungencies in *ex vivo* systems.

## **BENEFITS OF PEPPERS**

After described the antioxidant properties in relation to the bioactive contained in *Capsicum* peppers, especially capsaicinoids it is confirmed that these fruits have chemopreventive potential evidenced in research and numerous health.

Benefits the bioavailability of the components of the peppers is extremely important because this determines the amount and speed in which the active ingredient will be absorbed, getting available for its performance as an antioxidant. Hervert-Hernández et al. (2010) investigated the *in vitro* intestinal bioavailability of carotenoids and polyphenols from red peppers and related that the amount of antioxidants released by the action of digestive enzymes was about this 75% for total polyphenols and up to 49% for  $\beta$ -carotene among others, so 50 to 80% of these compounds are bioavailable to reach the colon and be fermented potentially. Regarding capsaicin and dihydrocapsaicin, its absorption rate in *ex vivo* evaluations was 80% in the jejunum, 70% in the ileum and 50% in the stomach (Rollyson et al., 2014).

Ludy and Mattes (2011), Westerterp-Plantenga et al. (2005) and Yoshioka et al. (1998), claim that a daily consumption between 1-3.5 g of peppers is already sufficient to guarantee the beneficial effects of the fruit. These studies demonstrate benefits especially in relation to weight control, reinforcing thermogenesis and increasing fat oxidation. In addition, a small oral dose of capsaicin demonstrated therapeutic action and prevent oxidative damage in rat livers (Giri, et al., 2017).

Peppers stimulate appetite and benefit digestion with its alkaloids that cause burning, inflammation and desensitization, stimulating sensory nerves. Intake of peppers increases salivation and stimulates gastric secretion and gastrointestinal motility, in addition to releasing endorphins that promote a feeling of well-being after eating (Sim; Sil, 2008).

The fat-soluble compounds contained in peppers act as natural antioxidants due to the reducing force of the hydroxyl group and capture superoxide anions or free radical reducing agents, drifting in less reactive radicals, consequently stimulating the immune system by delaying the aging process, among other activities biological (Chuah et al., 2008; Podsedek, 2007; Deepa et al., 2007).

Capsaicinoides and other bioactive substances present in peppers, especially capsaicin, had their anti-inflammatory activities proven in in vitro and ex vivo tests, proinflammatory substances were reduced and necrosis was observed in tumors, collaborated with immune responses related to infections from cancer, inflammatory diseases and autoimmune diseases (Allemand et al., 2016).

The carotenoids contained in red peppers, among other compounds, were tested in rats with adjuvant-induced inflammation and it was observed that they played an important role in regulating blood pressure in addition to reducing the fraction of mucoproteins present occur in different inflammatory processes (Boiko, et al., 2017). Therefore, the intake of products containing capsaicinoids helps to prevent inflammation and oxidative stress in the human body, preventing the development of chronic and neurodegenerative diseases.

## CONCLUSION

Peppers are spices consumed all over the world, they are considered nutritious and functional foods because they contain alkaloids and phenolic compounds as main components. In this chapter several methodologies for extraction and quantification of bioactives in peppers of the genus *Capsicum* have been reported.

Most studies with peppers evaluate their antioxidant properties by in vitro methods of quantification of total phenolics, little data is found on the identification of active molecules of these matrices. There is demand for research with more precise on the main alkaloids of the peppers most produced and consumed and real proof of antioxidant activity either in ex vivo experiments or in food products.

The application of its main alkaloids in foods, drugs, cosmetics should be evaluated for expanding the resources of these compounds in the market.

## REFERENCES

- Adefegha SA, Oboh G (2012). *Effect of diets supplemented with Ethiopian pepper [Xylopiya aethiopica (Dun.) A. Rich (Annonaceae)] and Ashanti pepper [Piper guineense Schumach. et Thonn (Piperaceae)] on some biochemical parameters in normal rats. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 2(2): S558-S566.*
- Allemand A, Leonardi BF, Zimmer AR, Moreno S, Romão PRT, Gosmann G (2016). Red Pepper (*Capsicum baccatum*) extracts present anti-inflammatory effects in vivo and inhibit the production of TNF- $\alpha$  and in vitro. *Journal of Medicinal Food, 19(8): 759-767.*
- Arora R, Gill N, Chauhan G, Rana AC (2011). An Overview about Versatile Molecule Capsaicin. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research, 3(4): 280-286.*

- Asnin L, Park SW (2015). Isolation and analysis of bioactive compounds in *Capsicum* peppers. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 55(2): 254-289.
- Baby K., Ranganathan TV (2016). Effect of enzyme pretreatment on yield and quality of fresh green chilli (*Capsicum annuum* L) oleoresin and its major capsaicinoids. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, (7): 95–101.
- Bacon K, Boyer R, Denbow C, O'Keefe S, Neilson A, Williams R (2017). Antibacterial activity of jalapeño pepper (*Capsicum annuum* var. *annuum*) extract fractions against select foodborne pathogens. *Food Science and Nutrition*, 5(3): 730-738.
- Bae H., Jayaprakasha GK., Jifon J, Patil BS (2012). Extraction efficiency and validation of an HPLC method for flavonoid analysis in peppers. *Food Chemistry*, 130(3): 751-758.
- Baenas N, Belović M, Ilic N, Moreno DA, García-Viguera C (2018). Industrial use of pepper (*Capsicum annuum* L.) derived products: technological benefits and biological advantages. *Food Chemistry*, 15(274): 872-885.
- Baiano A (2014). Recovery of biomolecules from food wastes: A review. *Molecules*, 19(9): 14821–14842.
- Barbero GF, Liazid A, Palma M, Barroso CG (2008). Ultrasound-assisted extraction of capsaicinoids from peppers. *Talanta*, 75(5): 1332-1337.
- Barbero GF, Palma M, Barroso CG (2006). Determination of capsaicinoids in peppers by microwave-assisted extraction–high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. *Analytica Chimica Acta*, 578(2): 227-233.
- Barnett A (2006). Scoville scale. The word. *New Scientist*. 189: 54.
- Bendjersi F, Tazerouti F, Slimai R Djerdjouri B (2016) Phytochemical composition of the Algerian *Laurus nobilis* L. leaves extracts obtained by solvent-free microwave extraction and investigation of their antioxidant activity. *Journal of Essential Oil Research*, 28(3): 202-210.
- Boiko YA, Kravchenko IA, Shandra AA, Boiko IA (2017). Extraction, identification and anti-inflammatory activity of carotenoids out of *Capsicum Anuum* L. *Journal of HerbMed Pharmacology*, 6(1): 10-15.
- Bontempo M (2007). *Pimenta e seus benefícios*. Editora: Alaúde, São Paulo. 152p.
- Boyukbayram AE, Kiralp S, Toppare L (2006). Preparation of biosensors by immobilization of polyphenol oxidase in conducting copolymers and their use in determination of phenolic compounds in red wine. *Bioelectrochemistry*, 69(2): 164-171.
- Buckenhuskes HJ (2003). Current requirements in paprika powder for food industry. In: Krishna. A (Ed.) *Capsicum: The genus Capsicum*. London: Taylor and Francis Ltc, 223-230.
- Carvalho SIC, Bianchetti LB (2008). *Botânica e recursos genéticos*. Embrapa Hortaliças, Brasília. 54p.

- Chaiyasit K, Khovidhunkit W, Wittayalertpanya S (2009). Pharmacokinetic and the effect of capsaicin in *Capsicum frutescens* on decreasing plasma glucose level. *Journal of the Medical Association of Thailand.*, 92, 108-113.
- Chuah AM, Lee YC, Yamaguchi T, Takamura H, Yin LJ, Matoba T (2008). Effect of cooking on the antioxidant properties of coloured peppers. *Food Chemistry*, 111(1): 20-28.
- Costa CSR, Henz GP (2007). *Pimenta (Capsicum spp.)*. Embrapa Hortaliças, Brasília. 49p.
- De Aguiar AC, Silva LPS, Alves De Rezende C, Barbero GF, Martínez J (2016). Encapsulation of pepper oleoresin by supercritical fluid extraction of emulsions. *Journal of Supercritical Fluids*, (112): 37-43.
- Deepa N, Kaur C, Binoy G, Singh B, Kapoor HC (2007). Antioxidant constituents in some sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes during maturity. *LWT- Food Science and Technology*, 40(1): 121-129.
- DeWitt D, Bosland PW (2009). *The complete chile pepper book: a gardener's guide to choosing, growing, preserving and cooking*. Timber Press: Portland. 336p.
- Elder DP, Snodin D, Teasdale A (2010). Analytical approaches for the detection of epoxides and hydroperoxides in active pharmaceutical ingredients, drug products and herbals. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 51(5): 1015 - 1023.
- Faostat (2020). *Production/crops: Chillies and peppers*. Food and Agriculture Organization of the United Nations – Statistics Division. Disponible in: <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>>. Access in: 15/08/2020.
- Fiedor J, Burda K (2014). Potential Role of Carotenoids as Antioxidants in Human Health and Disease. *Nutrients*, 6(2): 466-488.
- Garcés-Claver A, Arnedo-Andrés M, Abadía J, Gil-Ortega R, Álvarez-Fernández A (2006). Determination of Capsaicin and Dihydrocapsaicin in *Capsicum* Fruits by Liquid Chromatography–Electrospray/Time-of-Flight Mass Spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, (54): 9303–9311.
- García-López JI, Niño-Medina G, Olivares-Sáenz E, Lira-Saldivar, RH, Barriga-Castro ED, Vázquez-Alvarado R, Rodríguez-Salinas PA, Zavala-García F (2009). Foliar Application of Zinc Oxide Nanoparticles and Zinc Sulfate Boosts the Content of Bioactive Compounds in Habanero Peppers. *Plants*, 8(254): 1:20.
- Giri TK, Pramanik K., Barman TK., Maity S (2017). Nano-encapsulation of dietary phytoconstituent capsaicin on emulsome: evaluation of anticancer activity through the measurement of liver oxidative stress in rats. *Anti-cancer Agents in Medicinal Chemistry*, 17(12): 1669-1678.

- Guil-Guerrero JL, Martínez-Guirado C, Reboloso-Fuentes M, Carrique-Pérez A (2006). Nutrient composition and antioxidant activity of 10 pepper (*Capsicum annuum*) varieties. *European Food Research and Technology* 224(1): 1-9.
- Gonzalez-Zamora A, Sierra-Campos E, Luna-Ortega JG, Perez-Morales R., Ortiz JCR., Garcia-Hernandez JL (2013). Characterization of Different Capsicum Varieties by Evaluation of Their Capsaicinoids Content by High Performance Liquid Chromatography, Determination of Pungency and Effect of High Temperature. *Molecules*, 18(11): 13471-13486.
- Haminiuk CWI, Maciel GM, Plata-Oviedo MSV, Peralta RM. (2012). Phenolic compounds in fruits – an overview. *International Journal of Food Science and Technology. International Journal of Food Science and Technology*, 47(10): 2023-2044.
- Hervert-Hernandez D, Sayago-Ayerdi SG, Goni I (2010). Bioactive compounds of four hot pepper varieties (*Capsicum annuum* L.), antioxidant capacity, and intestinal bioaccessibility. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(6): 3399-3406.
- Huang DOB, Prior R (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(6): 1841–1856.
- Hwang YP, Yun HJ, Kim HG, Han EH, Choi JH, Chung YC, Jeong HG (2011). Suppression of phorbol-12-myristate-13-acetate-induced tumor cell invasion by piperine via the inhibition of PKC $\alpha$ /ERK1/2-dependent matrix metalloproteinase-9 expression. *Toxicology Letters*, 203(1): 9-19.
- Ignat I, Volf I, Popa VI (2011) A critical review of methods for characterization of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Food Chemistry*. 126: 1821-1835.
- Jang HY, Kim SM, Yuk JE, Kwon OK, Oh SR., Lee HK., Jeong H, Ahn, KS (2011). *Capsicum annuum* L. methanolic extract inhibits ovalbumin-induced airway inflammation and oxidative stress in a mouse model of asthma. *Journal of Medicinal Food*, 14(10): 1144-1151.
- Jarret R.L, Baldwin E, Perkins B, Bushway R, Guthrie K (2007) Diversity of fruit quality characteristics in *Capsicum frutescens*. *HortScience*, 42(1): 16–19.
- Kim S, Moon A. (2004). Capsaicin-Induced apoptosis of h-ras-transformed human breast epithelial cells is rac-dependent via ROS generation. *Archives of Pharmacal Research*, 27(8): 845-849.
- Kobata K., Sugawara M., Mimura M., Yazawa S, Watanabe T. (2013). Potent Production of Capsaicinoids and Capsinoids by *Capsicum* Peppers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(46): 11127-11132.
- Lim TK (2013). *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants: Fruits*. Springer Science Business Media Dordrecht, Netherlands. 1100p.

- Lin J, Tang C (2007). Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables, as well as their stimulatory effects on mouse splenocyte proliferation. *Food Chemistry*, 101(1): 140-147.
- Ludy M, Mattes RD. (2011). The effects of hedonically acceptable red pepper doses on thermogenesis and appetite. *Physiology e Behavior*, 102(3-4): 251–258.
- Ludy M., Moore GE, Mattes RD (2012). The effects of capsaicin and capsiate on energy balance: Critical review and meta-analyses of studies in humans. *Chemical Senses*, 37(2): 103-121.
- Maistro EL, Marcondes NAV, Bianco de Souza GH, Perazzo FF (2011) Genotoxic effects of (-)-cubebin in somatic cells of mice. *Journal of Applied Toxicology*, 31: 185-189.
- Marti MC, Camejo D, Vallejo F, Romojaro F, Bacarizo S, Palma JM, Sevilla F, Jiménez A (2011). Influence of fruit ripening stage and harvest period on the antioxidant content of sweet pepper cultivars. *Plant Food for Human Nutrition*, 66(4): 416-423.
- Materská M, Konopacka M, Rogoliński J, Ślosarek K. (2015). Antioxidant activity and protective effects against oxidative damage of human cells induced by X-radiation of phenolic glycosides isolated from pepper fruits *Capsicum annuum* L. *Food Chemistry*, 168(1): 546-553.
- Matsuo M, Hitomi E (2007). Ex vivo effects of vegetable as ingredient on the antioxidant activity of miso soup. *Journal for the Integrated Study of Dietary Habits*, 18(4): 330-334.
- Medina-Juarez LA, Molina-Quayada, DMA, Del Toro-Sanchez CL, Gonzalez-Aguilar GA, Gamez-Meza N (2012). Antioxidant activity of peppers (*Capsicum annuum* L.) extracts and characterization of their phenolic constituents. *Interciencia*, 37(8): 588-593.
- Mendes N, Santos MCP, Santos MCB, Cameron LC, Ferreira MSL, Gonçalves ÉCBA (2019). Characterization of pepper (*Capsicum baccatum*) - A potential functional ingredient. *LWT - Food Science and Technology*. 112: 108-209.
- Mustafa A, Tuner C. (2011). Pressurized liquid extraction as a green approach in food and herbal plants extraction: A Review. *Analytica chimica acta* 703(1): 8-18.
- Nacz M, Shahidi F (2004). Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography*, 1054(1-2): 95-111.
- Oboh G, Puntel RL, Rocha JBT (2007). Hot pepper (*Capsicum annuum*, Tepin and *Capsicum chinense*, Habanero) prevents Fe<sup>2+</sup> induced lipid peroxidation in brain – in vitro. *Food Chemistry*, 102(1): 178-185.
- Olatunji TL, Afolayan AJ (2019). Comparative quantitative study on phytochemical contents and antioxidant activities of *Capsicum annuum* L. and *Capsicum frutescens* L. *Scientific World Journal*, Article ID 4705140.

- Pieroni A, Quave CL, Villanelli ML, Mangino P, Sabbatini G, Santini L, Boccetti T, Profili M, Ciccioli T, Rampa LG, Antonini G, Girolamini C, Cecchi M, Tomasi M (2004). Ethnopharmacognostic survey on the natural ingredients used in folk cosmetics, cosmeceuticals and remedies for healing skin diseases in the inland Marches, Central-Eastern Italy. *Journal of Ethnopharmacology*, 91(2-3): 331-344.
- Pinheiro JB, Amaro GB, Pereira RB (2012). *Nematóides pimentas do gênero Capsicum*. Embrapa, Brasília. 9p.
- Pinto CM, Santos IC, Araújo FF, Silva TP (2016). Pepper Importance and Growth (*Capsicum spp.*). In: Rêgo ER, Rêgo MM, Finger FL *Production and Breeding of chilli peppers (Capsicum spp.)*. Springer International Publishing. 1-25.
- Podsedeck, A. (2007). Natural antioxidant and antioxidant capacity of Brassica vegetables, A review. *LWT- Food Science and Technology*, 40(1): 1-11.
- Reifschneider FJB, Henz GP, Ribeiro CSC (2009). Brazilian *Capsicums*: early history and future prospects. *Chronica Horticulturae*, 49(3): 19-21.
- Ribeiro CSC, Lopes CA, Carvalho SIC, Henz GP, Reifschneider FJB. (2008) *Pimentas Capsicum*. Embrapa hortaliças, Brasília, 54p.
- Rollyson WD, Stover CA, Brown KC, Perry HE, Stevenson CD, McNees CA, Ball JG, Valentovic MA, Dasgupta P (2014). Bioavailability of capsaicin and its implications for drug delivery. *Journal of controlled release: official journal of the Controlled Release Society*, 28(196): 96-105.
- Saini RK, Keum YS (2018). Carotenoid extraction methods: A review of recent developments. *Food Chemistry*, 240(1): 90-103.
- Sanatombi K, Rajkumari S (2019). Effect of Processing on Quality of Pepper: A Review. *Journal Food Reviews International*, 36(6): 626-643.
- Sandoval-Castro CJ, Valdez-Morales M, Oomah BD, Medina S, Espinosa-Alonso LG (2017). Bioactive compounds and antioxidant activity in scalded Jalapeño pepper industrial byproduct (*Capsicum annuum*). *Journal of Food Science and Technology* 54(3): 1999–2010.
- Santos P, Aguiar AC, Barbero GF, Rezende CA, Martínez J (2015). Supercritical carbon dioxide extraction of capsaicinoids from malagueta pepper (*Capsicum frutescens L.*) assisted by ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*, 22: 78-88.
- Scoville WL (1912) Note on Capsicum. *Journal of the American Pharmacists Association*, 1: 453-454.
- Seori J, Kyung-Hyun C (2011). Water extracts of cinnamon and clove exhibits potent inhibition of protein glycation and anti-atherosclerotic activity *in vitro* and *in vivo* hypolipidemic activity in zebrafish Jin. *Food and Chemical Toxicology*, 49(7): 1521-1529.
- Shetty K. (2004). Role of proline-linked pentose phosphate pathway in biosynthesis of plant phenolics for functional food and environmental applications: A review. *Process Biochemistry*, 39(7): 789-803.

- Sim KH, Sil HY (2008). Antioxidant activities of red pepper (*Capsicum annuum*) pericarp and seed extracts. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(10): 1813-1823.
- Singleton VL, Rossi JA (1965) Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagent. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16: 144-158.
- Slatnar A, Milulic-Petkovsek M, Stampar F, Veberic R, Solar A (2014) HPLC-MS identification and quantification of phenolic compounds in hazelnut kernels, oil and bagasse pellets. *Food Research International*, 64(1): 783-789.
- Sora GTS, Haminiuk CWI, da Silva MV, Zielinski AA, Gonçalves GA, Bracht A, Peralta RM (2015). A comparative study of the capsaicinoid and phenolic contents and in vitro antioxidant activities of the peppers of the genus *Capsicum*: an application of chemometrics. *Journal Food Science and Technology*, 52(12): 8086-8094.
- Srinivasan K (2005) Role of Spices beyond Food Flavouring: Nutraceuticals with Multiple Health Effects. *Food Reviews International*, 21(2): 167–188.
- Srinivasan K (2015). Biological Activities of Red Pepper (*Capsicum annuum*) and Its Pungent Principle Capsaicin: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(9), 1488-1500.
- Sucupira NR, Silva AB, Pereira G, Costa JN (2012). Métodos Para Determinação da Atividade Antioxidante de Frutos. *Científica Ciências Biológicas e da Saúde*, 14(4): 263 -269.
- Thampi PSS (2004). A glimpse of the world trade in *Capsicum*. Chapter 2. *Capsicum, the genus Capsicum*. De AK., (Ed.). CRC Press Inc., Taylor and Francis Group, London.
- Tolstikov VV, Lommen A, Nakanishi K., Tanaka N, Fiehn O (2003). Monolithic silica-based capillary reversed-phase liquid chromatography/electrospray mass spectrometry for plant metabolomics. *Analytical Chemistry*, 75(23): 6737-6740.
- Vega-Gálvez A, Di Scala K, Rodríguez K, Lemus-Mondaca R, Miranda M, López J, Perez-Won M (2009). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annuum*, L. var. *Hungarian*). *Food Chemistry*, 117(4): 647-653.
- Wangcharoen W, Morasuk W (2007). Antioxidant capacity and phenolic content of some Thai culinary plants. *Maejo International Journal of Science and Technology*, 01(02): 100-106.
- Wang H, Jiang H, Corbet C, Mey S, Law K, Gevaert T, Ridder M. (2019). Piperlongumine increases sensitivity of colorectal cancer cells to radiation: involvement of ROS production via dual inhibition of glutathione and thioredoxin systems. *Cancer Letters*, 28(450): 42-52.
- Wehmeyer KR, Kasting GB, Powell JH, Kuhlenbeck DL, Underwood RA, Bowman LA (1990). Application of liquid chromatography with on-line radiochemical detection to metabolism studies on a novel class of analgesics. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 8(2): 177-183.

- Wei S, Derito CM, Liu MK, He X., Dong M, Liu RH (2010). Cellular antioxidant activity of common vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(11): 6621-6629.
- Westerterp-Plantenga MS, Smeets A, Lejeune MPG (2005). Sensory and gastrointestinal satiety effects of capsaicin on food intake. *International Journal of Obesity*, 29(6): 682–688.
- Yaffe PB, Doucette CD, Walsh M, Hoskin DW (2013). Piperine impairs cell cycle progression and causes reactive oxygen species-dependent apoptosis in rectal cancer cells. *Experimental and Molecular Pathology*, 94(1): 109-114.
- Yamamoto S, Djarwaningsih T, Wiriadinata H (2013). Capsicum pubescens (Solanaceae) in Indonesia: Is History, Taxonomy, and Distribution. *Economic Botany*, 67(2): 161-170.
- Yoshioka M, St-Pierre S, Suzuki M, Tremblay A (1998). Effects of red pepper added to high-fat and highcarbohydrate meals on energy metabolism and substrate utilization in Japanese women. *The British Journal of Nutrition*, 80(6): 503–510.
- Zou P, Xia Y, Ji J, Chen W, Zhang J, Chen X., Liang G (2016). Piperlongumine as a direct TrxR1 inhibitor with suppressive activity against gastric cancer. *Cancer Letters*, 375(1): 114–126.

## Ocorrência de micotoxinas em grãos e sua relação com compostos fitoquímicos

Recebido em: 23/09/2020

Aceito em: 27/09/2020

 10.46420/9786588319277cap8

Wesclen Vilar Nogueira<sup>1\*</sup> 

Ana Carla Penteadó Feltrin<sup>2</sup> 

Matheus Ferrazza Fantoni<sup>3</sup> 

Jaqueline Garda Buffon<sup>4</sup> 

### INTRODUÇÃO

De acordo com relatório do Conselho Internacional de Grãos (IGC), a produção de milho, trigo, arroz, soja e cevada, principais grãos cultivados a nível mundial, ultrapassou 2.176 milhões de toneladas (t) em 2019, representando mais de 90% da safra de grãos (IGC, 2019). Apesar de não constarem no relatório do IGC, os cultivos de outros grãos (e.g. aveia, café, centeio, feijão, ervilha, grão de bico, fava, amaranto, quinoa, lentilha e painço) são difundidos mundialmente (FAO, 2020). Os grãos são considerados matérias-primas essenciais para diversificação dos complexos agroindustriais, apresentando papel estratégico em termos econômicos e sociais (Brasil, 2019).

A composição química dos grãos, rica em nutrientes essenciais (e.g. carboidratos, proteínas, lipídeos, fibras e minerais), garante que esses sejam utilizados como base para alimentação humana e animal, *in natura*, ou na sua forma processada (Tanumihardjo et al., 2020). Entretanto, a composição química pode tornar os grãos susceptíveis ao ataque fúngico que, dependendo das espécies fúngicas contaminantes e das condições a que são expostas, produzem micotoxinas (Seus-Arraché et al., 2018; Golge; Kabak, 2020). Micotoxinas são compostos tóxicos que interferem negativamente na produção de grãos, principalmente em termos de ingestão de um alimento seguro (Schelstraete et al., 2020; Yang et al., 2020) e aspectos econômicos (Xia et al., 2020). Dentre os gêneros fúngicos que acometem grãos e demais alimentos, destacando *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium*, algumas espécies toxigênicas se destacam pela frequente ocorrência e produção de micotoxinas. As espécies toxigênicas pertencentes ao gênero *Aspergillus* ocorre com maior frequência nos alimentos ainda no campo (Krnjaja et al., 2019), em contrapartida espécies pertencentes aos gêneros *Fusarium* e *Penicillium* se propagam nas culturas no campo, entretanto ocorrem com maior frequência no armazenamento (Marijani et al., 2017).

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande – FURG.

<sup>2</sup> Centro Universitário IDEAU – UNIDEAU.

<sup>3</sup> Universidade Federal do Rio Grande – FURG.

<sup>4</sup> Universidade Federal do Rio Grande – FURG.

\* Autor de correspondência: wesclenvilar@gmail.com

O controle de fungos e síntese de micotoxinas nas lavouras é realizado pelo emprego de defensivos agrícolas (Lobo; Ramos, 2020). Entretanto, os grãos apresentam em sua composição compostos naturais, os fitoquímicos, que têm como função primária a proteção do grão contra microorganismos e seus metabólitos tóxicos (Silva et al., 2020), além de conferir cor, adstringência e aroma aos grãos (Angelo; Jorge, 2007). Além disso, certos fitoquímicos apresentam capacidade de sequestrar radicais livres e auxiliar, em nível celular, os danos relacionados ao desenvolvimento de diversas doenças como câncer e diabetes (Awika; Rooney, 2004; Lopez-Martinez et al., 2009; Montilla et al., 2011; Belobrajdic; Bird, 2013; Liu et al., 2016; Tang; Tsao, 2017). Desta forma, este capítulo tem como objetivo descrever relações entre a produção de micotoxinas e a ação protetora de compostos fitoquímicos em grãos.

## COMPOSTOS FITOQUÍMICOS

Compostos fitoquímicos são definidos como compostos bioativos não nutritivos presentes em frutas, vegetais e grãos. Em particular, os grãos, contêm diversas combinações de fitoquímicos diferindo amplamente suas proporções de um para outro (Belobrajdic; Bird, 2013). O conteúdo fitoquímico em grãos é influenciado diretamente pela variedade genética e outros fatores relacionados ao ambiente de cultivo (e.g. qualidade de solo, variações pluviométricas) (Sheng et al., 2018; Sytar et al., 2018) e manejo (e.g. fertilização) (Belobrajdic; Bird, 2013). Os fitoquímicos podem ser classificados como fenólicos, alcaloides, compostos contendo nitrogênio, compostos organossulfurados, fitoesteróis e carotenóides (Liu, 2012). Destes grupos, os fitoquímicos pertencentes ao grupo dos ácidos fenólicos e dos carotenóides são os mais abrangentes e com maior ocorrência alimentos (Silva et al., 2019; Christ-Ribeiro et al., 2019).

Os fitoquímicos (e.g. fenólicos, alcaloides, compostos organossulfurados, fitoesteróis e carotenóides) (Liu, 2012; Silva et al., 2020), têm algumas propriedades protetoras ou preventivas de doenças. Alguns fitoquímicos são prejudiciais aos fungos e podem ser usados para em plantações, animais, humanos, alimentos e rações como forma de prevenção contra fungos toxigênicos e consequente produção de micotoxinas (Anjorin et al., 2013). Esses compostos apresentam diferentes propriedades físico-químicas (e.g. polaridade, solubilidade, oxirredução) e podem ser encontrados dentro dos vacúolos de células vegetais ou compondo a parede celular (Wang et al., 2014). Os fitoquímicos apresentam função protetora contra a radiação ultravioleta, predadores ou microorganismos (Verruck et al., 2018). Sua presença pode variar dependendo das condições de crescimento da planta, diferenças varietais, idade de colheita, métodos de extração, condições e tempo de armazenamento.

## COMPOSTOS FITOQUÍMICOS *versus* MICOTOXINAS EM GRÃOS

As micotoxinas são compostos tóxicos produzidos por espécies de fungos toxigênicas e podem ser encontrados em diversas matrizes alimentares. Existem cinco grupos principais de micotoxinas que ocorrem nos grãos: aflatoxinas, fumonisinas, tricotecenos, ocratoxinas e zearalenonas. As aflatoxinas possuem vários derivados, sendo os mais importantes as Aflatoxinas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> e G<sub>2</sub>, sendo sua síntese relatada principalmente por fungos pertencentes ao gênero *Aspergillus*. Dentre essas, as aflatoxinas, B<sub>1</sub> e G<sub>1</sub> são encontradas com maior frequência e altas concentrações em alimentos, além disso, apresentam efeitos tóxicos a humanos e animais. Aflatoxinas de ocorrência natural foram classificadas como cancerígenas para humanos (Grupo 1) (WHO-IARC, 1993).

As fumonisinas são produzidas principalmente por fungos pertencentes ao gênero *Fusarium*. São conhecidos 16 compostos tóxicos de fumonisinas, dentre esses, a fumonisina B<sub>1</sub> (FB<sub>1</sub>) apresenta destaque, devido sua ocorrência natural em altas concentrações, principalmente em milho (Scaff; Scussel, 2004; Hermanns et al., 2006). O consumo de alimentos e ração à base de milho contaminado pelo gênero *Fusarium* tem sido associado às elevadas taxas de câncer esofágico, este fato tem sido diretamente ligado à exposição à fumonisina (Thiel et al., 1991). As fumonisinas são classificadas como possíveis carcinógenos (Grupo 2) para humanos e animais (WHO-IARC, 1993).

Os tricotecenos são produzidos por várias espécies toxigênicas pertencentes ao gênero *Fusarium*. Existem aproximadamente 170 tricotecenos identificados (Marin et al., 2013), estes se dividem em 4 tipos, A, B, C e D. Os integrantes dos grupos A e B são encontrados com mais frequência em grãos. O tipo A é representado pelas Toxinas T-2 e HT-2, já o tipo B é representado por nivalenol (NIV), deoxinivalenol (DON) e seus derivados acetilados, 3-acetildeoxinivalenol (3-ADON) e 15-acetildeoxinivalenol (15-ADON) (Pestka, 2007; Foround; Eudes, 2009). Alguns dos tricotecenos são extremamente tóxicos para humanos e animais, apresentando efeito imunossupressor quando consumidos ou mesmo quando em contato com a pele (WHO-IARC, 1993).

A ocratoxina A (OTA) foi isolada pela primeira vez de *Aspergillus ochraceus* (daí seu nome) em 1965, na África do Sul. OTA é produzida por algumas espécies fúngicas pertencentes aos gêneros *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp., principalmente *P. verrucosum*, fungo de solo com distribuição global, já sendo relatado em café, vinho, sucos, uvas e cerejas (Bayman; Baker, 2006). A ocorrência das OTA foi descrita em grãos como feijão seco e amendoim (Herrman et al., 2002). OTA é classificada como possíveis carcinógeno para humanos (Grupo 2) (WHO-IARC, 1993).

A zearalenona (ZEA) é sintetizada principalmente por fungos pertencentes ao gênero *Fusarium*. Sua ocorrência é relatada em milho, trigo e cevada, aveia, sorgo e arroz. A micotoxina, foi detectada em farinhas, malte, soja e cerveja (Zinedine et al., 2007). ZEA possui efeito estrogênico para humanos e

animais (WHO-IARC, 1993). Além disso, sua ingestão pode causar lesões graves para animais (ZEA e zearalenois consumidos por suínos) (Prodanov-Radulovic et al., 2013).

A produção de micotoxinas nas plantas é influenciada por um conjunto de fatores bióticos e abióticos, entre os mais importantes estão a composição de substrato, temperatura, pH, atividade de água e deficiência de nutrientes (Fontaine et al., 2015). Clima temperado e tropical favorecem o desenvolvimento de espécies fúngicas em cereais, tais como *A. flavus* produtores de aflatoxinas, *A. ochraceus* e *P. verrucosum* produtores de OTA, *F. graminearum* produtor de tricotecenos e zearalenona (Marin et al., 2013). Nas etapas seguintes à produção, transporte e armazenamento, grãos contaminados entram em contato com grãos saudáveis, o que pode aumentar os níveis de contaminação (Degraeve et al., 2016). A contaminação por micotoxinas em grãos é frequente (Tabela 1), e isto tem sido relacionado às mudanças climáticas e agrônômicas (Del Regno et al., 2015).

Os estudos apresentados, entre outros, enfatizam a presença de micotoxinas em uma variedade de grãos, gerando a necessidade de controle eficiente da síntese destes contaminantes. Controlar a biossíntese de micotoxinas é uma tarefa difícil, uma vez que a contaminação fúngica e síntese dessas toxinas podem ocorrer no campo, durante e após a colheita (Villa; Markaki, 2009), transporte, processamento e armazenamento de determinado produto (Marijani et al., 2017). Diante dos diversos efeitos tóxicos desses compostos e da alta ocorrência em nível mundial, várias nações vêm implementando regulamentos para evitar uma exposição a produtos com uma concentração elevada de micotoxinas.

Nesse sentido, existem três estratégias para evitar a possível presença de micotoxinas em alimentos: prevenção da contaminação no cultivo das plantas ou pré-colheita, cuidados no armazenamento dos grãos (Schrödter, 2004) e a descontaminação dessa matriz contaminada através de métodos físicos (Jalili et al., 2010), químicos (Jouany, 2007) e biológicos (He et al., 2010). Na primeira estratégia, melhorias podem ser alcançadas através do melhoramento genético obtendo plantas mais resistentes a proliferação de fungos (Fuchs et al., 2002). Métodos físicos de degradação não possuem ação efetiva, com baixos percentuais de eficiência (Jalili et al., 2010), e embora os produtos químicos sejam frequentemente a primeira linha de defesa contra fungos micotoxigênicos, o uso indiscriminado de pesticidas/fungicidas está despertando a percepção pública pelos seus efeitos nocivos ao meio ambiente e à saúde humana/animal (Medeiros et al., 2012).

**Tabela 1.** Ocorrência de micotoxinas em grãos.

Ingrediente	Micotoxinas (NMQ - $\mu\text{g kg}^{-1}$ )	País	Fonte
Arroz	AFB <sub>1</sub> (40,0), AFB <sub>2</sub> (9,15), NIV (116,0), DAS (12,53), DON (115,0), FB <sub>1</sub> (75,1), ZEN (114,0), T-2 (32,0) e OTA (24,0)	Paquistão	Majeed et al. (2018)
	NIV (34,9), DON (43,2) e ZEA (201,3)	Coreia	Ok et al. (2014)
Aveia	DON (16.005,0), T-2 (202,0) e ZEN (793,0)	Lituânia	Kochiieru et al. (2020)
Cevada	DON (1.111,3), NIV (142,5), FUS-X (17,4), 15-ADON (64,8), 3-ADON (20,1), DAS (1,7), HT-2 (200,5) e T-2 (332,0)	Espanha	Ibáñez-Vea et al. (2012)
Milho	NIV (166), HT-2 (555), T-2 (767) e DON (167)	Brasil	Milanez et al. (2006)
	BEA (1006,56), ENA (0,17), ENA <sub>1</sub> (0,16) e ENB <sub>1</sub> (0,32)	China	Han et al. (2018)
	FB <sub>1</sub> (4700), FB <sub>2</sub> (1317), DON (422) e ZEA (837)	Espanha	Tarazona et al. (2020)
Soja	AFB <sub>1</sub> (1,67)	Brasil	Silva et al. (2020)
Sorgo	FB <sub>1</sub> (162,67), FB <sub>2</sub> (12,0), FB <sub>3</sub> (400,0), T-2 (7,39), ZEN (6,67), $\alpha$ -ZOL (28,0) e $\beta$ -ZOL (37,33)	África do Sul	Adebo et al. (2019)
Trigo	DON (2715,4), 3-ADON (172,5), 15-ADON (41,5) e NIV (85,6)	China	Dongo et al. (2016)
	DON (2.150,0) e ZEN (233,0)	Brasil	Tralamazza et al. (2016)
	DON (1590), NIV (187,5) e ADONS (428)	Brasil	Seus-Arraché et al., (2018)
	NIV (185,6), NIV-3G (26,8), DON (1.670,7), DON-3G (217,2) e 3-ADON (9,0)	Polônia	Bryła et al. (2019)

NMQ = nível máximo quantificado;  $\alpha$ -ZOL =  $\alpha$ -zearalenol;  $\beta$ -ZOL =  $\beta$ -zearalenol; 3-ADON = 3-acetil-deoxinivalenol; 15-ADON = 15-acetil-deoxinivalenol; ADONS = 3-acetil-deoxinivalenol + 15-acetil-deoxinivalenol; AFs = aflatoxinas totais (aflatoxina B<sub>1</sub> + aflatoxina B<sub>2</sub> + aflatoxina G<sub>1</sub> + aflatoxina G<sub>2</sub>); AFB<sub>1</sub> = aflatoxina B<sub>1</sub>; AFB<sub>2</sub> = aflatoxina B<sub>2</sub>; BEA = beauvericina; DAS = diacetoxiscirpenol; DON = deoxinivalenol; DON-3G = desoxinivalenol-3-glucosídeo; ENA = enitiana A; ENA<sub>1</sub> = enitiana A<sub>1</sub>; ENB<sub>1</sub> = enitiana B<sub>1</sub>; FB<sub>1</sub> = fumonisina B<sub>1</sub>; FB<sub>2</sub> = fumonisina B<sub>2</sub>; FB<sub>3</sub> = fumonisina B<sub>3</sub>; HT-2 = toxina HT-2; NIV = nivalenol; NIV-3G = nivalenol-3-glucosídeo; OTA = ocratoxina A; T-2 = toxina T-2; ZEN = zearalenona.

Assim, há um aumento da pressão pública por uma alternativa mais segura e ecológica para controlar estes contaminantes (Medeiros et al., 2012). Também é necessário ressaltar que esses métodos podem causar grandes mudanças nas propriedades físicas dos grãos e seus produtos alimentares, bem como a perda de valor nutritivo, tornando-os inadequados para eliminar as micotoxinas dos alimentos (Tian; Chun, 2017). Neste contexto, o controle biológico usando produtos naturais presentes em extratos vegetais e óleos essenciais, se apresenta como uma alternativa promissora e fornece uma

oportunidade de evitar o emprego de compostos químicos sintéticos em grãos de cereais, o que representa risco à saúde de consumidores ocasionados pelo uso de pesticidas.

Os produtos naturais são compostos químicos ou substâncias produzidas por um organismo vivo. As plantas não têm sistema imunológico e precisam depender de outros mecanismos para se defender contra invasores de fungos. Um desses mecanismos é a síntese de compostos bioativos que agem especificamente para inibir o crescimento de fungos. Muitos extratos de plantas, particularmente óleos essenciais, são relatados por possuírem atividade antifúngica significativa (Tian; Chun, 2017). Os produtos naturais de plantas podem apresentar três atividades principais: antimicrobiana, agindo direto sobre o patógeno; indutores de resistência, ativando os mecanismos de defesa da planta através de moléculas bioativas e também como bioestimulantes do crescimento da planta (Stadnik; Talamini, 2004). Sendo assim, o emprego de produtos naturais é desejável na agricultura por serem facilmente degradados na natureza (Jermnak et al., 2012).

O emprego de óleos essenciais na inibição da biossíntese de micotoxinas e crescimento de fungos é particularmente interessante, pois estes são produtos naturais obtidos de plantas e vêm sendo considerados como fitoquímicos promissores para a preservação de cereais e seus produtos. São complexos aromáticos, voláteis e oleosos, obtidos de diferentes partes das plantas (folhas, cascas, caules, sementes, raízes, flores, botões e frutos), apresentando uma mistura de mais de 20 grupos de compostos químicos, como terpenos, álcoois, ácidos, ésteres, epóxidos, aldeídos, cetonas, aminas e sulfetos (Perczak et al., 2019). Os componentes dos óleos essenciais, como citral, cinamaldeído, eugenol e timol, exibem fortes propriedades antifúngicas, bem como a inibição da produção de micotoxinas (Wang et al., 2019).

Os óleos essenciais têm alta hidrofobicidade e alta viscosidade, portanto, podem causar distribuição irregular do óleo quando empregado em meio líquido e sólido. Em contraste, os óleos essenciais em vapor são mais uma vantagem para inibição microbiana e aplicação para proteção de alimentos e rações (Tian et al., 2012). O mecanismo antifúngico de óleos essenciais e seus compostos tem sido proposto devido ao seu caráter lipofílico, que permite que eles penetrem nas membranas celulares e interfiram no metabolismo celular, também reagindo nos processos celulares ou enzimas (Sukcharoen et al., 2017).

O tratamento por vaporização de óleo essencial obtido de *Cinnamomum porrectum* (Roxb.) Kosterm foi estudado por Sukcharoen et al. (2017), exibindo efeito de inibição no crescimento do micélio, esporulação e produção de AFB<sub>1</sub> de cepas de *A. parasiticus* e *A. flavus*. Para os autores, o óleo essencial representa um boa alternativa no controle ecológico de cepas aflatoxigênicas em alimentos e commodities agrícolas. Também ressaltam que a ação antiaflatoxina do óleo essencial pode estar relacionada à inibição da biossíntese de micotoxina envolvendo peroxidação lipídica e oxigenação.

Jermnak et al. (2012), verificaram que o óleo essencial de *Betula alba* inibiu a produção de aflatoxina de *A. parasiticus*, e o crescimento do fungo também foi fortemente inibido pelo óleo. Os autores relatam que obtiveram uma fração com atividade inibitória específica para a produção de aflatoxina por fracionamento em coluna de sílica gel. Seringato de metila foi isolado como um inibidor da produção de aflatoxina da fração ativa, inibindo a produção de aflatoxina de *A. parasiticus* e *A. flavus* com alta seletividade. O seringato de metila tem uma estrutura simples, além de ser um derivado de ácido gálico e é um constituinte geral aromático em plantas. O mecanismo de inibição de produção de AFB<sub>1</sub> ainda não está clara.

Wang et al. (2018), avaliaram o efeito antifúngico e antitoxigênico do cinamaldeído, investigando seus mecanismos de inibição do crescimento fúngico a nível morfológico e inibição da biossíntese de OTA. O estudo revela uma inibição entre 82 e 100% da produção de OTA os mecanismos da atividades antifúngicas e antitoxigênicas do cinamaldeído contra *A. ochraceus*, e ainda enfatiza que o cinamaldeído pode ser um agente natural seguro e eficaz contra a contaminação OTA durante armazenamento de cereais. Cinamaldeído causa regulação negativa de genes biossintéticos e reguladores da OTA, que por sua vez resulta na inibição do crescimento fúngico e produção de OTA. Essas descobertas enfatizam ainda mais o toxicidade do cinamaldeído em fungos e significa que este é uma boa alternativa aos fungicidas químicos e conservantes durante o armazenamento de alimentos e rações.

Boukaew et al. (2019), avaliaram a eficácia de cinco óleos essenciais de vática e seus derivados no controle de aflatoxinas produzidas por fungos *A. parasiticus* na contaminação de grãos de milho. De acordo com os autores, os óleos de vática inibiram completamente o crescimento e germinação de conídios de *A. parasiticus* TISTR 3276, demonstrando o potencial uso dos óleos no controle de aflatoxinas. Óleos essenciais também foram utilizados para inibição de fungos *F. culmorum* e *F. graminearum*, bem como de micotoxinas produzidas por essas espécies em milho (Perczak et al., 2019). O estudo reporta que o emprego de oito óleos essenciais, destacando a inibição de 68% de *F. culmorum* e redução na produção de ZEA de 68,3% quando avaliado o óleo obtido de laranja. Também enfatizam que todos os óleos essenciais testados proporcionaram uma redução significativa nos níveis de concentração dos tricotecenos do grupo B (94,5 – 100%). De acordo com ambos os estudos, os óleos essenciais não estão envolvidos em processos de degradação das micotoxinas, existindo a possibilidade de ação dos óleos essenciais na inibição da biossíntese destes compostos.

Óleos essenciais também foram empregados na inibição da produção de micotoxinas e crescimento de fungos *Alternaria alternata*, que também é um contaminante frequente em alimentos e rações derivados de cereais, frutas e vegetais (Wang et al., 2019). De acordo com os autores, a concentração fungicida mínima de citral necessária para inibição foi 890 µg mL<sup>-1</sup>, pela observação de não crescimento micelial após tratamento. A biossíntese de alternariol (principal micotoxina produzida

por *A. alternata*) teve um declínio de 98,6%. Citral exibiu forte capacidade fungicida ao romper a estrutura celular, a sua integridade é essencial para a adaptação fúngica à resposta ao estresse causado por compostos tóxicos. Esse terpenoide lipofílico atravessa a membrana plasmática e causa distúrbio na integridade da membrana. O ergosterol é o principal componente dos esteróis estruturais, especialmente na membrana da célula fúngica, e qualquer alteração ocasionada ao ergosterol pode levar a maior fragilidade em resposta ao estresse, estando relacionado neste estudo a redução de ergosterol como resultado do tratamento com citral.

A influência de conservantes naturais carvacrol, eugenol, trans-cinamaldeído e o óleo essencial de *Origanum vulgare*, foi avaliada na produção de OTA e no crescimento micelial de dois fungos relacionados com alimentos, *P. verrucosum* e *A. westerdijkiae* (Schlösser; Prange, 2019). Em relação a inibição de crescimento dos fungos, os autores relatam que o crescimento de micélio de *P. verrucosum* diminuiu mais de 94,2% em 14 dias, já o micélio de *A. westerdijkiae* diminuiu mais de 83,5% no mesmo período na presença dos conservantes. Aos 14 dias, a maior inibição da micotoxina OTA foi alcançada pelo eugenol com 75,3% e a menor pelo carvacrol com 25,8%. Em 21 dias de incubação, o carvacrol, o óleo essencial de *O. vulgare*, e eugenol mostraram uma inibição entre 94,2 e 99,4%, em contrapartida com o emprego de trans-cinamaldeído a inibição foi baixa, em torno de 35,1%.

Os fitoquímicos fenólicos são a maior categoria de fitoquímicos e os mais amplamente distribuídos no reino vegetal, com destaque para 3 grupos, os flavonoides, ácidos fenólicos e polifenóis. Os flavonoides são o maior grupo de fenóis vegetais e o mais estudado. Os ácidos fenólicos formam um grupo diverso que inclui os ácidos hidroxibenzoico e hidroxicinâmico amplamente distribuídos (King; Young, 1999). A inibição de aflatoxinas por fitoquímicos fenólicos foi relatada no estudo de Pak et al. (2006), onde compostos caracterizados como flavonoides (3', 5, 7-trihydroxy-3, 4'-dimethoxyflavone e 3',4',5-trihidroxi-7-metoxiflavanona) e lactonas (enidrina e uvedalina) isolados de *Polymnia sonchifolia* apresentaram ação inibitória sobre a produção de AFB<sub>1</sub>. O composto 3',5,7-trihidroxi-3,4'-dimetoxiflavona (15 µg mL<sup>-1</sup>) inibiu 25% da produção de AFB<sub>1</sub> e o composto uvedalina inibiu o crescimento do fungo e a produção da micotoxina em 34% e 76%, respectivamente.

Os compostos fenólicos naturais timol, carvacrol, isoeugenol e eugenol apresentaram atividade antifumonisinás, demonstradas no estudo de Dambolena et al. (2011). No estudo a lipofilicidade dos compostos foi a propriedade molecular descrita como mais influente, sugerindo que o passo principal para atividade é atingir o interior das células fúngicas. A refratividade molar tem sido usada para explicar os efeitos eletrônicos em interações químico-biológicas e tem sido relatada ser muito valiosa na correlação dos efeitos alostéricos em interações enzima-ligante. Os autores evidenciam duas hipóteses para as atividades antifumonisinás dos compostos: (I) a atividade antifumonisinás dos compostos fenólicos pode ser devido a um aumento na fase de latência antes do crescimento do fungo e/ou

resultado de um efeito da taxa de crescimento, levando a um atraso no início do fase estacionária de crescimento; (II) durante o estresse, os fungos respondem por controlar a produção de metabólitos secundários.

O estudo de Ferruz et al. (2016) também foi conduzido para avaliar o potencial de ácidos fenólicos naturais (cafeico, ferúlico, p-cumárico e clorogênico) para o controle do crescimento micelial e produção de micotoxinas por seis espécies toxigênicas de *Fusarium*. A adição dos ácidos teve efeito de inibição total das espécies *F. graminearum*, *F. proliferatum* e *F. verticillioides* em milho em meio ágar. Os autores relatam que a biossíntese do tipo A de tricotecenos, Toxina T-2 e HT-2, por *F. sporotrichioides* foi significativamente reduzida em 90%.

A presença de compostos fenólicos também foi apontada como motivo da ausência de aflatoxinas em feijão por Telles et al. (2017). Os autores enfatizam que a inibição pode estar associada a propriedade dos compostos fenólicos de inibir a atividade da enzima amilase fúngica. O estudo associa os compostos fenólicos com o mecanismo de defesa, especialmente considerando o perfil de ácido fenólico onde o ácido gálico e clorogênico são os predominantes, enquanto nos grãos de cereais o ácido ferúlico é o principal.

Os ácidos fenólicos são predominantes em grãos de cereais, e são derivados do ácido cinâmico ou ácido benzoico. Eles incluem, em ordem decrescente de quantidade, ácido ferúlico, ácido p-hidroxibenzoico e ácido vanílico. Esses compostos foram estudados por Schöneberg et al. (2018) quanto a inibição *in vitro* de 16 micotoxinas produzidas por fungos do gênero *Fusarium* em grãos de aveia. Os autores relatam que o emprego de ácido ferúlico levou a uma faixa de redução e 97 a 100%, ácido p-hidroxibenzoico apresentou faixa de redução de 96 a 100%, já o ácido vanílico apresentou inibição total da produção das micotoxinas.

Kerlene et al. (2020) analisaram os efeitos de extratos feitos de grãos e casca de trigo sarraceno e produtos apícolas (própolis e pólen) no crescimento de fungos em meio de cultura e em grãos de trigo sarraceno, trigo, aveia e milho. Os resultados sugerem que os compostos bioativos (compostos fenólicos) contidos no grão de trigo sarraceno reduziram a quantidade de *Fusarium* spp. O extrato de casca de trigo sarraceno foi mais eficaz na inibição do crescimento micelial de *F. culmorum* e *F. graminearum* produtores de micotoxinas, em comparação com o extrato de grão de trigo sarraceno (13% – 50% e 14% – 36%, respectivamente). A atividade antifúngica de extratos de produtos apícolas não dependeu do teor de compostos fenólicos neles; no entanto, dependia da espécie de grão tratada. Após o tratamento dos grãos de aveia, trigo e milho com extratos de produtos apícolas, a menor concentração de fungos foi identificada no grão de aveia.

Silva et al. (2020) avaliaram os compostos fenólicos livres, conjugados e ligados, e seu potencial antioxidante e antifúngico, juntamente com a ocorrência de AFB<sub>1</sub> em soja. Os autores constataram que

os extratos fenólicos de soja conjugados (e.g. vanilina e quercetina) e ligados (e.g. protocatecóico, clorogênico e serínico) foram eficientes para a inibição da enzima  $\alpha$ -amilase fúngica. A confirmação se deu pelos baixos níveis de AFB<sub>1</sub> (0,96 a 1,67  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) nas amostras de soja, confirmando o efeito protetor dos compostos fenólicos presentes na soja contra a contaminação fúngica e por essa micotoxina.

Outros fitoquímicos também são descritos por apresentar ação fitoquímica. Caceres et al. (2017) investigaram o impacto anti-aflatoxigênico da molécula de piperina. Os autores relatam que 0,04 mM de piperina permitiu uma inibição de AFB<sub>1</sub> de 95% com apenas um leve impacto no crescimento do micélio fúngico. O mecanismo apontado nos resultados demonstram que a piperina inibe quase todos os genes da via biossintética da aflatoxina levando a um inibição da biossíntese da micotoxina, sugerindo fortemente que a piperina inibe a produção de AFB<sub>1</sub> por *A. flavus* por meio da perturbação do equilíbrio do estresse oxidativo.

Menniti e Neri (2010) exploraram a capacidade de alguns compostos naturais (trans-2-hexenal, carvacrol e eugenol) no controle de *F. verticillioides* em grãos de milho armazenados, e a possibilidade de trans-2-hexenal ser usado como um biofumigante pós-colheita para reduzir a produção de fumonisina. No estudo ambos os compostos apresentaram atividade inibitória de *F. verticillioides*, a exposição a 2,46  $\mu\text{L L}^{-1}$  de trans-2-hexenal forneceu o melhor controle de *F. verticillioides* e nenhum sintoma fitotóxico ou odor desagradável nos grãos foi observado. Estes resultados mostraram que trans-2-hexenal foi eficaz no controle do fungo localizado na parte interna de grãos de milho assintomáticos. Trans-2-hexenal, aplicado como fumegante, foi capaz de penetrar na parte interna dos grãos e o a atividade antifúngica pode ser atribuída à sua volatilidade, porém não foi eficiente quanto a inibição da produção de fumonisina. A conclusão do estudo ressalta que o desenvolvimento de patógenos e produção de micotoxinas não são estritamente relacionados, e que mais estudos devem ser realizados para avaliar em nível molecular os mecanismos de ação dos metabolismos primário e secundário do patógeno.

## CONCLUSÃO

Considerando a incidência de uma gama de micotoxinas em grãos e seus produtos alimentares derivados, torna-se importante a preocupação relacionada a prevenção ou redução destes contaminantes, principalmente relacionado a inibição da produção por espécies fúngicas toxigênicas. Nesse sentido torna-se evidente o crescente interesse e a potencialidade da aplicação de fitoquímicos desde o armazenamento das sementes até a comercialização, consolidando essa nova alternativa como eficiente e segura para a proteção de grãos sem a necessidade do emprego de produtos sintéticos e/ou pesticidas. O uso de métodos biológicos pode aliar o emprego de uma estratégia com baixa ou nenhuma geração de resíduos à prevenção da contaminação no cultivo das plantas ou pré-colheita e cuidados no

armazenamento dos grãos. Isto permite também a produção de um alimento atrativo ao consumidor com ausência de produtos tóxicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adebo OA, Kayitesi E, Njobeh PB (2019). Reduction of mycotoxins during fermentation of whole grain sorghum to whole grain ting (a Southern African Food). *Toxins*, 11(1): 1-10.
- Angelo PM, Jorge N (2007). Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 66(1): 1-9.
- Anjorin TS, Salako EA, Makun HA (2013). *Control of toxigenic fungi and mycotoxins with phytochemicals: potentials and challenges*. Mycotoxin and food safety in developing countries, 181
- Awika JM, Rooney LD (2004). Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. *Phytochemistry*, 65(9): 1199-1221.
- Bayman P, Baker JL (2006). Ochratoxins: a global perspective. *Mycopathologia*, 162(3): 215-223.
- Belobrajdic DP, Bird AR (2013). The potential role of phytochemicals in wholegrain cereals for the prevention of type-2 diabetes. *Nutrition Journal*, 12(62): 1-12.
- Boukaew S, Petlamul W, Phitthayaphinant P, Prasertsan P (2019). Efficacy of vatica oil in controlling *Aspergillus parasiticus* in maize grain by direct contact and fumigation methods. *European Journal of Plant Pathology*, 154(4): 1135-1148.
- Brasil (2019). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Levantamento Sistemático da Produção Agrícola Estatística da Produção Agrícola*. Rio de Janeiro: IBGE. 95p.
- Bryła M, Ksieniewicz-Wóznik E, Yoshinari T, Wąskiewicz A, Szymczyk K (2019). Contamination of wheat cultivated in various regions of Poland during 2017 and 2018 agricultural seasons with selected trichothecenes and their modified forms. *Toxins*, 11(88): 1-16.
- Caceres I, El Khoury R, Bailly S, Oswald IP, Puel O, Bailly JD (2017). Piperine inhibits aflatoxin B1 production in *Aspergillus flavus* by modulating fungal oxidative stress response. *Fungal Genetics and Biology*, 107: 77-85.
- Christ-Ribeiro A, Kupski L, Badiale-Furlong E, Souza-Soares LA (2019). Cytotoxicity, antifungal and anti mycotoxins effects of phenolic compounds from fermented rice bran and *Spirulina* sp. *Process Biochemistry*, 80(1): 190-196.
- Dambolena JS, Zygodlo JA, Rubinstein HR (2011). Antifumonisin activity of natural phenolic compounds: a structure–property–activity relationship study. *International journal of food microbiology*, 145(1): 140-146.
- Degraeve S, Madege RR, Audenaert K, Kamala A, Ortiz J, Kimanya M, Tiisekwa B, De Meulenaer B, Haesaert G (2016). Impact of local pre-harvest management practices in maize on the occurrence

- of *Fusarium* species and associated mycotoxins in two agro-ecosystems in Tanzania. *Food Control*, 59: 225-233.
- Del Regno M, Adesso S, Popolo A, Quaroni A, Autore G, Severino L, Marzocco S (2015). Nivalenol induces oxidative stress and increases deoxynivalenol pro-oxidant effect in intestinal epithelial cells. *Toxicology and applied pharmacology*, 285(2): 118-127.
- Dong F, Qiu J, Xu J, Yu M, Wang S, Sun Y, Zhang G, Shi, J (2016). Effect of environmental factors on *Fusarium* population and associated trichothecenes in wheat grain grown in Jiangsu province, China. *International journal of food microbiology*, 230: 58-63.
- FAO (2020). *Crop prospects and quarterly global report food situation*. 3 ed. Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO, Roma, 48p.
- Ferruz E, Loran S, Herrera M, Gimenez I, Bervis N, Barcena C, Carraminana JJ, Juan T, Herrera A, Arino A (2016). Inhibition of *Fusarium* growth and mycotoxin production in culture medium and in maize kernels by natural phenolic acids. *Journal of food protection*, 79(10): 1753-1758.
- Fontaine K, Hymery N, Lacroix MN, Puel S, Puel O, Rigalma K, Gaydou V, Coton E, Mounier J (2015). Influence of intraspecific variability and abiotic factors on mycotoxin production in *Penicillium roqueforti*. *International journal of food microbiology*, 215: 187-193.
- Foronud NA, Eudes F (2009). Trichothecenes in cereal grains. *International journal of molecular sciences*, 10(1): 147-173.
- Fuchs E, Binder EM, Heidler D, Krska R (2002) Structural characterization of metabolites after the microbial degradation of type A trichothecenes by the bacterial strain BBSH 797. *Food Additives & Contaminants*, 19(4): 379-386.
- Golge O, Kabak B (2020). Occurrence of deoxynivalenol and zearalenone in cereals and cereal products from Turkey. *Food Control*, 110(1): 1-6.
- Han X, Xu W, Zhang J, Xu J, Li F (2018). Natural occurrence of beauvericin and enniatins in corn- and wheat-based samples harvested in 2017 collected from Shandong Province, China. *Toxins*, 11(9): 1-12.
- He J, Zhou T, Young JC, Boland GJ, Scott T (2010). Chemical and biological transformations for detoxification of trichothecene mycotoxins in human and animal food chains: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 21: 67-76.
- Hermanns G, Pinto FT, Kitazawa SE, Noll IB (2006). Fungos e fumonisinas no período pré-colheita do milho. *Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 26(1): 7-10.
- Ibáñez-Vea M, Lizarraga E, González-Peñas E, Cerain AL (2012). Co-occurrence of type-A and type-B trichothecenes in barley from a northern region of Spain. *Food Control*, 25(1): 81-88.

- IGC (2019). *Production total grains*. International Grains Council Disponível em: <<https://www.igc.int/en/default.aspx>>. Acesso em: 10/08/2020.
- Jalili M, Jinap S, Noranizan A (2010). Effect of gamma radiation on reduction of mycotoxins in black pepper. *Food Control*, 21: 1388-1393.
- Jermnak U, Yoshinari T, Sugiyama Y, Tsuyuki R, Nagasawa H, Sakuda S (2012). Isolation of methyl syringate as a specific aflatoxin production inhibitor from the essential oil of *Betula alba* and aflatoxin production inhibitory activities of its related compounds. *International journal of food microbiology*, 153(3): 339-344.
- Jouany JP (2007). Methods for preventing, decontaminating and minimizing the toxicity of mycotoxins in feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 137: 342-362.
- Keriene I, Mankeviciene A, Blazyte J (2020). The effect of antifungal extracts on the contamination of grain with microfungi. *Food Science & Nutrition*, 8(3): 1375-1382.
- King AMY, Young G (1999). Characteristics and occurrence of phenolic phytochemicals. *Journal of the American Dietetic Association*, 99(2): 213-218.
- Kochiieru Y, Mankevičienė A, Cesevičienė J, Semaškienė R, Dabkevičius Z, Janavičienė S (2020). The influence of harvesting time and meteorological conditions on the occurrence of *Fusarium* species and mycotoxin contamination of spring cereals. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(1): 2999-3006.
- Krnjaja V, Mandić V, Stanković S, Obradović A, Vasić T, Lukić M, Bijelić Z (2019). Influence of plant density on toxigenic fungal and mycotoxin contamination of maize grains. *Crop Protection*, 116(1): 126-131.
- Liu RH (2007). Whole grain phytochemicals and health. *Journal of Cereal Science*, 46(3): 207-219.
- Liu YT, Chen YH, Uramaru N, Lin AH, Yang HT, Lü CK, Yao HT (2016). Soy isoflavones reduce acetaminophen-induced liver injury by inhibiting cytochrome P-450-mediated bioactivation and glutathione depletion and increasing urinary drug excretion in rats. *Journal of Functional Foods*, 26(1): 135-143.
- Lobo WV, Ramos RMM (2020). Agrotoxics Chemistry and its impact on the environment. *Química Nova*, 1(1): 2-30.
- Lopez-Martinez LX, Oliart-Ros RM, Valerio-Alfaro G, Lee CH, Parkin KL, Garcia HS (2009). Antioxidant activity, phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. *LWT - Food Science and Technology*, 42(6): 1187-1192.
- Majeed S, Boevre M, Saeger S, Rauf W, Tawab A, Habib F, Rahman M, Iqbal M (2018). Multiple mycotoxins in rice: occurrence and health risk assessment in children and adults of Punjab, Pakistan. *Toxins*, 10(2): 1-30.

- Menniti AM, Gregori R, Neri F (2010). Activity of natural compounds on *Fusarium verticillioides* and fumonisin production in stored maize kernels. *International journal of food microbiology*, 136(3): 304-309.
- Marijani E, Wainaina JM, Charo-Karisa H, Nzayisenga L, Munguti J, Gnonlonfin GJB, Kigadye E, Okoth S (2017). Mycoflora and mycotoxins in finished fish feed and feed ingredients from smallholder farms in East Africa. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 43(2): 169-176.
- Marin S, Ramos AJ; Cano-Sancho G, Sanchis V (2013). Mycotoxins: occurrence, toxicology, and exposure assessment. *Food and Chemical Toxicology*, 60: 218-237.
- Medeiros FHVD, Martins SJ, Zucchi TD, Melo ISD, Batista LR, Machado JDC (2012). Biological control of mycotoxin-producing molds. *Ciência e Agrotecnologia*, 36(5): 483-497.
- Milanez TV, Valente-Soares LM, Baptista GG (2006). Occurrence of trichothecene mycotoxins in Brazilian corn-based food products. *Food Control*, 17(4): 293-298.
- Montilla EC, Hillebrand S, Antezana A, Winterhalter P (2011). Soluble and bound phenolic compounds in different bolivian purple corn (*Zea mays* L.) cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(13): 7068-7074.
- Ok HE, Kim DM, Kim D, Chung SH, Chung M-S, Park KH, Chun HS (2014). Mycobiota and natural occurrence of aflatoxin, deoxynivalenol, nivalenol and zearalenone in rice freshly harvested in South Korea. *Food Control*, 37: 284-291.
- Pak A, Gonçalves E, Felício J, Pinto MM, Rossi MH, Simoni IC, Lopes MN (2006). Inhibitory activity of compounds isolated from *Polymnia sonchifolia* on aflatoxin production by *Aspergillus flavus*. *Brazilian Journal of Microbiology*, 37(2): 199-203.
- Perczak A, Gwiazdowska D, Marchwińska K, Juś K, Gwiazdowski R, Waśkiewicz A (2019). Antifungal activity of selected essential oils against *Fusarium culmorum* and *F. graminearum* and their secondary metabolites in wheat seeds. *Archives of microbiology*, 201(8): 1085-1097.
- Pestka J (2007). Deoxynivalenol: Toxicity, mechanisms and animal health risks. *Animal Feed Science and Technology*, 137: 283-298.
- Prodanov-Radulović JZ, Došen RĐ, Stojanov IM, Pušić IM, Živkov-Baloš MM, Ratajac RD (2013). Influence of mycotoxin zearalenone on the swine reproductive failure. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke*, 124: 121-129.
- Scaff RMC, Scussel VM (2004). Fumonisin B1 and B2 in corn-based products commercialized in the state of Santa Catarina-southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47(6): 911-919.
- Schelstraete W, Devreese M, Croubels S (2020). Comparative toxicokinetics of *Fusarium* mycotoxins in pigs and humans. *Food and Chemical Toxicology*, 137(1): 1-14.

- Schlösser I, Prange A (2019). Effects of selected natural preservatives on the mycelial growth and ochratoxin A production of the food-related moulds *Aspergillus westerdijkiae* and *Penicillium verrucosum*. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 36(9): 1411-1418.
- Schöneberg T, Kibler K, Sulyok M, Musa T, Bucheli TD, Mascher F, Bertossa M, Voegelé RT, Vogelsgang S (2018). Can plant phenolic compounds reduce *Fusarium* growth and mycotoxin production in cereals? *Food Additives & Contaminants: Part A*, 35(12): 2455-2470.
- Schrödter R (2004). Influence of harvest and storage conditions on trichothecenes levels in various cereals. *Toxicology letters*, 153(1): 47-49.
- Seus-Arraché ER, Fontes MRV, Garda-Buffon J, Badiale-Furlong E (2018). Trichothecenes in wheat: methodology, occurrence and human exposure risk. *Journal of Cereal Science*, 82(1): 129-137.
- Silva B, Souza MM, Badiale-Furlong E (2020). Antioxidant and antifungal activity of phenolic compounds and their relation to aflatoxin B1 occurrence in soybeans (*Glycine max* L.). *Journal of the science of food and agriculture*, 100(3): 1256-1264.
- Silva B, Kupski L, Badiale-Furlong E (2019). Central composite design-desirability function approach for optimum ultrasound-assisted extraction of daidzein and genistein from soybean and their antimycotoxigenic potential. *Food Analytical Methods*, 12(1): 258-270.
- Sheng S, Li T, Liu R (2018). Corn phytochemicals and their health benefits. *Food Science and Human Wellness*, 7(1): 185-195.
- Stadnik MJ, Talamini V (2004). Extratos vegetais e de algas no controle de doenças de plantas. In: Stadnik MJ, Talamini V. Manejo ecológico de doenças de plantas. Florianópolis: CCA/UFSC, 45-62.
- Sukcharoen O, Sirirote P, Thanaboripat D (2017). Control of aflatoxigenic strains by *Cinnamomum porrectum* essential oil. *Journal of food science and technology*, 54(9): 2929-2935.
- Sytar O, Bosko P, Živcák M, Brestic M, Smetanska I (2018). Bioactive phytochemicals and antioxidant properties of the grains and sprouts of colored wheat genotypes. *Molecules*, 23(1): 1-14.
- Tang Y, Tsao R (2017). Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: a review. *Molecular Nutrition & Food Research*, 61(7): 1-16.
- Tanumihardjo SA, McCulley L, Roh R, Lopez-Ridaura S, Palacios-Rojas N, Gunaratna NS (2020). Maize agro-food systems to ensure food and nutrition security in reference to the Sustainable Development Goals. *Global Food Security*, 25(1): 1-9.
- Tarazona A, Gómez JV, Mateo F, Jiménez M, Romera D, Mateo EM (2020). Study on mycotoxin contamination of maize kernels in Spain. *Food Control*, 118: 107370.

- Telles AC, Kupski L, Furlong EB (2017). Phenolic compound in beans as protection against mycotoxins. *Food Chemistry*, 214: 293-299.
- Thiel PG, Marasas WF, Sydenham EW, Shephard GS, Gelderblom WC, Nieuwenhuis JJ (1991). Survey of fumonisin production by *Fusarium* species. *Applied and Environmental Microbiology*, 57(4): 1089-1093.
- Tian J, Huang B, Luo X, Zeng H, Ban X, He J, Wang Y (2012). The control of *Aspergillus flavus* with *Cinnamomum jensenianum* Hand.-Mazz essential oil and its potential use as a food preservative. *Food Chemistry*, 130(3): 520-527.
- Tian F, Chun HS (2017). Natural products for preventing and controlling aflatoxin contamination of food. LUKMAN, BA Aflatoxin-Control, Analysis, Detection and Health Risks. *Rijeka: InTech*, 13-44.
- Tralamazza SM, Bemvenuti RH, Zorzete P, Garcia FS, Corrêa B (2016). Fungal diversity and natural occurrence of deoxynivalenol and zearalenone in freshly harvested wheat grains from Brazil. *Food chemistry*, 196:445-450.
- Verruck S, Prudencio ES, Silveira SM (2018). Compostos bioativos com capacidade antioxidante e antimicrobiana em frutas. *Revista CSBEA*, 4(1): 111-124.
- Villa P, Markaki P (2009). Aflatoxin B<sub>1</sub> and ochratoxin A in breakfast cereals from athens market: occurrence and risk assessment. *Food Control*, 20(1): 455-461.
- Wang W, Zhou J, Wang X, Zhang N, Sun X, Ma Z (2014). Isolation, identification and antioxidant activity of bound phenolic compounds present in rice bran. *Food chemistry*, 171(1): 40-49.
- Wang L, Jin J, Liu X, Wang Y, Liu Y, Zhao Y, Xing F (2018). Effect of cinnamaldehyde on morphological alterations of *Aspergillus ochraceus* and expression of key genes involved in ochratoxin A biosynthesis. *Toxins*, 10(9): 340.
- Wang L, Jiang N, Wang D, Wang M (2019). Effects of Essential Oil Citral on the Growth, Mycotoxin Biosynthesis and Transcriptomic Profile of *Alternaria alternata*. *Toxins*, 11(10): 553.
- WHO-IARC (1993). Evaluation of carcinogenic risks to humans (56:445 e 462)
- Xia R, Schaafsma AW, Wu F, Hooker DC (2020). Impact of the improvements in *Fusarium* head blight and agronomic management on economics of winter wheat. *World Mycotoxin Journal*, 13(3): 423-439.
- Yang C, Song G, Lim W (2020). Effects of mycotoxin-contaminated feed on farm animals. *Journal of Hazardous Materials*, 389(1): 1-10.
- Zinedine A, Soriano JM, Molto JC, Manes J (2007). Review on the toxicity, occurrence, metabolism, detoxification, regulations and intake of zearalenone: an oestrogenic mycotoxin. *Food and chemical toxicology*, 45(1): 1-18.



## ÍNDICE REMISSIVO

### A

*Anacardium occidentale*, 20, 24, 34  
antioxidants, 78, 85, 91, 94  
armazenamento, 7, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17,  
18, 19, 20, 21, 24, 25, 27, 29, 33, 40, 41, 42,  
43, 44, 59, 62, 63, 64, 103, 104, 105, 106,  
109, 112  
*Astrocaryum murumuru*, 37, 44

### B

bioactive compounds, 74, 78, 80, 81, 85, 86,  
88, 90, 91, 96  
biorrefinaria, 73

### C

cabra, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20,  
22  
capsaicin, 80, 81, 83, 85, 86, 92, 94, 95, 97, 99,  
100, 102  
carotenoides, 6, 7, 8, 10, 14, 15, 16, 17, 18, 20,  
21, 23, 24, 29, 34, 35, 70  
condições de processamento, 24  
contaminação, 59, 63, 64, 105, 106, 109, 111,  
112  
cor, 8, 10, 11, 16, 17, 19, 23, 24, 25, 26, 27, 28,  
29, 32, 33, 34, 38, 39, 53, 55, 103  
Cor, 13, 17  
curimatã, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 57

### D

DCCR, 25, 26

### E

empanado, 47, 48, 50, 52, 53, 54, 55, 56  
estabilidade, 6, 7, 15, 20, 21, 23, 24, 29  
*Eugenia stipitata*, 37  
extrato de caju, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 17, 18, 20,  
23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33

### F

farinha, 49, 50, 53, 55, 56, 70  
fibras residuais, 7, 8, 23, 24  
fitoquímicos, 69, 102, 103, 104, 108, 110, 111,  
112  
free radicals, 85, 86

### G

grãos, 50, 59, 68, 102, 103, 104, 105, 106, 107,  
109, 111, 112

### I

incorporação, 7, 8, 14, 15, 17, 25, 69, 71, 72, 73  
Instrumental analyzes, 90

### M

metabólitos, 103, 110  
micotoxinas, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108,  
109, 110, 111, 112

### N

novos produtos, 68, 69, 72, 73

### P

parâmetros de qualidade, 37, 39, 40, 41, 43  
pH, 10, 12, 13, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32,  
33, 34, 35, 40, 41, 42, 51, 71, 75, 77, 79, 88,  
105  
phenolic, 73, 85, 88, 89, 90, 91, 92, 95, 96, 99,  
101, 113, 114, 115, 116, 117, 118  
*Piper nigrum* L., 58  
pipericultores, 58  
processamento, 6, 8, 12, 23, 24, 26, 27, 28, 29,  
32, 34, 37, 46, 50, 58, 60, 62, 63, 67, 68, 69,  
71, 73, 105

### Q

qualidade microbiológica, 11, 16, 17, 59  
queijo coalho, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 15, 16, 17, 19,  
20, 21

**R**

reaproveitamento, 69  
*Rhollinea Orthopetala*, 37

**S**

Secagem, 45  
sensorial, 11, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 47, 53,  
54, 55, 56, 57, 68, 75

**T**

temperatura, 8, 9, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32,  
33, 34, 39, 41, 46, 60, 70, 71, 105  
triturado, 50, 51, 52, 53, 54

**V**

valor agregado, 68, 72  
vida útil, 42, 43, 64



** Wesclen Vilar Nogueira**

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

ISBN 978-658831927-7



**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](mailto:contato@editorapantanal.com.br)