

# 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 González – 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

## 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.

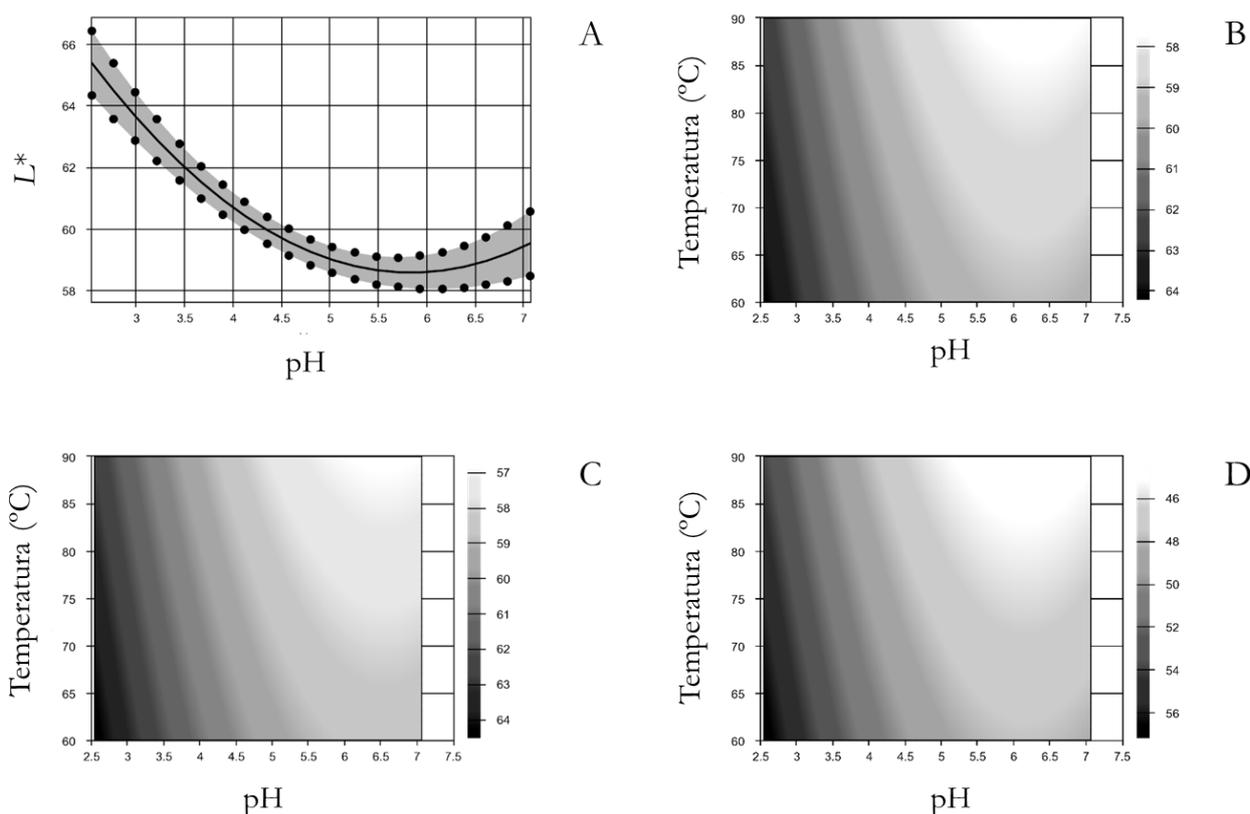
**Tabela 3.** ANOVA para os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  do extrato de caju (EC) frente a distintas condições de pH e temperatura nos tempos 0, 1°, 3° e 5° semana. Fonte: os autores.

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).

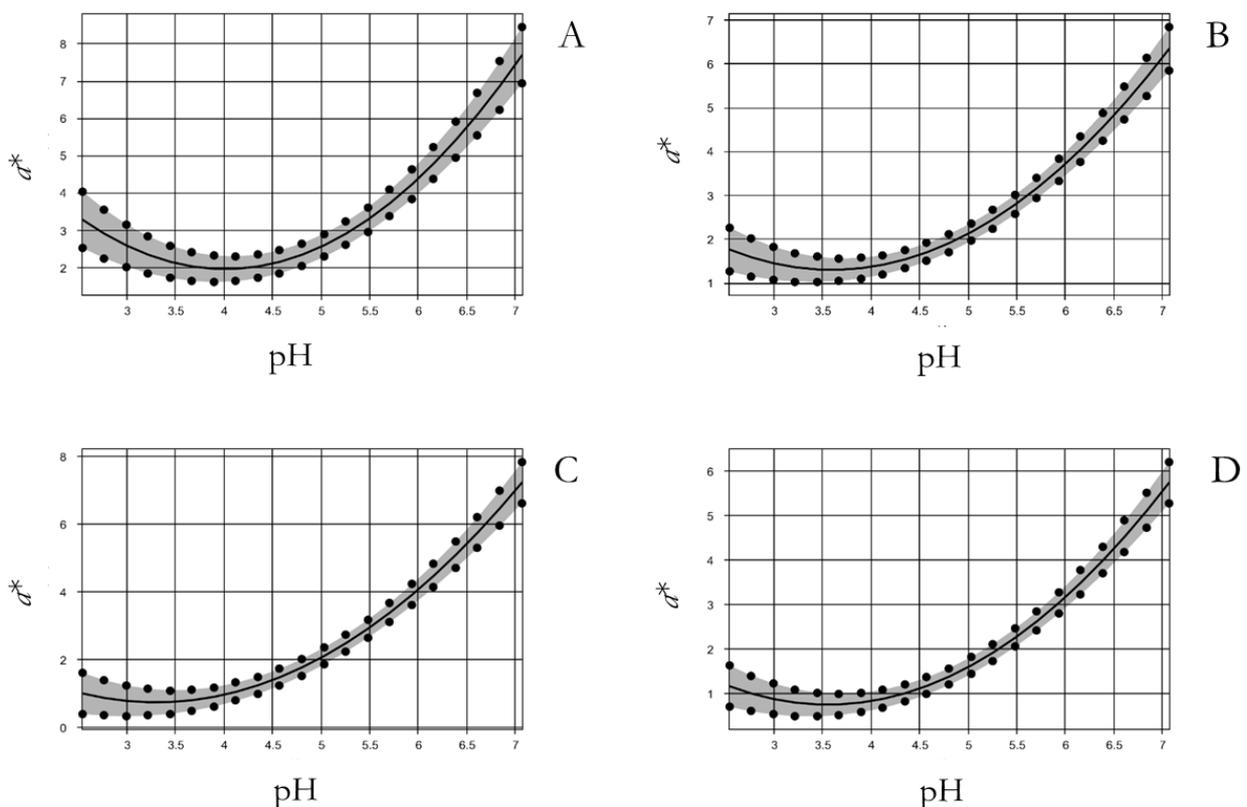


**Figura 2.** Curvas de contorno para o parâmetro  $L^*$  do extrato de caju (EC) obtido das fibras do pedúnculo de caju frente a distintas condições de pH e temperatura. **A** – EC tempo 0; **B** – EC tempo 1 semana; **C** – EC tempo 3 semanas; e **D** – EC tempo 5 semanas. Fonte: os autores.

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.

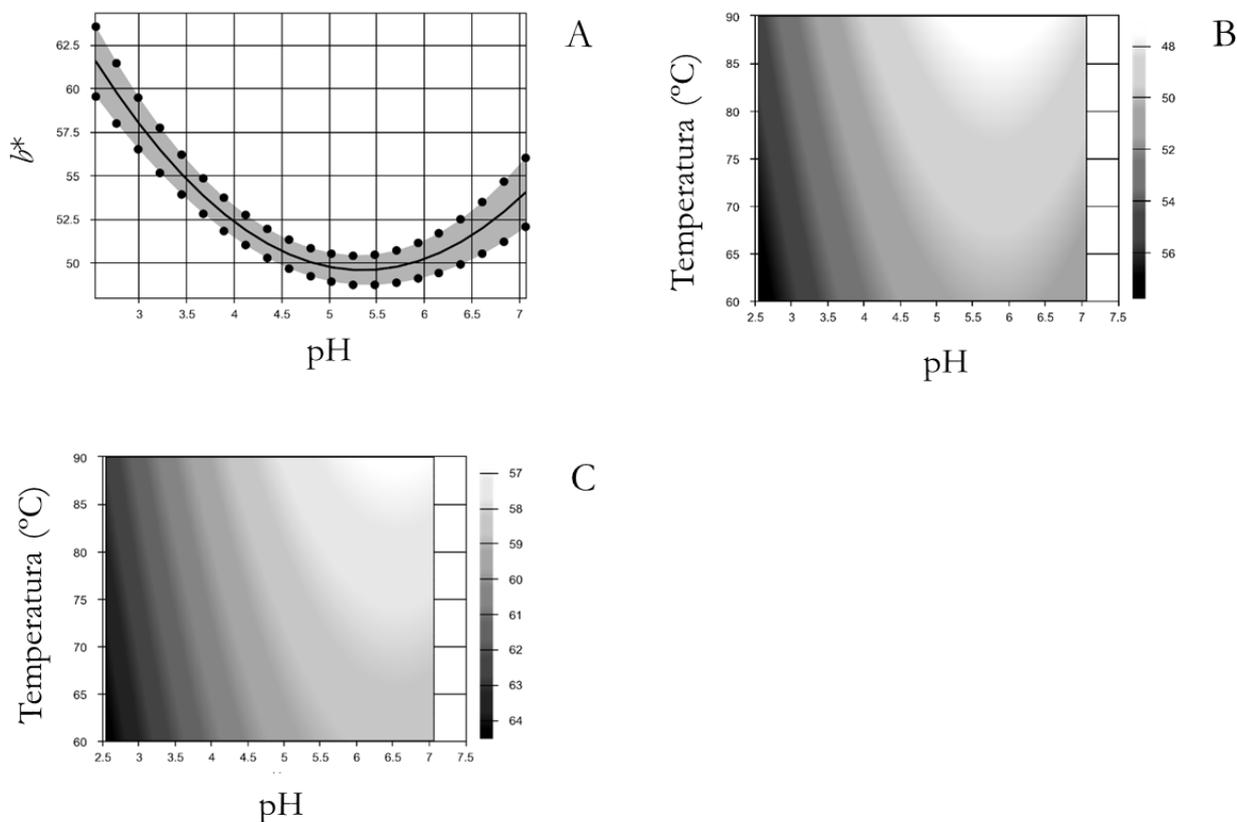
De uma forma geral, pode-se observar que os valores de  $R^2$  para o parâmetro  $a^*$  são satisfatórios (ver Tabela 4), uma vez que são superiores a 85%, e que o F-calculado foi superior ao F-tabelado (ver Tabela 3). Desta forma, foi possível obter um modelo, e gerar a curva de contorno para cada tempo 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 os 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.
- Rodriguez-Amaya DB (2018). Update on natural food pigments - A mini-review on carotenoids, anthocyanins, and betalains. *Food Research International*. 124: 200-205.
- Rodriguez-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.

## 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)