



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO

AMANDA SUELLEN SANTANA ALVES

**APROVEITAMENTO DA FARINHA DA CASCA DE MANGA PARA A  
ELABORAÇÃO DE TAPIOCA**

Recife  
2023

AMANDA SUELLEN SANTANA ALVES

**APROVEITAMENTO DA FARINHA DA CASCA DE MANGA PARA A  
ELABORAÇÃO DE TAPIOCA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Nutrição.

Área de Concentração: Ciência dos Alimentos.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Patrícia Moreira Azoubel.

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Christine Lamenha Luna Finkler.

Recife

2023

Catálogo na fonte:  
Bibliotecário: Aécio Oberdam, CRB4: 1895

A474a Alves, Amanda Suellen Santana.  
Aproveitamento da farinha da casca de manga para a elaboração de tapioca /  
Amanda Suellen Santana Alves – 2023. 80 p.

Orientadora: Patrícia Moreira Azoubel

Coorientadora: Christine Lamenha Luna Finkler

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Nutrição. Recife, 2023. Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Aproveitamento integral dos alimentos. 2. Compostos fitoquímicos. 3. Desidratação de alimentos. 4. *Mangifera indica* L. Azoubel, Patrícia Moreira (orientadora). II. Título.

612.3 CDD (23.ed.)

UFPE (CCS 2024 - 031)

AMANDA SUELLEN SANTANA ALVES

**APROVEITAMENTO DA FARINHA DA CASCA DE MANGA PARA A  
ELABORAÇÃO DE TAPIOCA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, na área de concentração de Ciências dos Alimentos, como requisito para obtenção do título de Mestre em Nutrição.

Aprovado em: 31/ 08/ 2023.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Jenyffer Medeiros Campos Guerra (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marcela Sarmiento Valencia (Examinador Externo)  
Centro Acadêmico de Vitória - CAV  
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

---

Prof. Dr. Rafael Augusto Batista de Medeiros (Examinador Externo)  
Instituto Federal de Pernambuco – IFPE

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus por toda a força, paciência, sabedoria, perseverança e resiliência que me foi concedida durante o mestrado.

Antes de começar agradecendo aos familiares, amigos e a todos que me ajudaram nessa caminhada. Queria gentilmente agradecer a mim, nós sempre lembramos de agradecer aos outros por todas as nossas conquistas. Mas, as vezes esquecemos de agradecer e ser mais gentis com nós mesmos. Obrigada, Amanda, por toda a sua determinação, disciplina e por não ter deixado se abater pelo cansaço físico, mental e emocional, nem sempre os dias foram fáceis por aqui. No entanto, você com toda a sua perseverança e resiliência está realizando mais um sonho na sua vida, você merece tudo isso, garota. Tenha certeza de uma coisa, a Amanda que um dia sonhou em ser mestre está orgulhosa de você.

Aos meus pais, Fátima Alves e Irandi Alves, pelo amor incondicional, por todo esforço e dedicação para que eu e o meu irmão tivéssemos uma boa educação. Agradeço todos os dias a Deus por ter vocês como pais. Obrigada, por confiarem em mim, por toda a força e incentivo que vocês sempre me deram.

À Ian Luz, toda a sua ajuda, por ser um irmão compreensível e prestativo.

À minha avó, Carmelita da Conceição, por todas as orações e por torcer por mim.

Ao meu namorado, Flávio de Andrade, por todo o amor, ajuda, paciência, incentivo, por compartilhar todo o seu conhecimento comigo, por ser o meu porto seguro e por ter sido tão presente, no momento que você está mais distante de mim.

Aos meus três filhos, Dudu, Dandara e Dalila, por sempre estarem ao meu lado durante os momentos bons e ruins. E o mais importante, muito obrigada, pelo toque de recolher canino. Afinal, eu precisava dormir e descansar e vocês também.

À Franciele Pereira, por todo o apoio, torcida, orações, por sempre me ouvir e me confortar nos momentos que mais precisei.

Aos meus amigos, Dayanne Freitas, Júlia Cabral, Clara Ferraz, Renan Monteiro, Natália Castro, Akasya Cavalcanti, Jaciane Santos, Rianne Farias, Débora Sandrine, Andresa Montana, Natália Silva e Roana Santos, por toda a torcida e apoio que vocês sempre me deram.

À Samarah Almeida, que foi o meu braço direito nesse trabalho. Obrigada, por toda a força, paciência, pelos conhecimentos compartilhados e por estar sempre disposta a me ajudar.

À José Carlos Alves, sou imensamente grata a você, por sempre me socorrer nos momentos que mais precisei e por todo o tempo que você se dedicou para tirar as minhas dúvidas e me ajudar com as metodologias.

À Regina Escorel, a minha dupla, por todo o apoio, risadas, abraços e palavras de conforto. Você sempre tão prestativa, determinada e esforçada para conquistar o seu sonho. É, Regi, esse dia chegou, estou muito feliz em poder fechar esse ciclo junto com você. Te admiro bastante pela garra que você sempre teve, que não desanimou durante as seleções e as intercorrências do mestrado. Ao contrário, isso te deu mais forças para correr atrás do seu objetivo. Parabéns, por sua conquista, sei que não foi fácil para você como mãe, tentar conciliar a vida pessoal com a profissional. Mas, você conseguiu e merece tudo isso.

À Blenda Morais, Eduarda Souza e Manuela Duarte, por toda ajuda, paciência e compressão.

Aos meus amigos do mestrado, Andressa Costa, Arthur Silva, Camila Vilela e lasmin Azevedo, por serem tão prestativos durante essa jornada.

À Karolyne Silva, por ter se empenhado tanto em me ajudar nos momentos que mais precisei.

Ao grupo de pesquisa do Laboratório de Eletrossíntese, em especial, Camila Arruda, Brenda Marinho, Cleidson Santos, Danilo Galdino e ao professor Marcelo Navarro, por serem sempre tão solícitos, por me receberam tão bem e por apagarem as luzes do laboratório e não deixarem que ninguém acendesse, enquanto eu realizava os meus experimentos. Obrigada, por todas as risadas e conhecimentos compartilhados, vocês são maravilhosos.

À professora Jenyffer Guerra, por tirar as minhas dúvidas e por sempre estar disposta a me ajudar.

À professora Neila Cortez, por sua ajuda e pelos momentos de risadas e descontrações.

À professora Mércia Gonçalves, por sua ajuda e por seus conselhos.

Aos técnicos, Ana da Silva, Anna Souza, Carla da Silva, Gabriel Locatelli, Márcia dos Santos, Ronaldo Monteiro e Vivaldo Araújo, por toda a ajuda e pelos momentos de descontrações.

Ao grupo de pesquisa do Laboratório de Engenharia dos Alimentos e Ambiental. Obrigada, Rafael Medeiros, Zilmar Pimenta e João Henrique da Silva por todo o conhecimento compartilhado.

As minhas orientadoras, Patrícia Azoubel e Christine Finkler, por aceitarem me orientar, por toda a paciência e apoio.

As professoras, Maria Inês Maciel e Emmanuela Paiva, por sempre serem tão solícitas quando eu precisava usar os equipamentos de seus respectivos laboratórios.

À banca por terem aceitado o convite e pelas sugestões que fizeram desde a defesa da qualificação, as quais contribuíram para a escrita e organização da dissertação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

A todos aqueles que, de maneira direta e/ou indiretamente, contribuíram para a construção desse trabalho.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da substituição parcial da goma de mandioca pela farinha de casca de manga no preparo de tapiocas. Inicialmente, a farinha de casca de manga foi obtida por meio da secagem das cascas de manga *in natura* em estufa a 50 °C e logo após, foi realizada a análise microbiológica da farinha. Na segunda etapa da pesquisa, para o preparo das tapiocas, a goma de mandioca foi substituída parcialmente pela farinha de casca de manga, nas seguintes proporções: 100% de goma de mandioca e 0% de FCM (TP- tapioca padrão), 85% de goma de mandioca e 15% de FCM (T15 – tapioca substituída parcialmente com 15 % da farinha) e 80% de goma de mandioca e 20% de FCM (T20 – tapioca substituída parcialmente com 20 % da farinha) em substituição parcial a 60 g de goma de mandioca. Na última etapa, as amostras das cascas de manga *in natura* (C), farinha de casca de manga (FCM), goma padrão (GP), goma substituída parcialmente com 15% (m/m) da farinha (G15), tapioca padrão (TP) e tapioca substituída parcialmente com 15% (m/m) da farinha (T15) foram submetidas a análises físico-químicas em que foram avaliados: teor de umidade, teor de cinzas, atividade de água, pH, acidez titulável, teor de ácido ascórbico, teor de carotenoides totais, teor de compostos fenólicos totais, teor de flavonoides totais, capacidade antioxidante, cor e textura. Após a análise microbiológica na FCM, foi observado a ausência de microrganismos em sua composição. Durante o preparo das tapiocas, notou-se que a formulação T15 foi a que mais se aproximou da formulação TP, enquanto a T20, apresentou-se quebradiça, o que dificultou o seu preparo, portanto, a formulação T20 não foi analisada no presente estudo. Ao acrescentar a FCM na formulação G15 para o preparo da amostra T15 após a cocção, notou-se a diminuição do teor de umidade (de 29,14 para 21,16 %) e da atividade de água (de 0,94 para 0,88), aumento do teor de cinzas (de 0,28 para 0,84%) e do pH (de 3,75 para 4,27) e redução da acidez titulável (de 0,29 para 0,20). Em relação aos teores de ácido ascórbico, carotenoides totais, compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante, após o processo de cocção da formulação T15, observou-se uma redução desses parâmetros devido a exposição ao calor. No entanto, eles ainda mantiveram-se presentes na composição da formulação T15. Diante disso, verificou-se que a substituição parcial da farinha de casca de manga na goma de mandioca resultou em um produto com o maior valor nutricional agregado, quando comparado a goma de mandioca padrão, demonstrando

a viabilidade do aproveitamento das cascas de manga e, posteriormente a confecção da farinha, para o preparo das tapiocas.

**Palavras-chave:** aproveitamento integral dos alimentos; compostos fitoquímicos; desidratação de alimentos; *Mangifera indica* L.

## ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the influence of partially substituted cassava starch with mango peel flour in the preparation of tapioca. Initially, the mango peel flour was obtained by drying the mango peel in an oven at 50 °C and soon after, the microbiological analysis of the flour was performed. In the second stage of the research, for the preparation of tapiocas, cassava gum was partially replaced by mango peel flour, in the following proportions: 100% cassava starch and 0% FCM (TP – standard tapioca), 85% cassava starch and 15% FCM ((T15 - tapioca partially replaced with 15% of flour) and 80% cassava starch and 20% (T20- tapioca partially replaced with 20% of flour) in partially substituted of 60 g of cassava starch. ). In the last step, the samples of fresh mango peels, mango peel flour, standard gum (GP), partially substituted gum with 15% of the flour, standard tapioca (TP) and tapioca partially replaced by 15% of the flour (T15) were subjected to physical-chemical analyzes in which the following were evaluated: moisture content, ash content, water activity, pH, titratable acidity, ascorbic acid content, total carotenoid content, content of total phenolic compounds, content of total flavonoids, antioxidant capacity, color, texture and microbiological analysis. After microbiological analysis on the FCM, the observed the absence of microorganism in their composition. After preparing the tapioca, it was observed that the T15 formulation was the closest to the TP formulation, while T20, presented brittle, therefore, the formulation T20 was not analyzed in the present study. By adding the mango flour to the G15 formulation for the preparation of the sample T15 after cooking, a decrease in moisture content (from 29.14 to 21.16%), and water activity (from 0.94 to 0.88), increase in ash content (from 0.28 to 0.84%), and pH (from 3.75 to 4.27) and reduction in titratable acidity (from 0.29 to 0.20%). Regarding the contents of ascorbic acid content, total carotenoids, total phenolic compounds, and antioxidant capacity, after the cooking process of the formulation T15. However, they remained present in the composition of the T15 formulation. Therefore, it was verified that the partial replacement of mango peel flour in cassava gum resulted in a product with the highest nutritional value, when compared to the standard cassava gum, demonstrating the viability of the using mango peel and, later production of the flour for the preparation of tapiocas.

**Keywords:** whole utilization of foods; phytochemicals compounds; food dehydration;  
*Mangifera indica* L.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
2.1	MANGA .....	16
<b>2.1.1</b>	<b>Resíduos agroindustriais gerados no processamento de mangas .....</b>	<b>18</b>
2.2	COMPOSTOS BIOATIVOS PRESENTES NA CASCA DE MANGA .....	20
<b>2.2.1</b>	<b>Carotenoides.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Compostos fenólicos .....</b>	<b>22</b>
2.3	SECAGEM.....	24
2.4	TAPIOCA.....	26
<b>3</b>	<b>HIPÓTESE .....</b>	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>31</b>
4.1	OBJETIVO GERAL.....	31
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	31
<b>5</b>	<b>MATÉRIAS E MÉTODOS .....</b>	<b>32</b>
5.1	AQUISIÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA .....	32
<b>5.1.1</b>	<b>Manga .....</b>	<b>32</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Goma de mandioca hidratada .....</b>	<b>33</b>
5.2	OBTENÇÃO DAS CASCAS DE MANGA .....	33
5.3	ESTUDO DA CINÉTICA DE SECAGEM NAS CASCAS DE MANGA .....	33
5.4	ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	34
5.5	PREPARO DAS TAPIOCAS.....	34
5.6	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS .....	35
<b>5.6.1</b>	<b>Determinação do teor de umidade.....</b>	<b>36</b>
<b>5.6.2</b>	<b>Determinação do teor cinzas totais .....</b>	<b>36</b>
<b>5.6.3</b>	<b>Determinação da atividade de água.....</b>	<b>36</b>
<b>5.6.4</b>	<b>Determinação de pH.....</b>	<b>37</b>
<b>5.6.5</b>	<b>Determinação da acidez titulável .....</b>	<b>37</b>
<b>5.6.6</b>	<b>Determinação do teor de ácido ascórbico .....</b>	<b>37</b>
<b>5.6.7</b>	<b>Determinação do teor de carotenoides totais.....</b>	<b>38</b>
<b>5.6.8</b>	<b>Obtenção do extrato etanólico para a determinação do teor de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e capacidade antioxidante.....</b>	<b>39</b>

<b>5.6.9</b>	<b>Determinação do teor de fenólicos totais</b> .....	<b>39</b>
5.6.9.1	Desenvolvimento da curva analítica de ácido gálico .....	39
5.6.9.2	Análise do teor de compostos fenólicos totais nos extratos etanólicos .....	40
<b>5.6.10</b>	<b>Determinação do teor de flavonoides totais</b> .....	<b>40</b>
5.6.10.1	Desenvolvimento da curva analítica de quercetina .....	40
5.6.10.2	Análise do teor de flavonoides totais nos extratos etanólicos .....	41
<b>5.6.11</b>	<b>Determinação da capacidade antioxidante</b> .....	<b>41</b>
5.6.11.1	Desenvolvimento da curva analítica de trolox .....	41
5.6.11.2	Análise da capacidade antioxidante nos extratos etanólicos.....	42
<b>5.6.12</b>	<b>Análise de textura</b> .....	<b>42</b>
<b>5.6.13</b>	<b>Análise de cor</b> .....	<b>43</b>
5.7	ANÁLISE ESTÁTISTICA .....	43
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>44</b>
6.1	CINÉTICA DE SECAGEM DAS CASCAS DE MANGA.....	44
6.2	ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....	45
6.3	PREPARO DAS TAPIOCAS.....	45
6.4	COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA .....	48
<b>6.4.1</b>	<b>Teor de cinzas totais</b> .....	<b>48</b>
<b>6.4.2</b>	<b>Atividade de água</b> .....	<b>50</b>
<b>6.4.3</b>	<b>pH e acidez titulável</b> .....	<b>51</b>
<b>6.4.4</b>	<b>Teor de ácido ascórbico</b> .....	<b>53</b>
<b>6.4.5</b>	<b>Teor de carotenoides</b> .....	<b>55</b>
<b>6.4.6</b>	<b>Teor de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e capacidade antioxidante</b> .....	<b>56</b>
<b>6.4.7</b>	<b>Textura</b> .....	<b>59</b>
<b>6.4.8</b>	<b>Cor</b> .....	<b>60</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>64</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>65</b>
	<b>APÊNDICE A – CURVA ANALÍTICA DE ÁCIDO GÁLICO</b> .....	<b>77</b>
	<b>APÊNDICE B – CURVA ANALÍTICA DE QUERCETINA</b> .....	<b>78</b>
	<b>APÊNDICE C – CURVA ANALÍTICA DE TROLOX</b> .....	<b>79</b>
	<b>ANEXO A – ESTÁGIO DE MATURAÇÃO DA MANGA IN NATURA</b> .....	<b>80</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Entre as frutas tropicais, a manga é uma das mais consumidas e produzidas no mundo. Em 2021, foram gerados cerca de 57 milhões de toneladas, e essa elevada produção fez com que atingisse o sexto lugar no *ranking* de fruta mais cultivada mundialmente (SHAHBANDEH, 2023). Com relação ao Brasil, o seu plantio nesse mesmo ano foi de aproximadamente de 2 milhões de toneladas, sendo a maior parte do seu cultivo realizado no Nordeste, especificamente na região do Vale do São Francisco (OZBUN, 2022; KIST; CARVALHO; BELING, 2022).

Essa elevada produção da fruta se deve especialmente às suas propriedades sensoriais, como o sabor, o aroma e a cor, que são muito atraentes aos seus consumidores. Ademais, a fruta também é reconhecida pelo seu valor nutricional e por conter o alto teor de compostos fenólicos, carotenoides e ácido ascórbico (MALDONADO-CELIS *et al.*, 2019; AKTHER *et al.*, 2023).

Nos últimos anos, a produção de manga aumentou consideravelmente e o seu processamento começou a despertar o interesse das indústrias de alimentos, principalmente para obtenção de sucos, fatias enlatadas, *chutneys*, geleias, sorvetes, néctares, polpas e doces (OLIVER-SIMANCAS *et al.*, 2020a; WALL-MEDRANO *et al.*, 2020). Como consequência desse grande processamento, uma quantidade considerável das partes não comestíveis da fruta é descartada, como as cascas e os caroços, que correspondem em média de 35 a 60% do seu peso (JABIN *et al.*, 2023).

Considerando esses índices de desperdício, entende-se que é necessária a introdução de métodos que visem a redução dos impactos ambientais ocasionados pelo descarte dos resíduos orgânicos. A implementação destas estratégias tem o objetivo de promover o aproveitamento dos resíduos de frutas e hortaliças que são gerados por indústria de alimentos, mediante a elaboração de novos produtos passíveis de serem consumidos e comercializados no mercado.

O aproveitamento das partes comumente não utilizadas, como por exemplo, talos, sementes, cascas e raízes, pode não só alimentar o número maior de pessoas, como também reduzir as possíveis deficiências nutricionais presentes na população. Grande parte dos resíduos desperdiçados, especialmente as cascas de manga, contêm o alto valor nutricional devido a presença de fibras e ácido ascórbico em sua composição, além de apresentarem o alto teor de compostos bioativos, como os

carotenoides e os compostos fenólicos (LÓPEZ-COBO *et al.*, 2017; MARÇAL; PINTADO, 2021).

Uma alternativa viável a destinação adequada dos resíduos gerados no processamento de manga pode ser a elaboração de farinhas. Dentre as diversas aplicações para uso das farinhas, a sua utilização como um ingrediente funcional em preparações alimentícias tem como objetivo melhorar a qualidade nutricional do alimento, proporcionando ao seu consumidor o maior aporte de nutrientes e compostos bioativos presentes em sua composição (MELO *et al.*, 2018).

Dessa forma, a farinha da casca de manga pode ser incorporada na goma de mandioca hidratada para que sejam usadas nas preparações de tapiocas como uma forma de contribuir para o aumento da ingestão de compostos bioativos na alimentação. De acordo com Parente *et al.* (2021a), a tapioca é um alimento básico importante no Nordeste e um produto cada vez mais comum nas mesas de seus consumidores, em particular para aqueles de nível socioeconômico mais baixo, devido ao seu valor econômico, o seu sabor e o seu fácil preparo.

Do ponto de vista nutricional, a goma de mandioca que é utilizada para a elaboração da tapioca é rica em carboidratos, mas apresenta um baixo teor de proteínas, lipídios e a ausência de fibras e carotenoides em sua composição (ARAÚJO *et al.*, 2021; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ *et al.*, 2023). Por ser um alimento bastante consumido e de fácil acesso para a população, a utilização da farinha de casca de manga substituída parcialmente na goma de mandioca para o preparo de tapiocas, pode contribuir para uma alimentação mais saudável e nutritiva.

Além disso, o uso da farinha da casca de manga adicionada parcialmente em formulações de tapioca, ajuda a promover a reutilização de resíduos de manga antes desprezados, passando a valorizá-los por meio da sua incorporação nesta preparação. Nessa perspectiva, Cádiz-Gurrea *et al.* (2020) reportam que o reaproveitamento de resíduos de frutas ajuda a viabilizar a ação de projetos que promovam a sustentabilidade em indústrias de alimentos, permitido assim, a possibilidade de utilização de toda a fruta para gerar novos produtos, seguros e de alto valor nutricional para os seus consumidores.

Sendo assim, considerando a importância relacionada ao aproveitamento dos resíduos gerados pelas frutas, em especial, as cascas da manga, no que se refere a contribuição para uma alimentação mais rica em nutrientes, a presente pesquisa

buscou responder ao seguinte questionamento: é possível desenvolver tapiocas acrescentadas parcialmente de farinha de casca de manga em sua composição?

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 MANGA

A manga (*Mangifera indica* L.) é considerada uma fruta tropical dicotiledônea que pertence a árvore da família *Anacardiaceae* (Figura 1) e o seu cultivo acontece há mais de 4000 anos (LEBAKA *et al.*, 2021). Grande parte da sua safra é cultivada na Índia, em 2021, o país foi responsável pela produção de cerca de 21 milhões de toneladas, sendo considerado o maior produtor e exportador da fruta no mundo (MINHAS, 2022).

Figura 1 - Mangueira (*Anacardiaceae*) da variedade Palmer.



Fonte: Kubo e Geraldini (2021).

Segundo os dados da produção mundial de frutas tropicais da *Food and Agriculture Organization of the United Nations* - FAO (2022), Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação, o Brasil é o sétimo maior produtor de manga no mundo, ficando atrás apenas da Índia, China, Tailândia, Indonésia, Paquistão e México. Dentre as regiões brasileiras que mais produzem a fruta, há um destaque para o Nordeste, que é responsável por cerca de 77% da produção nacional, sendo esse montante destinado ao mercado interno e externo de frutas frescas (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2021).

Conforme Lebaka *et al.* (2021), a composição nutricional da fruta *in natura* depende da variedade, do estágio de maturação, do solo, do local de cultivo e das mudanças climáticas presentes na região. As mangas são excelentes fontes de carboidratos, fibras, compostos fenólicos, carotenoides, ácido ascórbico e minerais. A

presença desses nutrientes na fruta evidencia não só os benefícios que a sua ingestão traz à saúde do consumidor, como também às suas consideráveis propriedades funcionais no que diz respeito à sua aplicação na indústria de alimentos (SÁNCHEZ-CAMARGO *et al.*, 2019).

Na literatura existem mais de 1000 variedades de mangas. Dessas variedades, apenas algumas são cultivadas e comercializadas (JAHURUL *et al.*, 2015). No Brasil, as variedades mais frequentes e disponíveis no mercado são: Tommy Atkins, Palmer, Kent, Keitt, Haden, Rosa e Espada. O maior volume de exportações da fruta que é produzida no país acontece entre os quatro primeiros cultivares. Enquanto, para o mercado interno são destinadas principalmente as variedades Palmer, Tommy Atkins, Espada e Rosa (MOUCO *et al.*, 2021).

Dentre as demais variedades de manga, a principal a ser produzida e cultivada no território brasileiro inicialmente foi a Tommy Atkins, por causa da sua resistência aos fungos que causam a doença antracnose, aos danos mecânicos e por ter o maior tempo de conservação, após o período de sua colheita (FURLANETO *et al.*, 2015; COSTA; SANTOS, 2021).

Entretanto, nos últimos anos, a comercialização da cultivar Palmer começou a apresentar um elevado crescimento, devido ao aumento de sua produção que em termos de área, superou a da variedade Tommy Atkins, correspondendo a 50% da área total no Vale de São Francisco, ao passo que, a produção da Tommy Atkins está em apenas 30% desse território. Desse modo, é possível observar que a variedade Palmer passou a ter uma maior importância econômica no ciclo atual de mangicultura da região do Vale do São Francisco (MOUCO; LIMA NETO, 2018).

O aumento da produção da variedade Palmer em relação a Tommy Atkins pode ser justificado por seu sabor, aroma e por ter o menor teor de fibras disponíveis na polpa da fruta, o que torna essas características bastante atraentes para os seus consumidores (CAMERA, 2017; COSTA *et al.*, 2019). Ademais, a variedade Palmer evidencia uma boa vida de prateleira, é cultivada regulamente e é bem aceita no mercado interno (MONACO, 2015).

Segundo Oliveira *et al.* (2004), as mangas da variedade Palmer são grandes, o seu peso pode chegar até 900 gramas e, quando estão imaturas as suas cascas possuem uma coloração esverdeada ou arroxeadas e avermelhadas quando atingem a maturação. Em relação a sua polpa, ela apresenta uma tonalidade amarelada, firme, sabor agradável e adocicado (COSTA; SANTOS, 2021). Além disso, por

apresentarem uma textura mais firme, favorecem a sua colheita e o seu transporte, fazendo com que essa variedade se sobressaia entre as demais. Quanto as suas propriedades nutricionais, elas possuem um maior teor de ácido ascórbico, compostos fenólicos e flavonoides quando comparada as outras variedades (MOUCO *et al.*, 2021).

### **2.1.1 Resíduos agroindustriais gerados no processamento de mangas**

Em função da natureza perecível das frutas e pela desvalorização de suas partes não comestíveis, são desperdiçadas quantidades consideráveis de seus resíduos (cascas, talos, sementes, bagaços e folhas) ao longo de sua produção, processamento, armazenamento, distribuição, varejo e consumo (LEONG; CHANG, 2022). Conforme Solangi *et al.* (2021), são gerados na faixa de 25 a 57 milhões de toneladas de resíduos de frutas como banana, laranja, limão, manga e melancia. Dentre as partes não comestíveis das frutas que são descartadas, as cascas contribuem com aproximadamente de 15 a 60% desse montante (RIFNA; MISRA; DWIVEDI, 2021).

Em razão da alta fermentabilidade e biodegradabilidade, os resíduos de frutas podem provocar danos ao meio ambiente, ocasionando sérios problemas ambientais, como por exemplo, o aumento do efeito estufa e o aquecimento global, bem como, a poluição do solo e da água, devido ao descarte inadequado na natureza (MEDEIROS *et al.* 2020; VILAS-BOAS *et al.* 2023). Nesse contexto, pesquisadores preocupados com desperdício de resíduos de frutas e com possíveis problemas ambientais, buscam por alternativas viáveis de aproveitamento desses insumos, mediante ao desenvolvimento de novos produtos para o consumo humano, melhorando assim, o valor nutritivo da dieta das populações e a redução da deposição desses resíduos pelas indústrias de alimentos no ambiente (SÁNCHEZ-CAMARGO *et al.*, 2019).

Consoante a esse cenário Santos, Silva e Pintado (2022) relatam que, nos últimos anos, pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o propósito de agregar valor aos resíduos de frutas, por meio da sua incorporação em produtos alimentícios, tendo como propósito agregar multifuncionalidade aos alimentos, devido a presença de compostos bioativos presentes em sua composição.

Dentre as alternativas existentes de incorporação dos resíduos de frutas em preparações alimentícias, pode-se destacar a elaboração de bolos utilizando a farinha

do bagaço da maçã, cenoura e laranja (KIRBAS *et al.*, 2019), a obtenção de biscoitos a partir da farinha do resíduo de maçã (ZLATONOVIC *et al.*, 2019), a incorporação da farinha da casca de manga para o preparo de pães (CHEN *et al.*, 2019) e o desenvolvimento de massa alimentícia sem glúten à base do amido presente na farinha da semente de jaca (ROCHA, 2020).

Segundo Oliver-Simancas *et al.* (2020b) e Alañón *et al.* (2021) uma fruta com um grande potencial para o aproveitamento de suas partes não comestíveis é a manga. Apesar de ser uma fruta bastante consumida em sua forma *in natura*, o seu processamento na indústria de alimentos tem aumentado cada vez mais. Diante disso, o aumento na fabricação de produtos provenientes da polpa da manga tem passado a gerar resíduos agroindustriais que são constituídos basicamente de cascas e sementes da fruta (GUPTA *et al.*, 2022).

O processamento industrial da manga gera de 40 a 50% de resíduos, sendo que 10 a 15% correspondem às cascas e 20 a 25% às sementes (BALLESTEROS-VIVAS *et al.*, 2019). Os produtos que são obtidos por meio do processamento das mangas provocam um desperdício de 15 a 25 milhões de toneladas de cascas e caroços, o que gera uma quantidade considerável de resíduos e problemas ambientais (ALTENDORF, 2019; OLIVER-SIMANCAS *et al.*, 2020a).

Considerando o alto desperdício e suas consequências, é importante que estratégias de aproveitamento sejam consideradas para que esses impactos sejam minimizados. Os resíduos de manga, em especial, as suas cascas, que são comumente desperdiçadas pelo consumidor e a nível industrial, possuem um alto potencial de reaproveitamento, funcionando como fonte de ingredientes funcionais (MARÇAL; PINTADO, 2021). Na perspectiva de Matharu, Melo e Houghton (2016), a introdução das cascas de mangas no desenvolvimento, na substituição parcial ou na fortificação de alimentos constitui uma nova fonte de renda para as indústrias de processamento e, conseqüentemente, a redução do seu descarte no meio ambiente. Atentando para a importância de atribuir valor as cascas de manga em sua utilização como base nas preparações de alimentos, pesquisadores têm relatado o teor considerável de nutrientes presentes em sua constituição, como as fibras, as vitaminas (A, C e E) e os minerais (cálcio, ferro, potássio e sódio). Sendo também identificado a presença de compostos bioativos, como os carotenoides e os compostos fenólicos em sua composição, conforme demonstrado na Tabela 1

(JALGAONKAN; JHA; MAHAWAR, 2018; RANGANATH *et al.*, 2018; MARÇAL; PINTADO, 2021; GUPTA *et al.*, 2022).

Tabela 1 – Teor de nutrientes e compostos bioativos presentes na casca de manga *in natura*.

Composição	Teor
Carotenoides (mg/g)	0,4 – 15,35
Compostos fenólicos (mg/g)	3,4 – 127,6*
Fibras totais (g/100g)	40 – 72,5
Vitamina A (µg/g)	100
Vitamina C (mg/g)	18 - 257
Vitamina E (µg/g)	0,25 – 0,59
Cálcio (mg/100g)	150
Ferro (mg/100g)	40,6
Potássio (mg/100g)	75
Sódio (mg/100g)	50

\*Valores calculados em base seca.

Fonte: Adaptado de Marçal e Pintado (2021) e Gupta *et al.* (2022).

## 2.2 COMPOSTOS BIOATIVOS PRESENTES NA CASCA DE MANGA

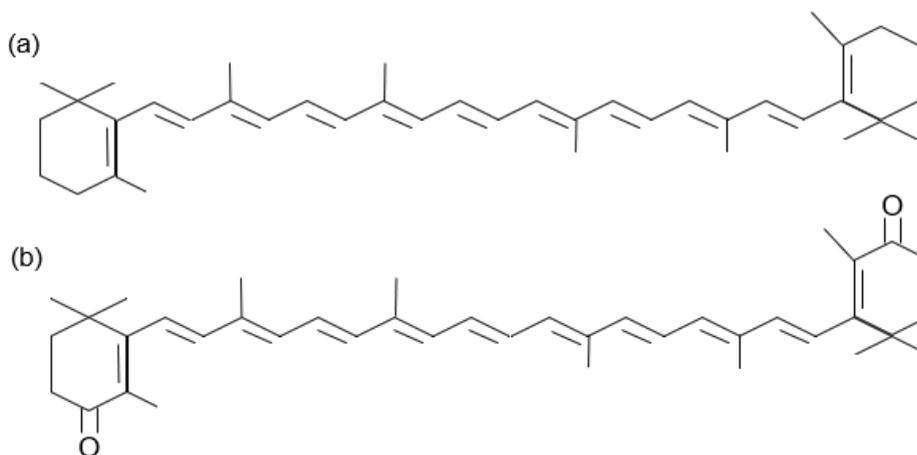
As cascas de manga são fontes de diversos compostos bioativos que são de grande interesse para as indústrias farmacêuticas, cosméticas e de alimentos, pois apresentam propriedades benéficas ao organismo (YAMASHITA, 2017). Considerando essa importância, destacam-se algumas classes de compostos bioativos que estão presentes em sua composição, como os carotenoides e os compostos fenólicos.

### 2.2.1 Carotenoides

Os carotenoides são pigmentos lipofílicos naturais responsáveis pela tonalidade amarela, vermelha e laranja de diversos alimentos (CARNAUBA, 2021). Estruturalmente, os carotenoides são tetraterpenóides, que são derivados de oito unidades de isopreno (DAMODARAN; PARKIN, 2019). Segundo Mercadante *et al.* (2017), existem duas classes de carotenoides, os carotenos e as xantofilas. Os carotenos são formados apenas por átomos de carbonos e hidrogênios (Figura 2a), como por exemplo, o  $\alpha$ -caroteno, o  $\beta$ -caroteno, o  $\gamma$ -caroteno e o licopeno. Enquanto

as xantofilas possuem, além de carbonos e hidrogênios em sua estrutura química, átomos de oxigênio como parte do seu grupo funcional ( $\beta$ -citraurina, violaxantina e cantaxantina) (Figura 2b).

Figura 2 - Fórmula estrutural do caroteno (a) e da xantofila (b).



Fonte: Adaptado de Mesquita, Texeira e Servulo (2017).

Os carotenoides são encontrados em diversos seres vivos, desde os microrganismos até os animais. Algumas espécies de fungos, bactérias, plantas, algas e vegetais, como, raízes, folhas, frutas, sementes e flores são capazes de produzir estes pigmentos. Quando presentes em alimentos, são predominantes nos de origem vegetal (cenoura, tomate, manga, laranja, abóbora e melão) sendo os principais carotenoides encontrados nessa classe:  $\beta$ -caroteno,  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -criptoxantina, licopeno, luteína, neoxantina, violanxatina e zeaxantina. Em menor grau, podem também ser identificados em alguns alimentos de origem animal, como ovos, peixes e frutos do mar (FRASER; BRAMLEY, 2004; MERCADANTE *et al.*, 2017).

Além de alimentos de origem vegetal e animal, os carotenoides também são encontrados em partes não comestíveis de frutas e vegetais. Marcillo-Para *et al.* (2021) citam que as cascas, as folhas, os caules, os bagaços e as sementes apresentam um alto teor e uma grande variedade de carotenoides em sua composição. Em vista disso, estudos são relatados na literatura quanto a presença desse composto em partes não comestíveis de frutas e hortaliças, como por exemplo, em resíduos de acerola (REZENDE; NOGUEIRA; NARAIN, 2017), cascas de tomate (FERNÁNDEZ *et al.*, 2018), cascas de manga (RANGANATHA *et al.*, 2018) e resíduos de cenoura (SEREGELJ *et al.*, 2021).

De acordo com Bemfeito *et al.* (2020) e Cazzolino (2020), os carotenoides quando consumidos diariamente por meio de uma alimentação saudável e nutritiva,

atuam no corpo mediante a atividades biológicas, que contribuem para a diminuição do risco de doenças crônicas, por causa de sua atividade antioxidante. Devido a essa função, os carotenoides irão atuar no organismo neutralizando radicais livres e, como consequência dessa ação, eles reduzirão a presença do oxigênio molecular e radicais peróxidos no corpo, prevenido assim, o risco de doenças crônicas associadas ao estresse oxidativo, como as doenças cardiovasculares, diabetes e o câncer (EDGER; TRUSCOTT, 2018).

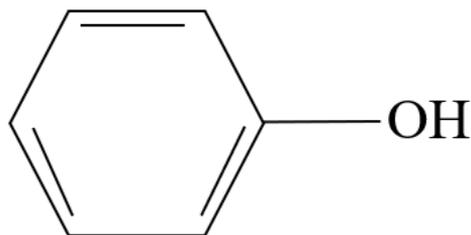
Além de atuarem na diminuição do risco de doenças crônicas, os carotenoides também previnem o risco de doenças da visão, como a degeneração macular e a catarata. Segundo Johnson (2014), o desenvolvimento e a progressão da degeneração macular, doença que afeta a mácula (região central da retina), que é a principal causa de cegueira em idosos, está associada aos baixos níveis de luteína e zeaxantina nos olhos (pigmentos maculares). A luteína e zeaxantina, quando consumidas por meio da alimentação, atuarão como filtro de luz azul, protegendo os tecidos oculares de danos fotooxidativos, que são os responsáveis por ocasionar as doenças crônicas associada a visão.

### **2.2.2 Compostos fenólicos**

Os compostos fenólicos ou polifenóis, referem-se aos metabólitos vegetais secundários. A sua presença em plantas é muito importante, considerando que são os encarregados de atuar como uma barreira contra a presença de microrganismos e insetos, além de serem também fotoprotetores (GONÇALVES *et al.*, 2019). Quanto a sua presença nos alimentos, os compostos fenólicos são os principais responsáveis por proporcionar a sua pigmentação e por algumas características sensoriais, sendo também os encarregados de desempenhar a função antioxidante (CAZZOLINO, 2020).

Esses compostos são caracterizados pela existência de um anel aromático com um ou mais grupos constituintes de hidroxila, denominados de grupo fenol, conforme ilustrado na Figura 3. Eles podem ser encontrados tanto na sua forma livre, quanto ligados a carboidratos, a lipídios, a aminas e aos ácidos orgânicos. Além do mais, eles são classificados em dois grupos, que são os flavonoides e os não flavonoides (ARRUDA *et al.*, 2020; MORAIS *et al.*, 2020).

Figura 3 - Fórmula estrutural básica dos compostos fenólicos.



Fonte: Adaptado de Taiz *et al.* (2017).

Conforme Crozier, Jaganath e Clifforf (2009), os compostos fenólicos mais diversos e abundantes são os flavonoides. Estes compostos se acumulam principalmente nas cascas dos frutos e na epiderme das folhas. Os flavonoides possuem como as principais subclasses: os flavonóis, as flavonas, os flavanais, os flavan-3-ols, as antocianinas e as isoflavonas (GAO *et al.*, 2022).

Os não flavonoides são divididos em ácidos benzóicos e ácidos cinâmicos (ARNOSO; COSTA; SCHMIDT, 2019). Os ácidos benzóicos são identificados em algumas frutas, como frutas vermelhas e mangas. Enquanto, os ácidos cinâmicos, além de serem encontrados em frutas vermelhas, também podem ser identificados em bebidas, como o café e o vinho tinto, bem como, em folhas, raízes e sementes de frutas (MANACH *et al.*, 2004; PEREIRA; ANGELIS-PEREIRA, 2014).

De acordo com Lebaka *et al.* (2021), os polifenóis são encontrados em diversas fontes alimentares, como as frutas (maçã, laranja, limão, pêssego, damasco, ameixa, pêra, uva, cereja, manga, mirtilo, morango e framboesa), as hortaliças (repolho roxo, espinafre, brócolis, batata e cebola), os cereais e as leguminosas (soja, ervilha, feijão, centeio, aveia, cevada e milho) (HUNG, 2016; JIMÉNEZ-AGUILAR; GRUSAK, 2017). Também estão presentes em algumas bebidas (café, leite de soja, vinho tinto, chá preto e verde) e nas especiarias (salsa, anis estrelado, orégano, alecrim e pimenta-do-reino) (RODRÍGUEZ-ROQUE *et al.*, 2013; SHAHIDI; AMBIGAIPALAN, 2015).

Além de estarem presentes na composição de diversos alimentos, os compostos fenólicos também são encontrados em quantidades consideráveis de partes não comestíveis de frutas tropicais, como a manga, o abacaxi, o abacate, o mamão e a banana (CÁNDIZ-GURREA *et al.*, 2020). Com relação às cascas de manga, Marçal e Pintado (2021) afirmam que os principais compostos fenólicos encontrados são: os ácidos gálicos (0,13 – 7,57 mg/g em base seca), os flavonoides (0,64 - 7,52 mg/g em base seca) e as xantonas (0,04 – 12,56 mg/g em base seca).

Por serem compostos biologicamente ativos, os compostos fenólicos estão sendo, cada vez mais estudados na área da pesquisa acadêmica. Isso se justifica devido a alguns fatores, como a sua capacidade de atuar modulando a ativação de enzimas específicas no organismo, inibição da proliferação celular, além da habilidade de sequestrar os radicais livres (VITHANA; SIGN; JOHNSON, 2019).

Inúmeras propriedades são conferidas aos compostos fenólicos quando presentes em alimentos e em resíduos de frutas, dentre elas têm-se a sua atividade antioxidante, antimicrobiana e anticarcinogênica (MAYA-CANO; ARANGO-VARELA; SANTA-GONZALEZ, 2021; SILVA *et al.*, 2018). Além disso, Arruda *et al.* (2020) apontam que os compostos fenólicos são os responsáveis por prevenir ou retardar o risco de doenças relacionadas ao envelhecimento e ao aparecimento de doenças crônicas.

Quando consumidos, os compostos fenólicos podem exercer a sua função antioxidante de duas maneiras: direta e indireta. De forma direta, eles atuam neutralizando radicais livres presentes no corpo, protegendo as células contra o estresse oxidativo que podem estar associadas a doenças crônicas, como a diabetes, doenças cardiovasculares e o câncer. Já de maneira indireta, eles agem mediante a dextoxificação, eliminando toxinas do corpo ou por meio da ação de enzimas antioxidantes, que irão atuar metabolizando as espécies reativas de oxigênio, preservando as células de danos irreversíveis (VAUZOUR *et al.*, 2010).

Considerando os benefícios da ingestão dos compostos fenólicos para a prevenção de doenças crônicas. O aproveitamento das cascas de manga para o desenvolvimento de novos produtos, como por exemplo, a produção de farinha por meio da técnica de secagem, pode ser um forte aliado para o consumo dos compostos fenólicos presentes em sua composição. Além disso, o processo de secagem, além de proporcionar a revalorização desse resíduo, minimiza o seu descarte inadequado no meio ambiente, o que favorece uma maior geração de renda para indústrias de alimentos e produtores locais, aumentando assim, a viabilidade econômica do processo original (OLIVER-SIMANCAS *et al.*, 2020b).

### 2.3 SECAGEM

Uma alternativa para o reaproveitamento de resíduos agroindustriais e, conseqüentemente, proporcionar uma maior concentração de compostos bioativos e

nutrientes presentes na sua composição é submetê-los à secagem. A aplicação desse método permite que, após esse processo, os resíduos secos já transformados em farinhas possam ser utilizados como ingredientes funcionais por meio da sua incorporação em alimentos (MARÇAL; PINTADO, 2021).

De acordo com Wang *et al.* (2019), a secagem é um método de preservação mais antigo que é utilizado pela humanidade na conservação de alimentos. Essa técnica consiste na retirada da água presente em um alimento, na forma de vapor, por meio de um mecanismo de vaporização térmica em uma temperatura inferior à ebulição da água (CELESTINO, 2010).

Dentre os métodos de secagem de alimentos, tem-se a secagem natural e a artificial. Com relação a secagem natural, essa é realizada mediante a exposição do alimento ao sol por longos períodos e em condições climáticas de temperaturas relativamente altas. Na secagem artificial, o alimento é inserido em um equipamento para que seja retirada a água, sendo possível controlar a temperatura, a umidade relativa e a velocidade do ar (CORNEJO; NOGUEIRA; WILBERG, 2021).

A aplicação do método de secagem na conservação de alimentos, inclui inúmeras vantagens, como: a diminuição da ação de microrganismos deteriorantes, a proteção contra a degradação enzimática, a disponibilidade desses produtos em períodos de entressafas ou em produção inexistentes, a redução de custos durante o armazenamento e o transporte, devido a redução do peso e do volume e, também, a economia de energia, pois não é necessária a refrigeração para a preservação dos alimentos secos ou desidratados (MARTINS *et al.*, 2020).

De acordo com Kamiloglu *et al.* (2015), os métodos mais utilizados para proporcionar a secagem artificial em alimentos são a secagem com ar quente (convectiva) ou a vácuo e por meio do uso de microondas e do liofilizador. A técnica de secagem com ar quente é a mais popular e bastante utilizada na indústria de alimentos, por ser mais acessível economicamente para as indústrias, devido ao seu baixo custo e por sua praticidade de execução. Entretanto, quando executadas em altas temperaturas e durante um período prologado, pode ocasionar a degradação de componentes termossensíveis presentes nos alimentos, provocando as perdas das características sensoriais e nutricionais do produto (WOJDYLO *et al.*, 2016).

Nessa perspectiva, pesquisadores têm evidenciado o uso do método de secagem para a elaboração de farinha a partir de cascas de manga, e alguns estudos têm relatado o seu uso na incorporação para a preparação de alguns alimentos como

macarrão (JALGAONKAN; JHA; MAHAWAR, 2018), geleias (GURAK *et al.*, 2018), em pães (CHEN *et al.*, 2019), *chips* de tortilha (MAYO-MAYO *et al.*, 2020) e iogurte (PERÉZ-CHABELA *et al.*, 2021).

## 2.4 TAPIOCA

A tapioca é definida como uma preparação feita por meio de subprodutos derivados da mandioca que são conhecidos como, a goma de mandioca ou o polvilho doce (CASCUDO, 2016). Conforme a Instrução Normativa nº 23, de 14 de dezembro de 2005, esse subproduto que é utilizado para as confecções das tapiocas é denominado de fécula, que é definido como um “produto amiláceo extraído das raízes da mandioca, não fermentada, obtido por decantação, centrifugação ou outros processos tecnológicos adequados” (BRASIL, 2005a, p. 5).

Segundo Dias, Barbosa e Rodrigues (2017), o processamento da mandioca para a obtenção da goma pode ser realizado de duas maneiras, tanto por métodos tradicionais ou artesanais, quanto por métodos industriais. O método tradicional consiste numa técnica bastante utilizada pelos povos indígenas, em que a polpa da mandioca, que é usada para extração da goma, é deixada em repouso com água. Após esse período, a polpa é ralada e prensada no tipiti (Figura 4). Uma vez a goma decantada, a mistura é exposta ao processo de secagem natural para a evaporação da água e obtenção da goma (BELEZE; BAHLS; KRAUSE, 2018; LUSTOSA, 2021).

Figura 4 - Goma de mandioca prensada no tipiti.

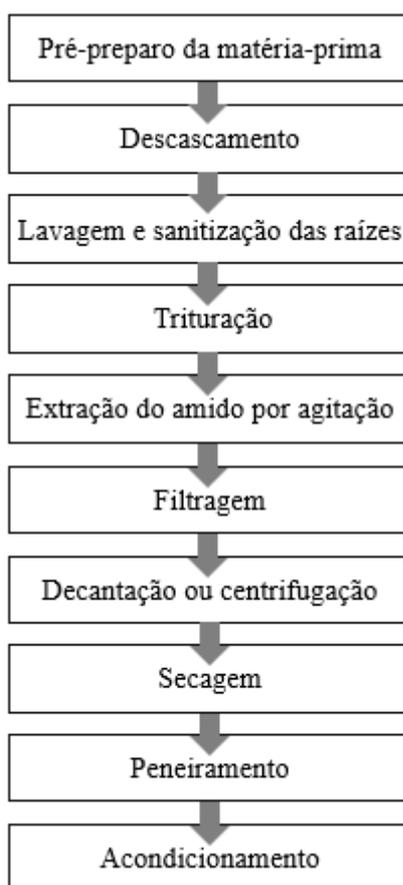


Fonte: Beleze, Bahls e Krause (2018, p.319)

Considerando a ampla difusão do consumo de produtos derivados da mandioca na alimentação brasileira, em especial da tapioca no país, cada vez mais processos industriais vêm sendo aprimorados para a garantia da qualidade associada a manutenção da produção da goma de mandioca em escala industrial (SISSOKO *et al.*, 2021). Como a goma de mandioca apresenta um alto teor de umidade, esta condição favorece o crescimento de microrganismos patogênicos. Portanto, assegurar o controle de qualidade adequado ao produto é um fator fundamental para manter a sua vida de prateleira, bem como, garantir um alimento seguro para o consumidor (SARMENTO, 2010; SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL - SENAR, 2018).

Embora o processamento industrial tenha sido baseado no tradicional, a tecnologia envolvida exige cuidados desde a seleção da matéria-prima, higienização dos equipamentos e utensílios, até a atenção com a saúde e higiene dos manipuladores. Em geral, o processamento da mandioca pode ser resumido nas etapas de produção descritas na Figura 5 (SENAR, 2018).

Figura 5 - Fluxograma das etapas da produção industrial da goma de mandioca.



Fonte: Adaptado de SENAR (2018).

A goma de mandioca produzida tanto de forma tradicional ou industrial, está presente nas tradições alimentares do Nordeste brasileiro. Entretanto, no decorrer dos anos, notou-se a sua popularização, ao lado do turismo e da globalização, o que proporcionou a expansão dos produtos derivados da mandioca para fora do território nacional, possibilitando a sua chegada em mercados internacionais, onde a tapioca é servida como prato principal em restaurantes franceses (PICANÇO, 2017).

No que diz respeito ao mercado consumidor brasileiro, existe uma diversidade de produtos à base de goma de mandioca a disposição de seus apreciadores, como *chips* de tapioca, *snacks*, tapioca congelada, entre outras preparações (PARENTE *et al.*, 2021b). Segundo Cardoso *et al.* (2019), a tapioca, quando incluída na alimentação apresenta uma boa fonte de carboidrato, potássio e cálcio, além de possuir o menor teor de lipídios e sódio, o que pode ser considerado um fator benéfico para uma alimentação saudável. No entanto, por conter o alto teor de carboidratos, a tapioca é considerada um alimento com alto índice glicêmico. Além disso, apresenta uma baixa concentração de nutrientes e a ausência de fibras e carotenoides em sua constituição (BRÍGIDA, 2022; MELÉNDEZ-MARTINEZ *et al.*, 2023).

Para que a tapioca seja considerada um alimento mais nutritivo, isso também dependerá da sua forma de preparo. Sendo assim, durante a sua preparação, pode-se acrescentar sementes ou fontes de fibras (gergelim, chia, aveia e linhaça), podendo também ser adicionado farinha de oleaginosas (amêndoas, castanha, amendoim e nozes). Dessa forma, ao adicionar esses ingredientes no preparo das tapiocas, será proporcionado ao seu consumidor, um maior aporte de vitaminas, minerais e fibras, que irão auxiliar na redução do índice glicêmico, prolongando a sensação de saciedade (ARAÚJO, 2020).

De acordo com Parente *et al.* (2021a), as tapiocas também são disponibilizadas aos seus consumidores nas opções coloridas, em que são adicionados sucos de vegetais para que ocorra a hidratação e a coloração da goma de mandioca, com o objetivo de enriquecê-las nutricionalmente. As tapiocas que são pigmentadas com o suco de cenoura, couve ou beterraba possuem o maior valor nutricional, pois além de vitaminas e minerais, os pigmentos presentes nos sucos, também irão atuar como compostos bioativos no alimento (ARAÚJO *et al.*, 2021).

Nesse sentido, no intuito de ofertar uma tapioca com uma melhor qualidade nutricional para os seus consumidores, estudos foram desenvolvidos com objetivo de pigmentar a goma de mandioca com alguns sucos de vegetais, como o suco de

beterraba (ALMEIDA, 2017) e a fortificação da goma de mandioca com o suco de cenoura e as micropartículas encapsuladas do suco (PARENTE *et al.*, 2021a).

### **3 HIPÓTESE**

- A substituição parcial da farinha de casca de manga na goma de mandioca proporciona uma melhor qualidade nutricional em tapiocas.

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência da substituição parcial da goma de mandioca pela farinha de casca de manga para o preparo de tapiocas.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar a farinha de casca de manga;
- Realizar a análise microbiológica na farinha de casca de manga;
- Desenvolver tapiocas substituídas parcialmente com a farinha de casca de manga;
- Analisar as propriedades físico-químicas das cascas de manga *in natura*, da farinha de casca de manga, nas gomas e das tapiocas.
- Quantificar o teor de compostos bioativos e a capacidade antioxidante nas cascas de manga *in natura*, na farinha de casca de manga, nas gomas e nas tapiocas.

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Engenharia de Alimentos e Ambiental, no Laboratório de Origem Animal - Carnes, que estão localizados no prédio de Engenharia de Alimentos, no Laboratório de Experimentação e Análise de Alimentos, do Departamento de Nutrição e no Laboratório de Eletrossíntese, do Departamento de Química Fundamental, todos os laboratórios mencionados pertencem a Universidade Federal de Pernambuco. Os experimentos também foram executados no Laboratório de Físico-Química de Alimentos e o no Laboratório de Processamento de Alimentos, do Departamento de Ciências do Consumo, ambos da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

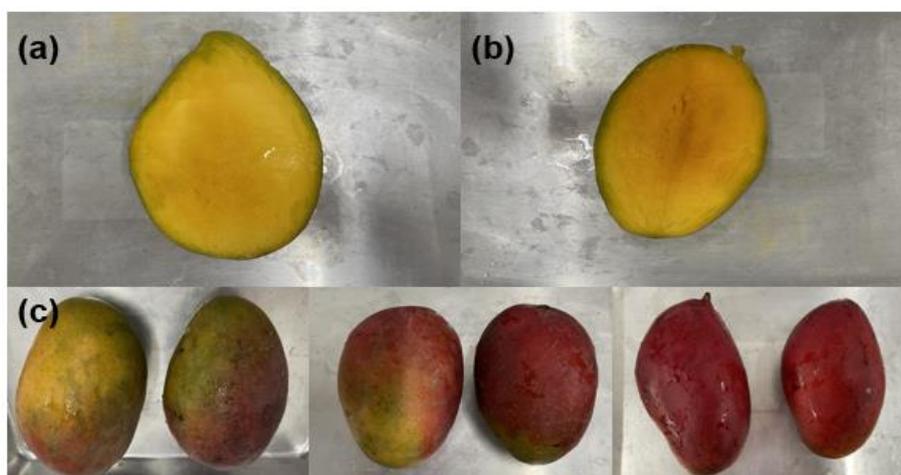
### 5.1 AQUISIÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

#### 5.1.1 Manga

As mangas da variedade Palmer foram adquiridas em maio de 2022 no Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco (CEASA-PE). As mangas *in natura* foram selecionadas de acordo com o seu estágio de maturação M4 e M5 (Figura 6a e 6b), conforme a Ficha Técnica para a Avaliação de Frutos da Cultura da Manga (ANEXO A) (MANGA CLARA, 2020), a coloração das suas cascas (Figura 6c) e a textura da sua polpa.

Foram excluídas da seleção, as que apresentaram os estágios de maturação inadequados, danos mecânicos e manchas nas cascas.

Figura 6 - Estágio de maturação M4 (a) e M5 (b); padrão da coloração encontrada nas cascas de manga *in natura* (c).



Fonte: A autora (2023).

### 5.1.2 Goma de mandioca hidratada

A goma de mandioca hidratada foi adquirida em um mercado local da cidade do Recife, entre os meses de setembro de 2022 até março de 2023.

### 5.2 OBTENÇÃO DAS CASCAS DE MANGA

Após a seleção, as mangas foram sanitizadas em uma solução aquosa de hipoclorito de sódio (2% p/p, 10 min), sendo subsequentemente lavadas com água mineral para a remoção do sanitizante. Em seguida, as mangas foram despulpadas manualmente, com o auxílio de uma faca e uma colher (Figura 7) e cortadas nos tamanhos de aproximadamente de 1,0 cm (largura) x 1,5 cm (comprimento).

Figura 7 - Procedimento do despulpamento das mangas.



Fonte: A autora (2023).

No intuito de garantir a repetibilidade do presente estudo, após o despulpamento das mangas *in natura*, foi realizada a análise do teor de sólidos solúveis na polpa da fruta, utilizando um refratômetro portátil (RBR, modelo RM-T90), sendo o teor de sólidos solúveis das amostras analisadas na faixa de 15 a 16 °Brix.

Posteriormente, as cascas já cortadas foram imediatamente acondicionadas em embalagens de polietileno, as quais foram ainda envolvidas em papel de alumínio e congeladas (-18 °C), até o momento da secagem.

### 5.3 ESTUDO DA CINÉTICA DE SECAGEM NAS CASCAS DE MANGA

Inicialmente, as cascas de manga foram descongeladas sob refrigeração (4 °C/12 h). Logo após o descongelamento, foram distribuídas em bandejas de alumínio

(40 cmx 30 cmx 1 cm) e submetidas a secagem em estufa de circulação de ar (Marconi, modelo MA 035/2) a 50 °C.

Para o estudo da cinética de secagem, as amostras foram pesadas em uma balança semi-analítica (Bel, modelo L-6501) a cada 15 minutos nos primeiros 60 minutos, a partir do tempo inicial da secagem. Logo após esse tempo, a pesagem passou a ser executada a cada 30 minutos, até a obtenção do peso constante.

Após a secagem, as cascas de manga foram trituradas em moinho multiuso (Marconi, modelo 631/2) a 7000 rpm durante 5 minutos. Ao final deste processo, ocorreu a padronização da granulometria da farinha de casca de manga (FCM) por meio de peneiramento, sendo utilizado para isto uma peneira de 20 *mesh* (Bertel). Por fim, a farinha foi armazenada em um recipiente a vácuo (Oster, modelo CAN 300), que foi posteriormente envolto por papel de alumínio para a proteção contra a luz, sendo mantida em temperatura ambiente até o momento das análises.

#### 5.4 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Os parâmetros microbiológicos foram avaliados em triplicatas, conforme a metodologia descrita por Silva *et al.* (2010), com o objetivo de examinar se a farinha de casca de manga estava isenta de carga microbiana para o preparo das tapiocas. Foram determinados os limites de concentração de Bolores e leveduras, *Escherichia coli* e *Salmonella* spp. na farinha de casca de manga de acordo com a Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho 2022 (BRASIL, 2022), em que o limite em frutas desidratadas é de  $10^4$  Unidades Formadoras de Colônias (UFC)/g para Bolores e leveduras,  $10^2$  UFC/g de *Escherichia coli* e ausência de *Salmonella* spp. em 25 g de amostra.

#### 5.5 PREPARO DAS TAPIOCAS

Para o preparo das tapiocas, foram realizados testes experimentais com o objetivo de definir as proporções de substituição da FCM na goma de mandioca e o tempo de preparo das tapiocas, em que as formulações utilizadas no presente estudo, apresentassem características físicas/estruturais semelhante a tapioca tradicional.

Inicialmente, para o preparo das tapiocas experimentais, a goma de mandioca hidratada foi peneirada em uma peneira de 20 *mesh* (Bertel). Em seguida, foram estabelecidas as seguintes formulações: 100% de goma de mandioca e 0% de FCM (TP- tapioca padrão), 85% de goma de mandioca e 15% de FCM (T15 – tapioca substituída parcialmente com 15 % (m/m) da farinha) e 80% de goma de mandioca e 20% de FCM (T20 – tapioca substituída parcialmente com 20 % (m/m) da farinha). Para cada ensaio, foi utilizado uma proporção de 60 g de goma de mandioca, em que a goma de mandioca foi substituída parcialmente por 0, 15 e 20% da FCM, respectivamente, conforme as proporções em gramas demonstradas na Tabela 2.

Tabela 2 - Proporções (g) dos ingredientes para o preparo das formulações de tapiocas.

Amostras	Goma de mandioca hidratada (g)	Farinha de casca de manga (g)
TP	60	-
T15	51	9
T20	48	12

Legenda: Tapioca padrão (TP), tapioca substituída parcialmente com 15% (m/m) da farinha (T15) e tapioca substituída parcialmente com 20% (m/m) da farinha (T20).

Fonte: A autora (2023).

Logo após, a definição das proporções das formulações, as amostras foram homogeneizadas manualmente. Para a cocção das amostras, as formulações foram adicionadas em uma frigideira antiaderente a uma temperatura de aproximadamente 200 °C e, espelhadas com o auxílio de uma colher dentro de um anel cilíndrico (14 de diâmetro), no intuito de obter uma camada uniforme e a espessura de 4 mm. As amostras permaneceram sob cocção por 105 segundos para cada lado da tapioca, totalizando o tempo final de 210 segundos.

Após a realização dos testes experimentais, observou-se que a proporção de substituição parcial de 20% da FCM, que foi utilizada no preparo da formulação T20, provocou alterações estruturais significativas na amostra, o que dificultou o seu preparo, portanto, a formulação T20 não foi analisada no presente estudo.

## 5.6 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises físico-químicas foram realizadas nas seguintes amostras: cascas de manga *in natura* (C), na farinha de casca de manga (FCM), na goma padrão (GP), goma substituída parcialmente com 15% (m/m) da farinha (G15), tapioca padrão (TP) e tapioca substituída parcialmente com 15% (m/m) da farinha (T15).

### 5.6.1 Determinação do teor de umidade

O teor de umidade foi determinado de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Foi pesada 1 g de amostra em uma cápsula previamente tarada numa balança analítica (Ohaus, modelo AR2140), sendo posteriormente submetida a aquecimento em estufa (Marconi, modelo MA 035/2) a 105 °C durante 24 horas. Logo após esse período, a amostra foi colocada no dessecador por 30 minutos e, posteriormente, pesadas. O teor de umidade foi calculado por meio da Equação 1.

$$Umidade (\%) = \frac{(M_i - M_f)}{M_i} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

M<sub>i</sub> = Massa inicial da amostra (g);

M<sub>f</sub> = Massa final da amostra (g).

### 5.6.2 Determinação do teor cinzas totais

O teor de cinzas foi determinado por calcinação de 5 g de amostra em mufla (Lucadema, Brasil) a 550 °C por aproximadamente 4 horas até a obtenção de cinzas branco-acinzentadas, conforme a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Em seguida, as amostras foram acondicionadas em um dessecador por 30 minutos e, posteriormente, pesadas em balança analítica (Ohaus, modelo AR2140). A obtenção do teor de cinzas foi calculada através da Equação 2.

$$Cinzas (\%) = \frac{N \times 100}{P} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

N = Massa das cinzas (g);

P = Massa da amostra (g).

### 5.6.3 Determinação da atividade de água

A atividade de água foi determinada utilizando-se o medidor de atividade de água (Decagon, pawKit) a 29 °C. A partir do equipamento devidamente calibrado, adicionou-se a amostra ao suporte, de modo que preenchesse toda a superfície. Em

seguida, o equipamento foi devidamente acoplado ao suporte contendo a amostra e efetuou-se as medidas.

#### 5.6.4 Determinação de pH

Foram homogeneizados 10 g de cada amostra em 50 mL de água destilada em um béquer. As medidas de pH foram realizadas de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). As leituras foram realizadas por imersão direta do eletrodo na amostra a partir do uso de um pHmetro de bancada previamente calibrado (MS tecnopon, modelo mPH-210).

#### 5.6.5 Determinação da acidez titulável

Foram homogeneizadas 1 g das amostras em 50 mL de água destilada e adicionado 3 gotas da solução alcoólica de fenolftaleína (1% m/v), conforme a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Logo após, foi realizada a titulação da solução de hidróxido de sódio (0,1 mol/L m/v) até a obtenção de uma coloração rósea. O valor de acidez titulável foi obtido conforme a Equação 3.

$$\text{Acidez Titulável} = \frac{(V \times f \times 100)}{(P \times c)} \quad (3)$$

Onde:

V = volume de solução de hidróxido de sódio gasto na titulação (mL);

f = fator de correção da solução de hidróxido de sódio;

P = massa da amostra utilizada na titulação (g);

c = correção da solução de hidróxido de sódio.

#### 5.6.6 Determinação do teor de ácido ascórbico

A determinação do teor de ácido ascórbico foi realizada de acordo com a metodologia de Strohecker e Henning (1967). Foram homogeneizadas 1 g de amostra em 25 mL de solução de ácido oxálico em um enlerrmeyer, A seguir, procedeu-se com a titulação com a solução de 2,6-diclorofenol-indofenol (DFI) como titulante, até a obtenção de uma coloração rósea. O teor de ácido ascórbico foi expresso em mg/g de amostra em base seca.

### 5.6.7 Determinação do teor de carotenoides totais

O teor de carotenoides totais foi determinado segundo a metodologia descrita por Rodriguez-Amaya (1999), com adaptações. Em síntese, as amostras (Tabela 3) foram adicionadas em um tubo Falcon contendo 40 mL de acetona. Em seguida, o tubo foi colocado em uma centrífuga (Nova técnica, modelo NT812) durante 15 minutos a 5000 rpm.

Tabela 3 - Massa (g) das amostras utilizadas na determinação do teor de carotenoides totais.

Amostras	Massa (g)
C	2
FCM	1
GP, G15, TP e T15	5

Legenda: casca de manga *in natura* (C), farinha de casca de manga (FCM), goma padrão (GP), goma de mandioca substituída parcialmente com 15% (m/m) da farinha (G15), tapioca padrão (TP) e tapioca substituída parcialmente com 15% (m/m) da farinha (T15).

Fonte: A autora (2023).

Finalizada a centrifugação, o extrato (fase líquida) foi vertido em um funil de separação e foram adicionados 45 mL de éter de petróleo, permanecendo em repouso por 15 minutos. Após esse período, água destilada foi adicionada ao meio com o objetivo de solubilizar a acetona, tornando-se uma fase única, fácil de ser removida. Por fim, as absorbâncias dos extratos foram lidas em um espectrofotômetro UV-VIS (Agilent, modelo 8453), no comprimento de onda de 470 nm. Os resultados para o teor de carotenoides foram expressos como  $\mu\text{g/g}$  de amostra em base seca. Os teores de carotenoides totais foram obtidos por meio da Equação 4.

$$C (\mu\text{g/g}) = \frac{A \times V \times 1000000}{A^{1\% 1 \text{ cm}} \times M \times 100} \quad (4)$$

Onde:

A = absorbância da solução no comprimento de onda 470 nm;

V = volume final da solução (mL);

$A^{1\% 1 \text{ cm}}$  = coeficiente de extinção ou coeficiente de absortividade molar de um pigmento em determinado solvente específico (=3450 para éter de petróleo);

M = massa da amostra utilizada para a análise (g).

### 5.6.8 Obtenção do extrato etanólico para a determinação do teor de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e capacidade antioxidante

Os extratos etanólicos das amostras para a determinação do teor de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e capacidade antioxidante foram obtidos em triplicatas, conforme a metodologia proposta por Almeida *et al.* (2020), com adaptações. Resumidamente, as amostras foram pesadas em uma balança analítica (Ohaus, modelo AR2140), cujos valores das massas das amostras analisadas foram adequados ao espectro de luz do espectrofotômetro UV-VIS (Agilent, modelo 8453) estão descritas na Tabela 4. Logo após, as amostras foram homogeneizadas com 20 mL de uma solução formada por etanol e água destilada (80:20 v/v) e deixadas em repouso durante 10 minutos.

Tabela 4 - Massa (g) das amostras utilizadas no preparo dos extratos etanólicos.

Amostras	Massa (g)
C	1
FCM	0,25
GP, G15, TP e T15	5

Legenda: casca de manga *in natura* (C), farinha de casca de manga (FCM), goma padrão (GP), goma de mandioca substituída parcialmente com 15% (m/m) da farinha (G15), tapioca padrão (TP) e tapioca substituída parcialmente com 15% (m/m) da farinha (T15).  
Fonte: A autora (2023).

As fases foram separadas por meio de uma centrífuga (Nova técnica, modelo NT812) durante 15 minutos a 5000 rpm. Na sequência, os sobrenadantes foram transferidos para um balão volumétrico de 50 mL, sendo aferidos com água destilada na sequência. Os extratos foram armazenados em frascos âmbar sob refrigeração (4 °C), até o momento das análises.

### 5.6.9 Determinação do teor de fenólicos totais

#### 5.6.9.1 Desenvolvimento da curva analítica de ácido gálico

A curva analítica de ácido gálico foi construída utilizando 8 pontos de concentrações (20 a 160 mg.L<sup>-1</sup>). Para isto foi utilizado uma solução padrão de ácido gálico (500 mg.L<sup>-1</sup>). As leituras dos pontos da curva foram realizadas em um espectrofotômetro UV-VIS (Agilent, modelo 8453) utilizando o reagente de *Folin*

*Ciocalteau* (10% v/v), de acordo com a metodologia descrita por Singleton, Orthofer e Raventós (1999).

Na ausência da luz, foram acrescentados 0,5 mL das respectivas concentrações de ácido gálico em tubos de ensaios, contendo 2,5 mL da solução de *Folin Ciocalteau* (10% v/v), que permaneceram em repouso durante 5 minutos. Após esse tempo, foram incorporados 2,0 mL da solução do carbonato de cálcio (4% m/v) aos tubos supracitados, os quais foram homogeneizados e deixados em repouso por 1 h. Para a preparação do branco, a concentração de ácido gálico foi substituída por 0,5 mL de água destilada e adicionada as mesmas proporções das soluções de *Folin Ciocalteau* (10% v/v) e carbonato de cálcio (4% m/v). Após o repouso, as absorvâncias do branco e das concentrações de ácido gálicos foram lidas no espectrofotômetro UV-VIS (Agilent, modelo 8453), no comprimento de onda de 760 nm.

#### 5.6.9.2 Análise do teor de compostos fenólicos totais nos extratos etanólicos

Finalizado o procedimento de obtenção da curva analítica de ácido gálico, foram lidas as absorvâncias dos extratos etanólicos das amostras. Em que 0,5 mL dos extratos etanólicos foram adicionados em tubos de ensaios, adotando-se o mesmo método de reação e as concentrações das soluções de *Folin Ciocalteau* (10% v/v) e carbonato de cálcio (4% m/v), que foram utilizados para a obtenção dos pontos da curva. Os resultados do teor de compostos fenólicos totais foram expressos em mg de ácido gálico (EAG)/g de amostra em base seca e calculados de acordo com a equação obtida da curva analítica previamente construída (Apêndice A).

### 5.6.10 Determinação do teor de flavonoides totais

#### 5.6.10.1 Desenvolvimento da curva analítica de quercetina

A curva analítica do padrão de quercetina foi construída com 7 pontos experimentais (0,1 a 1,2 g/L). As leituras dos pontos da curva foram realizadas em um espectrofotômetro UV-VIS (Agilent, modelo 8453) utilizando a solução de tricloreto de alumínio/etanol (2% m/v), de acordo com a metodologia proposta por Phjimulyani *et al.* (2012), com adaptações.

Em resumo, na ausência da luz, foram acrescentados 0,2 mL das respectivas concentrações de quercetina e 1 mL da solução de tricloreto de alumínio/etanol (2% m/v), que foram aferidos e homogeneizados com água *Milli-Q* em balões volumétricos de 10 mL. Para o preparo do branco, a concentração de quercetina foi substituída por 0,5 µL de água *Milli-Q* e adicionada a mesma proporção da solução de tricloreto de alumínio/etanol (2% m/v). Após o período de 40 minutos, as absorbâncias do branco e das concentrações de quercetina foram lidas no espectrofotômetro UV-VIS (Agilent, modelo 8453), no comprimento de onda de 415 nm.

#### 5.6.10.2 Análise do teor de flavonoides totais nos extratos etanólicos

Após a obtenção da curva analítica de quercetina, foram lidas as absorbâncias dos extratos etanólicos. Em que foram utilizados 0,2 mL dos extratos etanólicos das amostras e 1 mL tricloreto de alumínio/etanol (2% m/v), adotando-se o mesmo método de reação que foi utilizado para a construção dos pontos da curva. Os resultados do teor de flavonoides totais foram expressos em mg equivalentes de quercetina/100 g de amostra em base seca e calculados segundo a equação obtida da curva analítica previamente construída (Apêndice B).

### 5.6.11 Determinação da capacidade antioxidante

#### 5.6.11.1 Desenvolvimento da curva analítica de trolox

A curva analítica de trolox foi construída com 5 pontos experimentais (50 a 600 µmol). Foi utilizado uma solução padrão de Trolox (6-Hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico) (2 µmol m/v). As leituras dos pontos da curva foram realizadas em um espectrofotômetro UV-VIS (Agilent, modelo 8453), utilizando a solução de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) ( $6 \times 10^{-5}$  mol/L m/v), segundo a metodologia descrita por Lourenço *et al.* (2020), com adaptações.

Em síntese, na ausência da luz, foram acrescentadas 0,1 mL das respectivas concentrações da solução de trolox (2 µmol m/v) em tubos de ensaios, contendo 3,9 mL da solução de DPPH ( $6 \times 10^{-5}$  mol/L m/v) e deixadas em repouso por 40 min. Para o preparo do controle a solução de trolox (2 µmol m/v), foi substituída por álcool etílico e adicionada a mesma proporção da solução de DPPH ( $6 \times 10^{-5}$  mol/L m/v). Após o

repouso, as absorvâncias do controle e das concentrações de trolox foram lidas no espectrofotômetro UV-VIS (Agilent, modelo 8453), no comprimento de onda de 515 nm.

#### 5.6.11.2 Análise da capacidade antioxidante nos extratos etanólicos

Logo após a construção da curva analítica de trolox, foram lidas as absorvâncias dos extratos etanólicos. No qual foram utilizados 0,1 mL dos extratos etanólicos das amostras e 3,9 mL da solução de DPPH ( $6 \times 10^{-5}$  mol/L m/v), adotando-se o mesmo método de reação que foi utilizado para a construção dos pontos da curva. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{mol}$  de equivalentes de Trolox (TE)/g de amostra em base seca e calculada de acordo com a equação obtida da curva analítica previamente construída (Apêndice C).

#### 5.6.12 Análise de textura

As análises de textura foram realizadas nas formulações TP e T15 utilizando um texturômetro (*Brookfield Engineering Labs*, modelo CT3) em temperatura ambiente. As tapiocas foram cortadas nos tamanhos de 1,0 cm (largura) x 1,0 cm (altura). Após a padronização das dimensões das tapiocas, a análise de textura foi realizada na região central da amostra, a uma distância de 0,5 cm da borda.

Os testes de penetração foram realizados com uma sonda cilíndrica de acrílico (TA-10) de 12,7 mm de diâmetro. As amostras foram submetidas a um duplo ciclo de compressão com 90% de deformação, a uma velocidade de teste de 1 mm/s e com um tempo de espera definido de 5 segundos após o retorno da sonda e antes de iniciar o segundo ciclo, essas condições foram adotadas de acordo com Parente *et al.* (2021b), com adaptações. Para a determinação do perfil de textura foram analisadas as propriedades de dureza (N), índice de elasticidade (%) (valor entre 0 e 1) e coesividade (valor entre 0 e 1), os quais foram calculados pelo *software* do dispositivo (*Texture Expert for Windows*, versão 1.19).

### 5.6.13 Análise de cor

A determinação da cor das amostras FCM, GP, G15, TP e T15 foi realizada utilizando um colorímetro portátil (Minolta, modelo CR400), previamente calibrado. Foram determinadas os parâmetros do CIELAB através das coordenadas: de Luminosidade ( $L^*$ ) que representa a luminosidade (transição do preto (0) para o branco (100)); coordenada  $a^*$  que representa a transição da cor verde ( $-a^*$ ) para vermelha ( $+a^*$ ) e a coordenada  $b^*$  que descreve a transição da cor azul ( $-b^*$ ) para amarela ( $+b^*$ ).

## 5.7 ANÁLISE ESTÁTISTICA

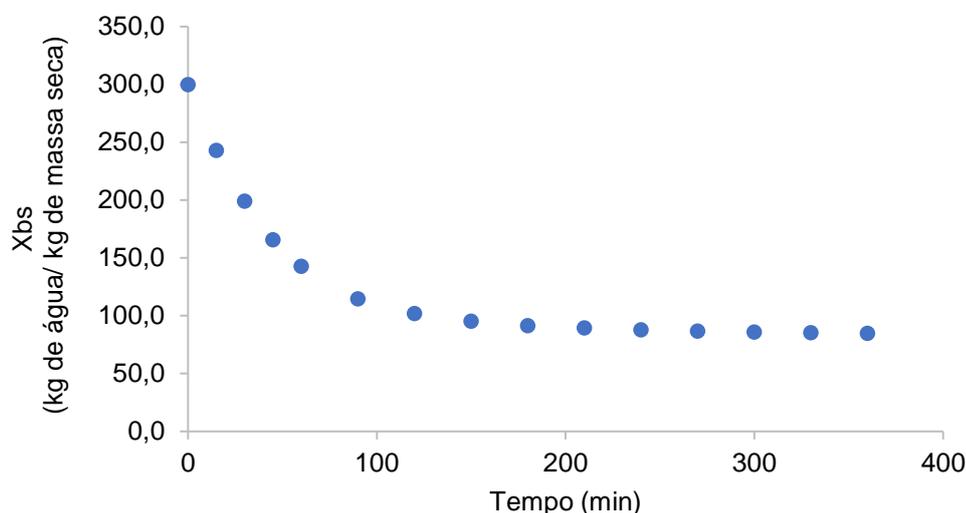
Os dados obtidos foram submetidos ao Teste *T-student* utilizando o programa *Microsoft Excel* (Versão 365) para as análises de umidade, cinzas, atividade de água, pH, acidez titulável, teor de ácido ascórbico, teor de carotenoides totais, teor de compostos fenólicos, capacidade antioxidante e textura. Para a análise estatística dos dados de cor, foi utilizado o teste de análise de variância (ANOVA), também realizado no mesmo *software*. Os valores obtidos foram comparados em pós-teste, utilizando o teste de *Tukey*, com nível de confiança de 95 % ( $p < 0,05$ ) no *software Past*®. Os experimentos foram realizados em triplicatas, exceto as análises de cor e textura, que foram realizadas em quintuplicatas.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 CINÉTICA DE SECAGEM DAS CASCAS DE MANGA

A Figura 8 ilustra o comportamento da curva de secagem das cascas de manga *in natura*. A fase inicial da secagem das cascas é caracterizada por um declínio acelerado da curva, que acontece devido a uma rápida evaporação do teor de água presente na amostra. No decorrer do processo, o teor de umidade tende a diminuir até alcançar o equilíbrio dinâmico e, conseqüentemente, o peso constante da amostra (CELESTINO, 2010).

Figura 8 - Umidade das cascas de manga em base seca ( $X_{bs}$ ) em função do tempo de secagem.



Fonte: A autora (2023).

O teor de umidade da casca de manga *in natura* e da FCM foram de  $75,63 \pm 1,13$  % (3,10 kg de água/kg de massa seca) e  $13,05 \pm 0,13$  % (0,15 kg de água/kg de massa seca), respectivamente. Menores teores de umidade foram reportados por Carvalho (2021) e Troiani *et al.* (2022) para as cascas de manga *in natura* da variedade Palmer, sendo obtidos os valores de  $73,19 \pm 0,20$  % e  $73,25 \pm 0,42$  %, respectivamente. A diferença entre o teor de umidade para a mesma variedade de manga entre os estudos, podem estar relacionadas ao estágio de maturação da fruta, o solo, o clima e o período de safra e entressafra da fruta (KUMARI *et al.*, 2017).

Com base nos dados obtidos na cinética de secagem das cascas de manga *in natura*, foi observado que, para a obtenção do teor de umidade  $\leq 15$ % (0,176 kg de água/kg de massa seca), segundo a resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005, preconiza para farinha (BRASIL, 2005b), seriam necessários 360 minutos de

secagem. Sendo assim, o teor de umidade encontrado para as cascas de manga até o seu peso constante foi de  $13,05 \pm 0,13$  % (0,15 kg de água/kg de massa seca), o que demonstra que, o período de secagem encontrado no presente estudo, foi eficaz para a obtenção do teor de umidade de acordo com a legislação vigente ( $\leq 15\%$ ).

## 6.2 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Os resultados encontrados para os limites de concentrações de bolores e leveduras, *Escherichia coli* e *Salmonella* spp. na FCM estão dispostos na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultados das análises microbiológicas na farinha de casca de manga.

Microrganismos	Carga microbiana	Limite Microbiológico*
Bolores e Leveduras	Ausência	$10^4$ UFC/g
<i>Escherichia coli</i>	Ausência	$10^2$ UFC/g
<i>Salmonella</i> spp.	Ausência	Ausência**

\*Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho 2022 (BRASIL, 2022).

\*\*Ausência em 25 g de amostra.

Legenda: UFC – unidade formadora de colônia.

Fonte: A autora (2023).

Diante desses resultados, pode-se afirmar que a FCM que foi produzida nesse estudo está em conformidade com os padrões microbiológicos estabelecidos pela Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho 2022 (BRASIL, 2022) para frutas desidratadas.

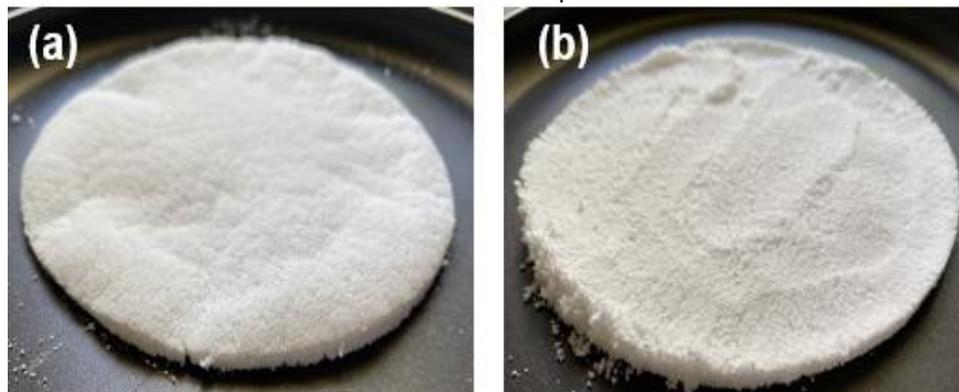
A inocuidade da FCM pode estar relacionada com a sanitização adequada das mangas *in natura* antes do despulpamento, higienização dos utensílios que foram utilizados durante o despulpamento, assim como a aplicação de boas práticas de manipulação ao longo do processo de obtenção da farinha e seu armazenamento. Perante o exposto, pode-se afirmar que a FCM pôde ser utilizada com segurança para o preparo das tapiocas.

## 6.3 PREPARO DAS TAPIOCAS

Em testes experimentais, foi observado que o tempo necessário para o preparo para as formulações da TP, T15 e T20, seriam de 210 segundos, assim como foi observado por Parente *et al.* (2021b) na preparação de tapiocas tradicionais. Durante o tempo de preparo da formulação TP, foi possível constatar que a área inferior, que

entrou primeiro em contato com o aquecimento, após o período de 105 segundos, apresentava-se lisa (Figura 9a). Já a sua área superior (Figura 9b), estava áspera e irregular. Totalizando o tempo de preparo das tapiocas, notou-se que ambas as áreas (inferior e superior), estavam lisas e com a crosta seca e granulada e o núcleo encontrava-se gelatinoso.

Figura 9 - Áreas inferior (a) e superior (b) da tapioca padrão após o período de 105 segundos para cada lado da tapioca.



Fonte: A autora (2023).

Durante o preparo das tapiocas com as formulações pré-estabelecidas (T15 e T20), conforme o tempo determinado, foi observado que apenas a formulação T15 (Figura 10a), apresentou características físicas/estruturais adequadas, uma vez que, essa formulação foi a que mais se aproximou das características da formulação TP, ao longo do tempo de preparo. Por outro lado, durante a preparação da formulação T20, a mesma apresentou-se quebradiça (Figura 10b).

Figura 10 - Formulações das tapiocas substituídas parcialmente com 15 % (m/m) da farinha (T15) (a) e tapioca substituída parcialmente com 20 % (m/m) da farinha (T20) (b).



Fonte: A autora (2023)

Nesse sentido, a adição de uma maior proporção da FCM na composição da formulação T20, promoveu alterações estruturais significativas, o que dificultou o desenvolvimento do processo de gelatinização e a formação da tapioca com as características esperadas para o produto. Em razão da dificuldade de obter a

formulação T20, devido a sua textura quebradiça e a não formação do núcleo gelatinoso, para as análises seguintes foram apenas avaliadas as amostras TP e T15, excluindo-se a amostra T20.

De acordo com Parente *et al.* (2021b), a textura característica da tapioca, em que o seu núcleo é totalmente gelatinoso e as suas áreas granulares (interna e externa) parcialmente porosas, é formada apenas quando a goma de mandioca hidratada apresenta o teor de umidade  $\geq 37\%$ . No presente estudo, o teor de umidade para a formulação GP encontrado foi de  $39,34 \pm 0,41 \%$  (Tabela 6), enquanto a formulação G15 apresentou o teor de umidade de  $34,63 \pm 0,55 \%$ , estatisticamente inferior, tanto em relação ao valor encontrado na formulação GP, quanto ao parâmetro descrito por Parente *et al.* (2021b).

Tabela 6 - Teor de umidade na goma padrão (GP), goma de mandioca substituída parcialmente com 15% (m/m) da farinha (G15), tapioca padrão (TP) e tapioca substituída parcialmente com 15% (m/m) da farinha (T15).

Amostras	Teor de umidade (%)
GP	$39,34 \pm 0,41^d$
G15	$34,63 \pm 0,55^c$
TP	$29,14 \pm 0,25^b$
T15	$21,16 \pm 0,24^a$

Os valores representam as médias das análises das triplicatas  $\pm$  desvio padrão. Letras minúsculas diferentes indicam que os valores diferem entre si no teste t ( $\alpha < 0,05$ ) quando são comparadas as amostras: GP-G15; TP-T15.

Fonte: A autora (2023).

Embora, o teor de umidade da formulação G15 para o preparo da tapioca (T15) seja inferior ao valor reportado por Parente *et al.* (2021b), foi possível obter uma tapioca (Figura 10a) com características físicas/estruturais semelhante a que foi preparada com a goma padrão. Neste contexto, entende-se que o teor de umidade presente na goma de mandioca hidratada é um fator principal para o preparo das tapiocas, pois a água que está em sua composição, vai atuar diretamente nos grânulos de amido que quando aquecidos, resultam no mecanismo de gelatinização (JENKINS; DONALD, 1998; PARENTE *et al.*, 2021a).

Durante o preparo das tapiocas, o teor de água que está presente na superfície interna é primeiro absorvido em regiões não cristalinas (amorfas) dos grânulos de amido e, quando a temperatura de gelatinização do amido de mandioca é atingida (entre 52-65 °C), as camadas cristalinas começam a derreter. Isso faz com que, os grânulos sofram alterações em suas estruturas e aumentem de tamanho, provocando o rompimento das ligações de hidrogênio e a desintegração das moléculas de amilose

e amilopectina, o que ocasiona a ruptura total dos grânulos e a formação do gel (JENKINS; DONALD, 1998; DAMODARAN; PARKIN, 2019).

Na superfície inferior das tapiocas, a transformação dos grânulos de amido para o aspecto de gel permanece incompleta, pois devido ao aumento da temperatura, a água evapora rapidamente interrompendo a gelatinização e, conseqüentemente, finalizando o processo de sinterização. Por outro lado, a superfície superior aquecerá lentamente por não estar em contato direto com calor, porém, ainda apresentará uma alta taxa de perda de água, que resultará em uma sinterização parcial, que é finalizada apenas quando a parte superior também é exposta ao calor do aquecimento (PARENTE *et al.*, 2021b).

Após a cocção das formulações TP e T15 (Tabela 6), o teor de umidade identificados nas amostras foram de  $29,14 \pm 0,25$  % e  $21,16 \pm 0,24$  %, respectivamente, sendo esses valores estatisticamente diferentes. A variação do teor de umidade nessas formulações, em relação as amostras GP e G15, está associada a evaporação da água durante o preparo das tapiocas. Ademais, a diminuição do teor de umidade da formulação T15, quando comparado com a formulação TP, ocorreu porque a substituição parcial da FCM na goma de mandioca hidratada contribuiu para uma menor retenção de água no produto.

## 6.4 COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

### 6.4.1 Teor de cinzas totais

A Tabela 7 apresenta os resultados obtidos do teor de cinzas totais das amostras analisadas. O aumento significativo do teor de cinzas totais presente na FCM quando comparado com as cascas de manga *in natura*, pode ser justificado pela diminuição do teor de água presente na amostra após o processo de secagem. Além disso, a concentração do teor de cinzas na FCM também está associada a baixa volatilidade dos minerais, já que quando são submetidos ao processo de secagem e/ou aquecimento, eles não sofrem degradação química (ALAM *et al.*, 2023).

Tabela 7 - Teor de cinzas nas cascas de manga *in natura* (C), farinha de casca de manga (FCM), goma padrão (GP), goma de mandioca substituída parcialmente com 15% (m/m) da farinha (G15), tapioca padrão (TP) e tapioca substituída parcialmente com 15% (m/m) da farinha (T15).

Amostras	Teor de Cinzas (%)
C	0,83 ± 0,08 <sup>d</sup>
FCM	3,04 ± 0,02 <sup>f</sup>
GP	0,23 ± 0,01 <sup>a</sup>
G15	0,66 ± 0,01 <sup>c</sup>
TP	0,28 ± 0,01 <sup>b</sup>
T15	0,86 ± 0,02 <sup>e</sup>

Os valores apresentados referem-se a média das triplicatas ± desvio padrão. Letras minúsculas diferentes indicam que os valores diferem entre si no teste t ( $\alpha < 0,05$ ) quando são comparadas as amostras: C-FCM; GP-G15; TP-T15.

Fonte: A autora (2023).

O teor de cinzas totais da casca de manga *in natura* encontrado foi de 0,83 ± 0,08 %, valor inferior ao encontrado por Sánchez-Camargo *et al.* (2019) em cascas de manga da variedade Sugar (4,02 ± 0,00 %). Quanto o teor de cinzas totais na FCM, foi identificado o teor 3,04 ± 0,02 %, sendo esse valor semelhante ao encontrado por Jalgaonkar, Jha e Mahawar (2018) e superior aos que foram reportados por Mayo-Mayo *et al.* (2020) na FCM variedade Tommy Atkins e Hadden de 3,04 ± 0,03 e 2,31 ± 0,04 %, respectivamente. A variação do teor de cinzas entre os estudos, está relacionada a fatores como a composição do solo, o sistema de irrigação, o estágio de amadurecimento, a variedade e o período de safra e entressafra (KAUR; SRIVASTAV, 2018).

Com relação a substituição parcial de 15% da FCM na goma de mandioca, observou-se que a substituição proporcionou o aumento significativo do teor de cinzas na formulação G15 (de 0,23 ± 0,01 para 0,66 ± 0,01 %, respectivamente), quando comparada a formulação GP. Sendo o mesmo comportamento observando nas formulações TP e T15 (0,28 ± 0,01 para 0,86 ± 0,02 %, respectivamente), após o processo de cocção, uma vez que, o teor de cinzas da formulação T15, não sofreu degradação, após o processamento térmico.

Corroborando com os resultados do presente estudo, Jalgaonkar, Jha e Mahawar (2018) relataram o aumento o teor de cinzas de 0,83 ± 0,01 % (amostra controle) para 0,94 ± 0,03 % ao substituírem parcialmente 5% da farinha de trigo por FCM em macarrão. Azura *et al.* (2020), também observaram essa alteração do teor de cinzas em macarrão, ao adicionarem parcialmente 30% da FCM como substituto a farinha de trigo (0,54 ± 0,14 % para 0,65 ± 0,14 %)

Nesse contexto, observa-se que as substituições de frações de resíduos alimentares tendem a aumentar o teor de cinzas do produto em que foram adicionados, independentemente do tipo de matriz inorgânica trabalhada, visto que, também apresentam uma fração inorgânica em sua composição.

#### 6.4.2 Atividade de água

Os resultados da atividade de água das amostras analisadas podem ser observados na Tabela 8.

Tabela 8 - Atividade de água nas cascas de manga *in natura* (C), farinha de casca de manga (FCM), goma padrão (GP), goma de mandioca substituída parcialmente com 15% (m/m) da farinha (G15), tapioca padrão (TP) e tapioca substituída parcialmente com 15% (m/m) da farinha (T15).

Amostras	Atividade de água*
C	0,97 ± 0,01 <sup>e</sup>
FCM	0,59 ± 0,01 <sup>a</sup>
GP	0,97 ± 0,01 <sup>d</sup>
G15	0,96 ± 0,01 <sup>d</sup>
TP	0,94 ± 0,01 <sup>c</sup>
T15	0,88 ± 0,01 <sup>b</sup>

\*Valor adimensional.

Os valores apresentados referem-se a média das triplicatas ± desvio padrão. Letras minúsculas diferentes indicam que os valores diferem entre si no teste t ( $\alpha < 0,05$ ) quando são comparadas as amostras: C-FCM; GP-G15; TP-T15.

Fonte: A autora (2023).

Após a desidratação da casca de manga *in natura* para a obtenção da FCM, pode-se verificar uma redução significativa da atividade de água na amostra. Essa alteração demonstra que o processo de secagem foi eficaz na redução da atividade de água na amostra analisada, visto que alimentos que contêm o valor de atividade de água menor que 0,60 são menos propensos ao desenvolvimento de microrganismos (DAMODARAN; PARKIN, 2019). Dado que, a alta perecibilidade das cascas de manga *in natura* torna o produto instável e susceptível a degradação química e/ou enzimática e a contaminação microbiológica (TROIANI *et al.*, 2022).

Os resultados encontrados corroboram com Carvalho (2021), que também observou a diferença significativa quanto a diminuição da atividade de água em cascas de manga *in natura* da variedade Palmer, após a sua desidratação em estufa de circulação de ar a 50 °C. Os valores de atividade de água encontrados foram 0,99 ± 0,00 e 0,47 ± 0,03 (casca de manga *in natura* e FCM, respectivamente).

Com relação as amostras GP e G15, mesmo após a substituição parcial da FCM na formulação G15, observou-se os valores de atividade de água ( $0,97 \pm 0,01$  e  $0,96 \pm 0,01$ , respectivamente), não diferiram significativamente.

Assim como as cascas de manga *in natura*, as amostras GP e G15 também apresentaram valores consideráveis de atividade de água, o que também as tornam mais vulneráveis ao crescimento microbiano e a degradação química e/ou enzimática. Dado semelhante foi reportado por Parente *et al.* (2021a), ao analisarem a goma de mandioca fortificada com o suco de cenoura e micropartículas em pó do suco. Os autores supracitados, identificaram o teor de 0,99 em ambas as amostras.

Ao submeter as formulações GP e G15 ao processo de cocção para o preparo das tapiocas após o período de 210 segundos, verificou-se que as amostras TP e T15 apresentaram uma diferença significativa quanto a redução de atividade de água. Isso se deve a perda de água nas amostras durante a cocção, assim como, a substituição parcial da FCM na goma de mandioca para o preparo da formulação T15. Uma vez que, a adição da FCM na goma de mandioca hidratada contribuiu diretamente para uma menor retenção do teor de água no produto final.

### 6.4.3 pH e acidez titulável

Os resultados das análises de pH e acidez titulável das amostras estudadas estão listados na Tabela 9.

Tabela 9 - pH e acidez titulável nas cascas de manga *in natura* (C), farinha de casca de manga (FCM), goma padrão (GP), goma de mandioca substituída parcialmente com 15% (m/m) da farinha (G15), tapioca padrão (TP) e tapioca substituída parcialmente com 15% (m/m) da farinha (T15).

Amostras	pH*	Acidez titulável (%)
C	$4,24 \pm 0,00^d$	$0,39 \pm 0,00^c$
FCM	$4,20 \pm 0,0^d$	$3,14 \pm 0,00^f$
GP	$3,68 \pm 0,03^b$	$0,39 \pm 0,00^d$
G15	$3,15 \pm 0,01^a$	$0,68 \pm 0,00^e$
TP	$3,75 \pm 0,00^c$	$0,29 \pm 0,00^b$
T15	$4,27 \pm 0,01^e$	$0,20 \pm 0,00^a$

\*Valor adimensional.

Os valores apresentados referem-se a média das triplicatas  $\pm$  desvio padrão. Letras minúsculas diferentes indicam que os valores diferem entre si no teste t ( $\alpha < 0,05$ ) quando são comparadas as amostras: C-FCM; GP-G15; TP-T15.

Fonte: A autora (2023).

Não houve diferença estatística entre os valores de pH das cascas de manga *in natura* e da FCM, após a secagem. Porém, esse mesmo comportamento não foi observado ao analisar a acidez titulável dessas amostras. A variação de acidez entre as amostras (cascas de manga *in natura* e a FCM), está relacionada ao aumento da concentração dos ácidos orgânicos disponíveis nas cascas de manga após a secagem. Quanto o menor o teor de umidade presente na amostra, maior será o teor de ácidos orgânicos e, conseqüentemente, a acidez no produto (VERMA *et al.*, 2022).

Os resultados de pH obtidos neste estudo foram próximos aos observados por Carvalho (2021) para as cascas de manga *in natura* ( $4,64 \pm 0,02$ ) e as cascas liofilizadas ( $4,36 \pm 0,02$ ). Porém, o autor identificou a redução da acidez titulável, após a liofilização (de  $3,43 \pm 0,19$  % para  $2,69 \pm 0,09$  %). Resultados semelhantes foram relatados por Barros (2019), ao desidratar resíduo de acerola *in natura*, após o processo de secagem, a acidez da amostra reduziu em cerca de 20,5 % (de  $4,29 \pm 0,11$  % para  $3,41 \pm 0,03$  %). A diminuição da acidez titulável nos trabalhos citados pode estar associada a ocorrência da reação de *Maillard*, que ocorreu durante a secagem das cascas de manga (MARÇAL; PINTADO, 2021).

Considerando que os parâmetros de pH e acidez determinam a qualidade e a segurança dos alimentos, pode-se afirmar que as amostras das cascas de manga *in natura* e a FCM, são classificadas como ácidas, conforme a classificação descrita por Brito, Silva e Cereda (2015). Segundo os autores, a acidez dos alimentos é dividida em: alimentos pouco ácidos (pH > 4,5), alimentos ácidos (pH entre 4,5 e 4,0) e alimentos muito ácidos (pH < 4,0).

Acerca das formulações GP e G15, as amostras são classificadas como muito ácidas. A substituição parcial de 15% da FCM na goma de mandioca hidratada proporcionou a redução do pH ( $3,68 \pm 0,03$  para  $3,15 \pm 0,01$ ) e o aumento da acidez titulável ( $0,39 \pm 0,00$  para  $0,68 \pm 0,00$ ) da amostra G15. Com base nesses resultados, pode-se reiterar que a substituição parcial da FCM na goma de mandioca hidratada, influenciou diretamente no aumento da acidez e na redução do pH na formulação G15.

De acordo com Machado, Araújo e Pereira (2010), a natureza ácida da goma de mandioca é responsável por mudanças sensoriais no produto, como por exemplo, o seu sabor (azedo) e aroma. Além disso, esses parâmetros (acidez e pH) são responsáveis pelo controle do crescimento de microrganismo no produto.

Com relação as formulações TP e T15 (muito ácida e ácida, respectivamente), houve diferença estatística tanto para o parâmetro de pH, quanto para o teor de acidez

titulável em ambas as amostras, após a cocção. Ao expor as formulações ao processo de cocção, ocorreu o aumento do pH e a diminuição do teor de acidez.

A redução da acidez nas formulações TP e T15 após a cocção, ocasionou o aumento do pH ambas as preparações. Segundo Silva, Duarte e Barrozo (2016), os ácidos orgânicos, quando presentes em alimentos que são submetidos a altas temperaturas, sofrem degradação química ou são convertidos em açúcares, resultando assim, no aumento do pH do alimento.

#### 6.4.4 Teor de ácido ascórbico

O teor de ácido ascórbico nas amostras estudadas podem ser observados na Tabela 10.

Tabela 10 - Teor de ácido ascórbico nas cascas de manga *in natura* (C), farinha de casca de manga (FCM), goma padrão (GP), goma de mandioca substituída parcialmente com 15% (m/m) da farinha (G15), tapioca padrão (TP) e tapioca substituída parcialmente com 15% (m/m) da farinha (T15).

Amostras	Teor de ácido ascórbico (mg/g)*
C	348,36 ± 0,40 <sup>e</sup>
FCM	463,55 ± 0,92 <sup>f</sup>
GP	15,86 ± 0,00 <sup>b</sup>
G15	63,12 ± 0,02 <sup>d</sup>
TP	14,56 ± 0,00 <sup>a</sup>
T15	43,52 ± 0,01 <sup>c</sup>

\*Valores calculados em base seca.

Os valores apresentados referem-se a média das triplicatas ± desvio padrão. Letras minúsculas diferentes indicam que os valores diferem entre si no teste t ( $\alpha < 0,05$ ), quando são comparadas as amostras: C-FCM; GP-G15; TP-T15.

Fonte: A autora (2023).

Embora o ácido ascórbico seja uma vitamina hidrossolúvel instável e sensível ao calor (YAO *et al.*, 2020), o processo de secagem que as cascas de manga *in natura* foram submetidas, não foi capaz de promover a sua degradação. Após a secagem e moagem das cascas, notou-se o aumento significativo da concentração do teor de ácido ascórbico em cerca de 33% na FCM, quando comparada as cascas *in natura*. O aumento do teor de ácido ascórbico na FCM está associado a diminuição do teor de água presente na amostra durante a secagem (CARVALHO, 2021), dado que, essa redução proporcionou a sua concentração.

Carvalho (2021) ao analisar o teor de ácido ascórbico em cascas de manga *in natura* da variedade Palmer, antes e após o processo de liofilização (-56 °C), o autor

identificou o aumento da concentração do teor de ácido ascórbico em aproximadamente 66%. Por outro lado, Troiani *et al.* (2022), ao analisarem o teor de ácido ascórbico na mesma variedade, observaram o decaimento do teor de ácido ascórbico em torno de 81% depois da secagem em um secador do tipo tambor (138,4 °C).

A redução do teor de ácido ascórbico pode ser justificada pelo tipo de equipamento utilizado na secagem, bem como, o tempo de exposição ao calor e a intensidade da temperatura utilizada no processo (YAO *et al.*, 2020).

Conforme os dados do teor de ácido ascórbico das formulações GP, G15, TP e T15 descritos na Tabela 10, houve o aumento significativo do parâmetro em estudo entre as formulações GP e G15. Observou-se que a substituição parcial de 15% da FCM na goma de mandioca proporcionou o aumento do teor de ácido ascórbico na formulação G15.

Jalgaonkar, Jha e Mahawar (2018), ao substituírem parcialmente 5% da farinha de trigo pela FCM para o preparo de macarrão, identificaram o aumento do teor de ácido ascórbico em cerca de 46% (de  $4,94 \pm 0,26$  para  $9,10 \pm 0,18$  mg/g), quando comparado a amostra controle. Segundo os autores supracitados, esse percentual de substituição da FCM foi superior as formulações de macarrão que foram substituídas por 10 e 15% da farinha de cenoura ( $4,94 \pm 0,26$  para  $6,89 \pm 0,09$  mg/g) e soja ( $4,94 \pm 0,26$  para  $8,32 \pm 0,52$  mg/g), respectivamente.

No entanto, após o processo de cocção para o preparo das amostras TP e T15, notou-se a diminuição significativa do teor de ácido ascórbico nas amostras em aproximadamente 8,20 e 31%, respectivamente. Essa redução pode estar associada a natureza termolábil do ácido ascórbico frente a condições térmicas mais severas, como o aquecimento, ao qual as formulações foram submetidas (VAN DE VELDE *et al.*, 2022).

Apesar do valor deste parâmetro ter sido reduzido nas amostras de tapioca, em especial na amostra T15, o teor de ácido ascórbico, por grama, em sua composição após a cocção corresponde a cerca da metade da necessidade de ingestão diária para mulheres e homens (75 e 90 mg/dia, respectivamente), segundo os dados da Associação Brasileira de Nutrição (ASBRAN, 2020).

### 6.4.5 Teor de carotenoides

O teor de carotenoides totais nas amostras analisadas estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Teor de carotenoides totais nas cascas *in natura* (C), farinha de casca de manga (FCM), goma padrão (GP), goma de mandioca substituída parcialmente com 15% (m/m) da farinha (G15), tapioca padrão (TP) e tapioca substituída parcialmente com 15% (m/m) da farinha (T15).

Amostras	Teor de carotenoides totais ( $\mu\text{g/g}$ )*
C	30,12 $\pm$ 0,50 <sup>c</sup>
FCM	33,36 $\pm$ 0,27 <sup>d</sup>
GP	**
G15	5,04 $\pm$ 0,10 <sup>b</sup>
TP	**
T15	3,37 $\pm$ 0,11 <sup>a</sup>

\*Valores calculados em base seca.

\*\*Não identificado.

Os valores apresentados referem-se a média em triplicatas  $\pm$  desvio padrão. Letras minúsculas diferentes indicam que os valores diferem entre si no teste t ( $\alpha < 0,05$ ), quando são comparadas as amostras: C-FCM; G15-T15.

Fonte: A autora (2023).

Ao submeter as cascas de manga *in natura* ao processo de secagem, notou-se o aumento significativo da concentração do teor de carotenoides totais em cerca 10,80 % (de 30,12  $\pm$  0,05 para 33,36  $\pm$  0,23  $\mu\text{g/g}$  em base seca). Sendo esse resultado superior ao relatado por Troiani *et al.* (2022), ao quantificarem o teor de carotenoides totais em cascas de manga *in natura* e cascas secas da variedade Palmer (de 9,78  $\pm$  1,01 para 15,35  $\pm$  0,96  $\mu\text{g/g}$  em base seca, respectivamente).

A variação do teor de carotenoides totais presentes nas cascas de manga *in natura* entre os estudos, está associada as condições de plantio, o solo, a temperatura, o clima, o estágio de maturação e a coloração presente nas cascas, que influenciam diretamente nas propriedades intrínsecas e extrínsecas da fruta (RANGANATH *et al.*, 2018; BEMFEITO *et al.*, 2020; MARÇAL; PINTADO, 2021). Quanto ao aumento da concentração do teor de carotenoides totais, segundo Song *et al.* (2018), a secagem, quando realizada de maneira adequada, sem a exposição da amostra a altas temperaturas e por longos períodos, contribui para a uma maior concentração do teor de carotenoides totais na amostra.

Com relação as formulações GP e TP, não foram identificados a presença de carotenoides totais nessas amostras. No entanto, ao adicionar parcialmente 15% da FCM na goma de mandioca para a confecção da formulação T15, foi possível

quantificar o teor de carotenoides totais presentes nas amostras estudadas (G15 e T15). De acordo com Meléndez-Martínez *et al.* (2023), os alimentos básicos, em especial, a base de mandioca, no geral não são considerados ricos em carotenoides. Porém, por causa do seu alto consumo e da sua popularização, pesquisadores têm estudados alternativas que possam aumentar o teor de carotenoides nesses alimentos.

Consoante a importância do consumo de alimentos básicos que apresentem em sua composição carotenoides totais, Parente *et al.* (2021a), ao adicionarem suco de cenoura e micropartículas em pó do suco na goma de mandioca para o preparo de tapiocas, identificaram o teor de carotenoides totais nas gomas fortificadas de 0,03 µg/g em base seca (suco e micropartículas em pó do suco) e as tapiocas apresentaram a concentração de carotenoides de 0,025 µg/g em base seca, independente da temperatura de preparo (200 e 300 °C) e o tipo de ingrediente nutricional utilizado.

Considerando os resultados obtidos por esses autores, quando comparados ao presente estudo, observa-se que, a substituição parcial de 15% da FCM na goma de mandioca proporcionou o maior teor de carotenoides totais na formulação G15 (5,04 ± 0,10 µg/g em base seca).

Ainda que, após o processo de cocção tenha ocorrido uma redução significativa do teor de carotenoides na formulação T15, devido a degradação ocasionada pela exposição da preparação ao processo térmico, o consumo da formulação T15 pode ser considerada uma boa fonte de carotenoides para o seu consumidor. Uma vez que, a ingestão diária recomendada para adultos é de 600 mg de retinol (que corresponde a 214,3 mg de carotenoides), segundo a resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005c).

#### **6.4.6 Teor de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e capacidade antioxidante**

Os resultados dos teores de compostos fenólicos totais e da capacidade antioxidante das amostras analisadas estão descritos na Tabela 12. Não foi possível quantificar o teor de flavonoides totais nas amostras estudadas, dado que, essas amostras apresentaram valores abaixo da faixa de determinação da curva analítica

de quercetina. Há a possibilidade de o método utilizado não ter sido sensível o suficiente ou não estar adequado para essas amostras.

Tabela 12 - Teor de compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante nas cascas de manga *in natura* (C), farinha de casca de manga (FCM), goma padrão (GP), goma de mandioca substituída parcialmente com 15% (m/m) da farinha (G15), tapioca padrão (TP) e tapioca substituída parcialmente com 15% (m/m) da farinha (T15).

Amostras	Teor de compostos fenólicos totais (mg EAG/g)*	Capacidade antioxidante ( $\mu$ mol TE/g)*
C	4,35 $\pm$ 0,01 <sup>c</sup>	83,10 $\pm$ 2,27 <sup>c</sup>
FCM	15,24 $\pm$ 0,27 <sup>d</sup>	136,02 $\pm$ 0,08 <sup>d</sup>
GP	**	**
G15	2,30 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	7,20 $\pm$ 0,09 <sup>b</sup>
TP	**	**
T15	1,17 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	3,12 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>

\*Valores calculados em base seca.

\*\*Valor abaixo da faixa de determinação da curva.

Os valores apresentados referem-se a média das triplicatas  $\pm$  desvio padrão. Letras minúsculas diferentes indicam que os valores diferem entre si no teste t ( $\alpha < 0,05$ ) quando são comparadas as amostras: C-FCM; G15-T15.

Fonte: A autora (2023).

Com relação ao teor de compostos fenólicos totais na FCM, após o processo de secagem, foi identificado o aumento da sua concentração em cerca de 3 vezes (de 4,35  $\pm$  0,01 para 15,24  $\pm$  0,27 mg EAG/g em base seca), quando comparados as cascas de manga *in natura*. Comportamento semelhante também foi observado para a capacidade antioxidante dessas amostras. Os resultados, portanto, mostraram-se estatisticamente diferentes para as amostras (cascas de manga *in natura* e FCM).

O aumento considerável do teor de compostos totais, assim como, observado no teor de carotenoides e ácido ascórbico também está associado ao processo de secagem. Segundo Akther *et al.* (2023), a transferência de calor por convecção associada com a evaporação gradual do teor de água disponível na amostra durante o processo de secagem, ocasiona a diminuição do ponto de ebulição na amostra, evitando assim, a degradação dos compostos fenólicos, propiciando a sua concentração. Isso faz com o que, o aumento da capacidade antioxidante, seja diretamente proporcional ao aumento da concentração do teor de compostos fenólicos totais, já que esses compostos têm um forte potencial antioxidante quando presentes em alimentos (ZHAO *et al.*, 2021).

Corroborando com o presente estudo, Troiani *et al.* (2022) observaram o aumento da concentração do teor de compostos fenólicos totais em cascas de manga da variedade Palmer em cerca de 4,62% (de 30,63  $\pm$  8,90 para 31,94  $\pm$  5,98 mg EAG/g em base seca). Sendo também identificado pelos mesmos autores o aumento da

capacidade antioxidante das cascas de manga *in natura* em aproximadamente em 31% (de  $276,36 \pm 7,60$  para  $361,67 \pm 21,05$   $\mu\text{mol TE/g}$  em base seca), após as secagens. Apesar dos dados dos autores estarem em concordância quanto ao aumento do teor de compostos fenólicos e da capacidade antioxidante presente nas amostras, os resultados médios são superiores aos encontrados no presente estudo.

No que diz respeito as amostras GP e TP, não foi possível quantificar o teor de fenólicos totais e capacidade antioxidante, uma vez que, essas amostras apresentaram valores abaixo do limite de quantificação. Porém, ao substituir parcialmente 15% (m/m) da FCM na goma de mandioca hidratada para o preparo da tapioca, foi possível determinar o teor de compostos fenólicos e capacidade antioxidante nas amostras G15 e T15.

No entanto, foi observado que, ao submeter a formulação G15 a cocção para o preparo da tapioca, houve a redução significativa do teor de compostos fenólicos totais em 40,13 % ( $2,30 \pm 0,01$  para  $1,17 \pm 0,01$  mg EAG/g em base seca) e da capacidade antioxidante em 56,67% (de  $7,20 \pm 0,09$  para  $3,12 \pm 0,02$   $\mu\text{mol TE/g}$  em base seca), quando comparados a amostra antes do processo de cocção (G15).

Quando alimentos que contêm compostos fenólicos são submetidos a altas temperaturas, é possível que ocorra a degradação e/ou transformação química desses compostos presentes em sua composição e, conseqüentemente, resultará na diminuição de sua atividade antioxidante (MARSIGLIA *et al.*, 2023).

Outro fator que também pode estar relacionado a redução da capacidade antioxidante na formulação T15, é a degradação de outros compostos químicos que também estão envolvidos na potencialidade antioxidante dos alimentos como, o ácido ascórbico e os carotenoides (GUPTA *et al.*, 2022), dado que, esses compostos também reduziram na formulação T15 após a cocção. Embora o processamento térmico tenha influenciado na redução do teor de compostos fenólicos e na capacidade antioxidante na formulação T15, ainda assim, a amostra apresenta uma quantidade considerável de compostos fenólicos em sua composição.

No Brasil, não existe uma recomendação diária para o consumo de compostos fenólicos totais. Carnaúba (2021) em um estudo piloto estimou que, o consumo diário de compostos fenólicos totais para a população brasileira seria em média de 204 mg/dia em indivíduos com  $\geq 10$  anos de idade. Considerando a recomendação diária estimada pelo autor supracitado é possível afirmar que, o consumo da tapioca

substituída parcialmente com 15% da farinha pode ser uma boa fonte de compostos fenólicos totais, quando inserido na alimentação.

#### 6.4.7 Textura

Na Tabela 13 estão descritos os resultados dos parâmetros de textura avaliados nas formulações TP e T15. Houve diferença significativa quando comparados os parâmetros de dureza, índice de elasticidade e coesividade entre as amostras.

Tabela 13 - Parâmetros de textura na tapioca padrão (TP) e na tapioca substituída parcialmente com 15% (m/m) da farinha (T15).

Amostras	Dureza (N)	Índice de elasticidade (%)	Coesividade*
TP	1895,4 ± 394,64 <sup>a</sup>	0,83 ± 0,16 <sup>b</sup>	0,77 ± 0,02 <sup>b</sup>
T15	7113,6 ± 1400,14 <sup>b</sup>	0,55 ± 0,14 <sup>a</sup>	0,28 ± 0,16 <sup>a</sup>

\*Valor adimensional.

Valores representam a média das quintuplicatas ± desvio-padrão. Letras minúsculas diferentes indicam que os valores diferem entre si no teste t ( $\alpha < 0,05$ )

Fonte: A autora (2023).

A análise de dureza em alimentos indica a força necessária para que ocorra o seu rompimento durante a compressão (CHEN; OPARA, 2013). Conforme os dados expostos na Tabela 6, é possível observar que a substituição parcial de 15 % da FCM na goma de mandioca para o preparo da formulação T15 ocasionou o aumento significativo em aproximadamente 74% no parâmetro de dureza na amostra, quando comparada a formulação TP.

Desta forma, foi necessário aplicar uma maior força para que ocorresse o rompimento desta formulação. Corroborando com os resultados do aumento de dureza do presente estudo, Chen *et al.* (2019) também observaram o aumento significativo deste parâmetro em cerca de 60, 70 e 76,1%, respectivamente, ao adicionarem a FCM nas proporções de 10, 15 e 20% em substituição parcial a farinha de trigo em pães.

Além da substituição parcial de 15% FCM na goma de mandioca para o preparo da tapioca, outros fatores também podem ter influenciado no aumento da dureza na formulação T15, como a diminuição do teor de umidade e da atividade de água na amostra, bem como, a granulometria da FCM (MANISHA *et al.*, 2022).

Quanto ao índice de elasticidade e coesividade, esses parâmetros diminuíram significativamente na formulação T15, quando comparada a TP. Segundo Bourne

(2002) o índice de elasticidade é definido como a velocidade que o alimento deformado retorna a sua forma ou tamanho original, após a sua compressão. Conforme os dados encontrados para as formulações TP e T15, pode-se afirmar que a formulação TP, retornou a sua forma original mais rápido que a T15.

Considerando que o parâmetro de coesividade corresponde a tendência que o alimento tem de se manter unido após a sua compressão (CHANDRA; SHAMASUNDAR, 2015). Foi observado que, embora a formulação T15 fosse mais firme, ela se desintegra mais facilmente ao ser comprimida do que a formulação TP.

Valores próximos aos parâmetros índice de elasticidade e coesividade da amostra TP do presente estudo, foram reportados por Parente *et al.* (2021b), ao analisarem esses parâmetros em tapiocas tradicionais, os autores encontraram os resultados em torno de 0,80 e 0,75, respectivamente. Porém, ao adicionarem o suco de cenoura e micropartículas em pó do suco em goma de mandioca para o preparo de tapiocas fortificadas com vitamina A, notaram a redução desses parâmetros. Foram encontrados pelos autores o índice de elasticidade para a tapioca com o suco e com as micropartículas em pó do suco de 0,61 e 0,57, respectivamente. E a coesividade de 0,53 para a tapioca com o suco e 0,55 para a tapioca com as micropartículas em pó do suco (PARENTE *et al.*, 2021a).

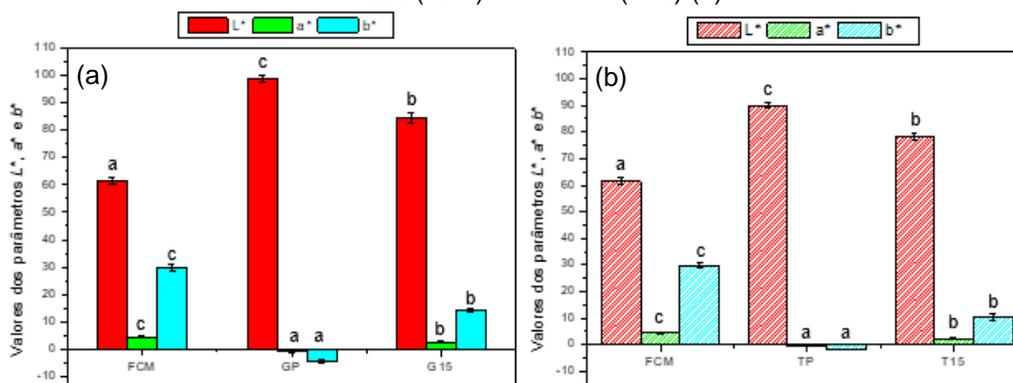
Diante dos resultados encontrados no presente estudo, pode-se afirmar que a adição ou substituição de um novo ingrediente a goma de mandioca para o preparo de tapiocas pode impactar diretamente na textura do produto. Dado que, a tapioca tradicional por não ser adicionada de nenhum ingrediente, possui uma textura gelatinosa e viscoelástica (Parente *et al.*, 2021b).

Além disso, a redução do teor de umidade e atividade de água devido a substituição parcial de 15% da FCM na goma de mandioca após a cocção da formulação T15, também impactaram na textura da formulação, uma vez que, após o processamento térmico dessa formulação, a mesma apresentou-se mais rígida, menos elástica e coesa após a compressão.

#### **6.4.8 Cor**

Todos as coordenadas analisadas foram determinadas para as amostras FCM, GP, G15, TP E T15, e os resultados estão descritos nas Figuras 11a e 11b.

Figura 11 - Parâmetros de cor para a farinha de casca de manga (FCM), goma padrão (GP), goma adicionada com 15% (m/m) de farinha (G15) (a), tapioca padrão (TP) e tapioca adicionada com 15% (m/m) de farinha (T15) (b).



Médias com letras minúsculas diferentes diferem entre si pelo teste de *Tukey* ( $p < 0,05$ ). Valores representam a média das quintuplicatas  $\pm$  desvio-padrão. Fonte: A autora (2023).

De acordo com a Figura 11a, é possível observar que o parâmetro de Luminosidade ( $L^*$ ) da formulação GP, apresentou o valor superior das amostras FCM (Figura 12a) e G15, dado que, a sua cor é naturalmente branca (Figura 12b), estando em concordância com o padrão esperado para esta faixa de valor (próximo a 100). O valor da coordenada  $L^*$  próximo a 100 na formulação GP, pode estar relacionada a ausência de compostos não amiláceos em sua composição, uma vez que, a goma de mandioca é basicamente composta de amido e não apresenta a adição de nenhum outro ingrediente não amiláceo durante a sua obtenção (PARENTE *et al.*, 2021a).

Quando comparado com os valores de FCM e G15, as coordenadas  $L^*$  das amostras, apresentaram valores estatisticamente menores nesse parâmetro. A redução da coordenada  $L^*$  na formulação G15, quando comparado a GP, advém da substituição parcial de 15% da FCM na goma de mandioca, que ocasionou a alteração da luminosidade na formulação G15, deixando-a mais escura (Figura 12c).

Figura 12 - Coloração presente na farinha de casca de manga (a), goma padrão (b) e goma substituída parcialmente com 15% (m/m) de farinha (c).



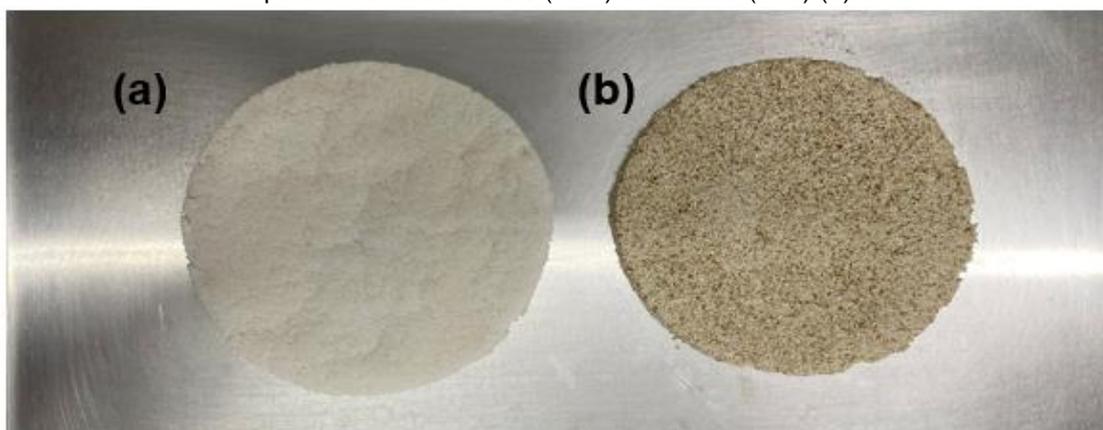
Fonte: A autora (2023).

Quanto a coordenada  $a^*$ , as amostras FCM e G15 apresentaram valores positivos com maior tendência ao vermelho e significativamente diferentes, enquanto a GP apresentou o resultado negativo para este parâmetro, tendo uma maior predisposição para a cor verde.

Por outro lado, a coordenada  $b^*$ , mostrou-se significativamente diferente entre as amostras de FCM, GP e G15. Com destaque para a FCM que apresentou o maior valor deste parâmetro, conforme o esperado por possuir cor amarelada, devido a presença de carotenoides totais em sua constituição, que são os principais pigmentos responsáveis por proporcionar essa cor na FCM (FERRARI *et al.*, 2021). Diante do exposto, a formulação G15, teve uma contribuição de cor oriunda da incorporação da FCM (Figura 12c) na formulação, apresentando então o segundo maior valor para este parâmetro.

A Figura 11b, demonstra um comportamento semelhante para as coordenadas de cor para a FCM, TP e T15, cuja interpretação segue a mesma tendência das amostras: FCM, GP e G15. No entanto, observa-se que a coordenada  $L^*$  para as amostras TP (Figura 13a) e T15, sofreram uma redução após a processamento térmico, quando comparadas com as formulações GP e G15.

Figura 13 - Coloração presente na tapioca padrão (TP) (a) e na tapioca substituída parcialmente com 15% (m/m) de farinha (T15) (b).



Fonte: A autora (2023).

A diminuição da coordenada  $L^*$  na formulação T15 (Figura 13b) observada após a cocção, quando comparada com a G15, pode ter ocorrido devido a reação de *Maillard*. Durante o aquecimento, o aumento da temperatura ao longo do preparo da formulação, ocasionou o ataque nucleofílico do grupo  $\alpha$ -carbonílico de um açúcar redutor, ao grupo amina das proteínas. Que ao fim da reação, provoca a produção de hidroximetilfurfural, que se polimeriza com alguns compostos que contém os

grupamentos aminas, formando pigmentos marrons (melanoidinas) que causam alterações na cor do produto (CHEN *et al.*, 2019; ARRUDA, 2021).

O processo de cocção também ocasionou a redução significativa da coordenada  $a^*$  nas formulações TP e T15. No entanto, notou-se que mesmo após o processamento térmico, as amostras TP e T15, ainda apresentaram a tendência de cor verde e vermelha, respectivamente. Comportamento semelhante foi observado na coordenada  $b^*$  dessas formulações. Embora, a transição de cor da coordenada  $b^*$  das formulações TP e T15, não tenha sido alterada durante o processo térmico, o decréscimo dessa coordenada na formulação T15, pode estar associado a redução do teor de carotenoides totais presentes nessa formulação, após a sua cocção.

## 7 CONCLUSÃO

A farinha de casca de manga é uma alternativa de uso no preparo de alimentos, por apresentar quantidades satisfatórias de compostos bioativos em sua composição. Ao substituir parcialmente a goma de mandioca com 15% da farinha de casca de manga, foi possível produzir uma formulação que apresentasse características semelhantes a tapioca padrão. Após o processo de cocção, no preparo da formulação T15, foi possível a quantificação do teor de ácido ascórbico, teor carotenoides totais, teor de compostos fenólicos totais e a capacidade antioxidante presentes na amostra.

Diante disso, verificou-se que a substituição parcial da farinha de casca de manga na goma de mandioca resultou em um produto de melhor qualidade nutricional, quando comparado a tapioca tradicional, demonstrando a viabilidade do aproveitamento da farinha de casca de manga. De modo que, ao utilizarmos resíduos de frutas para o enriquecimento de preparações, em especial, das tapiocas, visto que é um alimento bastante consumido e apreciado por boa parte da população, promove-se também o maior aporte de nutrientes e compostos bioativos ao consumidor. Além de minimizar o descarte desses resíduos de maneira inadequada no meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

- ALANÓN, M. E. *et al.* Profiling phenolic compounds in underutilized mango peel by products from cultivars grown in Spanish subtropical climate over maturation course. **Food Research International**, v. 140, 2021.
- ALAM, M. *et al.* Quality attributes of the developed banana flour: Effects of drying methods. **Helyon**, v. 9, 2023.
- ALMEIDA, E. G. **Desenvolvimento de goma de mandioca pigmentada colorida com bioativos da beterraba (*Beta Vulgaris*)**. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Tecnologia dos alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional, João Pessoa, 2017.
- ALMEIDA, J. S. O. *et al.* Feijoa (*Acca sellowiana*) peel flours: A source of dietary fibers and bioactive compounds. **Food Bioscience**, v. 38, 2020.
- ALTENDORF, S. **Major Tropical Fruits Market Review 2017**. Roma: FAO, 2019. Disponível em: [https://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM\\_MARKETS\\_MONITORING/Tropical\\_Fruits/Documents/CA2895EN.pdf](https://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Tropical_Fruits/Documents/CA2895EN.pdf). Acesso em: 20 de nov. 2020.
- AKTHER, S. *et al.* Drying methods effect on bioactive compounds, phenolic profile, and antioxidant capacity of mango powder. **Journal of King Saud University – Science**, v. 35, 2023.
- ARAÚJO, A. M. *et al.* O que é que a tapioca tem. *In*: SIQUEIRA, A. M. O. **Tapioca: Tradição da raiz ao paladar**. Recife: Micélio, 2021, p. 40-49.
- ARAÚJO, M. R. **Comportamento glicêmico de adultos jovens diante da inserção de semente de chia em alimento de alto consumo no Brasil (tapioca)**. 2020. Dissertação (Mestrado em Gestão e Saúde Coletiva) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba. São Paulo, 2020.
- ARNOSO, B. J. M.; COSTA, G. F.; SHMIDT, B. Biodisponibilidade e classificação de compostos fenólicos. **Nutrição Brasil**, v. 18, n. 1, p. 39-48, 2019.
- ARRUDA, G. M. P. **Efeito do pré-tratamento ultrassônico associado a etanol e secagem por infravermelho nos parâmetros de qualidade do mamão formosa (*Carica papaya* L.)**. 2021. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Nutrição. Recife, 2021.
- ARRUDA, H. S. *et al.* Effects of high-intensity ultrasound process parameters on the phenolic compounds recovery from araticum peel. **Ultrasonic Sonochemistry**, v. 50, p. 82 - 95, 2019.
- ARRUDA, H. S. *et al.* Recent advances and possibilities for the use of plant phenolic compounds to manage ageing-related diseases. **Journal of Functional Foods**, v. 75, p. 104203, 2020.

ASBRAN - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NUTRIÇÃO. **Vitamina C e imunidade: alimentos garantem doses recomendadas**, 2020. Disponível em: [asbran.org.br/noticias/vitamina-c-e-imunidade-alimentos-garantem-doses-recomendadas](http://asbran.org.br/noticias/vitamina-c-e-imunidade-alimentos-garantem-doses-recomendadas). Acesso em: 02 de ago. 2020.

AZURA, N. A. *et al.* Phycochemical, cooking quality and sensory characterization of yellow alkaline noodle: impacto f mango peel powder level. **Food Research**, v. 4, n. 1, p. 70-76, 2020.

BALLESTERO-VIVAS, D. *et al.* An integrated approach for the valorization of mango seed kernel: Efficient extraction solvent selection, phytochemical profiling and antiproliferative activity assessment. **Food Research International**, v. 126, 2019.

BARROS, V. M. **Influência do processamento de secagem nos teores de compostos bioativos e antinutricionais em farinha de resíduo de acerola**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências da Nutrição) – Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Nutrição, Sergipe, 2019.

BELEZE, R. L.; BAHLS, A. A. D.S.M.; KRAUSE, R. W. Value Attributed to Traditional Cuisine: the visitor's case of Lençóis Maranhenses National Park – MA. **Revista Turismo em Análise**, v. 29, p. 312-331, 2018. Disponível em: <file:///D:/Downloads/141347-Texto%20do%20artigo-353603-2-10-20190802.pdf>. Acesso em: 08 de out. 2022.

BEMFEITO, C. M. *et al.* Carotenoides em alimentos: fatores interferentes na biossíntese e estabilidade frente ao processamento. *In*: CORDEIRO, C. A. M. **Tópicos físicos, químicos e biológicos**. 1. ed. Guarujá, São Paulo: Editora Científica, 2020, p. 445-465.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 23, de 14 de dezembro de 2005**. Regulamento técnico de identidade e qualidade dos produtos amiláceos derivados da raiz da mandioca. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2005a.

\_\_\_\_\_. **Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022**. Padrões microbiológicos dos alimentos. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2022.

\_\_\_\_\_. **Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005**. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos e farinhas. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005b.

\_\_\_\_\_. **Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005**. Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2005c.

BRÍGIDA, A. I. S. **Desenvolvimento de um pré-mix para tapioca com índice glicêmico reduzido**. Embrapa. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-projetos/-/projeto/217234/desenvolvimento-de-um-pre-mix-para-tapioca-com-indice-glicemico-reduzido>. Acesso em: 10 de abr. 2023.

BRITO, V.S.; SILVA, E. C.; CEREDA, M. P. Digestibilidade do amido *in vitro* e valor calórico dos grupos de farinhas de mandioca brasileiras. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 3, p. 185-191, 2015.

BOURNE, M. **Food Texture and Viscosity**: concept and measurement. 2. ed. Elsevier Science & Technology Books, 2002.

CAMARA, F. M. **Aspectos qualitativos da manga ‘Palmer’ comercializada na CEAGESP**. 2017. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz. São Paulo, 2017.

CÁNDIZ-GURREA, M. L. *et al.* Revalorization of bioactive compounds from tropical Fruit by-products and industrial applications by means of sustainable approaches. **Food Reaserach International**, v. 138, 2020.

CARDOSO, A. F. *et al.* Frequência do consumo alimentar de praticantes de corrida categoria amador na cidade de Teresina-PI. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 13, n. 78, p. 139-149, 2019.

CARDOSO, L. C. **História da Alimentação no Brasil**. 4. ed. São Paulo: Global, 2016.

CARNAUBA, R. A. **Estimativa da ingestão de compostos bioativos pela população brasileira**. 2021. Tese (Doutorado em Ciência) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

CARVALHO, A. J. B. A. **Aproveitamento da casca de manga “Palmer” submetida a diferentes técnicas de secagem para a elaboração de pão de forma**. 2021. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, 2021.

CAZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 6. ed. Barueri: Manole, 2020.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de Secagem de Alimentos**. 1. ed. Distrito Federal: Embrapa Cerrado, 2010.

CHAGAS, E. G. L. *et al.* Farinha de casca de manga: propriedades tecnológicas e perfil de compostos fenólicos. *In*: CORDEIRO, C. A. M (Org.). **Tópicos físicos, químicos e biológicos**. Guarujá: Editora Científica Digital, 2020, p. 360-380. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/books/978-65-87196-25-1.pdf>. Acesso em: 21 de jan. 2021.

CHANDRA, M. V.; SHAMASUNDAR, B. A. Texture profile analysis and functional properties of gelatina from the skin of three species of fresh water fish. **International Journal of Food Properties**, v. 18, p. 572-584, 2015.

CHEN, L.; OPARA, U. L. Texture measurement approaches in fresh and processed foods – A review. **Food Research International**, v. 51, n. 2, p. 823-835, 2013.

CHEN, Y. *et al.* Effects of mango peel powder on starch digestion and quality characteristics of bread. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 140, p. 647 - 652, 2019.

CORNEJO, F. E. P.; NOGUEIRA, R. I.; WILBERG, V. C. **Secagem e desidratação**. Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/tecnologia-de-alimentos/processos/tipos-de-processos/secagem-e-desidracao>. Acesso em: 21 de nov. de 2022.

COSTA, B. S. *et al.* Winemaking by-products as a source of phenolic compounds: comparative study of dehydration processes. **LWT Food Science and Technology**, v. 165, 2022.

COSTA, L. O. *et al.* Stability and microstructure of powdered pulp of the Palmer mango obtained by the process of lyophilisation. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 50, n. 2, p. 251- 258, 2019.

COSTA, J. G.; SANTOS, C. A. F. **Cultivares**. Embrapa Semiárido, 2004. Disponível em: [http://www.cpatia.embrapa.br:8080/sistema\\_producao/spmanga/cultivares.html](http://www.cpatia.embrapa.br:8080/sistema_producao/spmanga/cultivares.html). Acesso em: 16 de jul. 2023.

COSTA, J. G.; SANTOS, C. A. F. **Palmer**. Embrapa, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/manga/pre-producao/caracteristicas/cultivares/palmer>. Acesso em: 15 de out. 2022.

CROZIER, A.; JAGANATH, I. B.; CLIFFORF, M. Dietary phenolics: chemistry, bioavailability and effects on health. **Natural Product Reports**, v. 26, p. 1001-1043, 2009.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de alimentos de Fennema**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019.

DIAS, N. M. G. BARBOSA, R. M. S. P.; RODRIGUES, R. A. Rupturas e permanências na produção da tapioca em Parintins/AM. **Revista Eletrônica Mutações**, v. 8, n. 14, p. 355-361, 2017.

EDGER, R.; TRUSCOTT, T. G. Singlet oxygen and free radical reactions of retinoids and carotenoids: a review. **Antioxidants**, v. 7, n. 5, p. 1-16, 2018.

FERNÁNDEZ, M. L. A. *et al.* Novel approaches mediated by tailor-made green solvents for the extraction of phenolic compounds from agro-food industrial by-products. **Food Chemistry**, v. 239, p. 671-678, 2018.

FERRARI, C. C. *et al.* Evaluation of water sorption isotherm, glass transition temperature, vitamin C and color stability of mango peel powder during storage. **SN Applied Sciences**, v. 3, 2021.

FIDELIS, M. *et al.* Camu-camu seed (*Myrciaria dubia*) - From side stream to an antioxidant, antihyperglycemic, antiproliferative, antimicrobial, antihemolytic, anti-inflammatory, and antihypertensive ingredient. **Food Chemistry**, v. 25, 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Major Tropical Fruits** – Preliminary results 2021. Roma: FAO, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cb9412en/cb9412en.pdf>. Acesso em: 12 de jan. 2023.

FRASER, P. D.; BRAMLEY, P. M. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. **Progress in Lipid Research**, v. 43, n. 3, p. 228-265, 2004.

FURLANETO, F. P. B. *et al.* Caracterização técnica e econômica da manga Tommy Atkins, **Pesquisa e Tecnologia**, v. 12, n. 2, 2015.

GAO, Y. *et al.* Impacto of thermal processing on dietary flavonoids. **Current Opinion in Food Science**, v. 48, 2022.

GOMES, C. C. F. **Caracterização química do extrato de manga cv. Tommy Atkins e avaliação do seu efeito biológico em modelo de lesão gástrica induzida do naproxeno**. Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Departamento de Tecnologia dos Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

GONÇALVES, J. *et al.* Compostos bioativos em flores comestíveis. **Biológicas & Saúde**, v. 9, n. 29, p. 11 - 20, 2019.

GUPTA, A. K. *et al.* A review on valorization of different byproducts of mango (*Mangifera indica* L.) for functional food and human health. **Food Bioscience**, v. 48, 2022.

GURAK, P. D. *et al.* Improvement of phytochemicals compounds content in mango jelly with the incorporation of products generated in the Pulp processing. **International Food Research Journal**, v. 25, n. 2, 2018.

HUNG, P. V. Phenolic compounds of cereals and their antioxidant capacity. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 56, n. 1, p. 25-35, 2016.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal**: SIDRA Sistema IBGE de recuperação automática. Rio de Janeiro, 2021.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: IAL, 2008.

JAHURUL, M. H. A. *et al.* Mango (*Mangifera indica* L.) by-products and their valuable components: a review. **Food Chemistry**, v. 183, p. 173-180, 2015.

JALGAONKAN, K.; JHA, S. K.; MAHAWAR, M. K. Influence of incorporating defatted flour, carrot powder, mango peel powder, and moringa leaves powder on quality

characteristics of wheat semolina-pearl millet pasta. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 42, n. 4, p. 13575, 2018.

JABIN, T. *et al.* Effect of gamma irradiation on the chemical composition, antioxidante activity, antibacterial activity, shelf life, and cytotoxicity in the peels of two mango varieties grown in the Bangladesh. **Arabian Journal of Chemistry**, 2023.

JENKINS, P. J.; DONALD, A. M. Gelatinisation of starch: a combined SAXS/ WAXS/ DSC and SANS study. **Carbohydrate Research**, v. 308, p. 133-147, 1998.

JIMÉNEZ-AGUILAR, D. M.; GRUSAK, M. A. Minerals, vitamin C, phenolics, flavonoids and antioxidant activity of Amaranthus leafy vegetables. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 58, p. 33-39, 2017.

JOHNSON, E. J. Role of lutein and zeaxanthin in visual and cognitive function throughout the lifespan, **Nutrition Reviews**, v. 72, n. 9, p. 605 – 612, 2014.

KAMILOGLU, S. *et al.* A review on the effect of drying on antioxidant potential of fruits and vegetables. **Critical Reviews In Food Science And Nutrition**, v. 56, p. 110-129, 2015.

KAUR, B.; SRIVASTAV, P. P. Effect of cryogenic grinding on chemical and morphological characteristic of mango (*Mangifera indica* L.) peel powder. **Journal of Food Processing and Preservation**. 2018.

KIRBAS, Z. *et al.* Effects of apple, Orange and carrot pomace powders on gluten-free bater rheology and cake properties. **Journal of Food Science and Techonology**, v. 56, p. 914-926, 2019.

KIST, B. B.; CARVALHO. C.; BELING, R. R. **Anuário Brasileiro de Horti&Fruti 2022**. Santa Cruz do Sul: Gazeta, 2022. Disponível em: [https://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2022/04/HORTIFRUTI\\_2022.pdf](https://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2022/04/HORTIFRUTI_2022.pdf). Acesso em: 16 de jan. 2023.

KUBO, D. T.; GERALDINI, F. **Mangueira (*Anacardiaceae*) da variedade Palmer**. 2021. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/manga-cepea-palmer-se-valoriza-no-vale.aspx>. Acesso em: 24 de mar. 2023.

KUMARI, B. *et al.* Ultrasound-assisted extraction of polyphenols from potato peels: profiling and kinetic modelling. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 52, p. 1432 - 1439, 2017.

LEBAKA, V. R. *et al.* Nutritional composition and bioactive compounds in three different parts of mango fruit. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 2, p. 1 - 20, 2021.

LEONG, Y. K.; CHANG, J. S. Valorization of fruit wastes for circular bioeconomy: Current advances, challenges and opportunities. **Bioresource Technology**, v. 259, 2022.

LI, J. *et al.* Impacts of thermal and non-thermal processing on structure and functionality of pectin in fruit and vegetables based products: A review. **Carbohydrate Polymers**, v. 250, 2020.

LÓPEZ-COBO, A. *et al.* Use of HPLC- and GC-QTOF to determine hydrophilic and lipophilic phenols in mango fruit (*Mangifera indica* L.) and its by-products. **Food Research International**, v. 100, p. 423 - 434, 2017.

LOURENÇO, S. C. *et al.* Microencapsulation of pineapple peel extract by spray drying using maltodextrin, inulin, and arabic gum as wall matrices. **Foods**, v. 9, n. 718, 2020.

LUSTOSA, R. L. T. A nova onda da tapioca: versões da tapioca no mercado fitness e gourmet. *In*: SIQUEIRA, A. M. O (org.). **Tapioca: Tradição da raiz ao paladar**. Recife: Micélio, 2021, p. 40-49. Disponível em: <https://www.ufrpe.br/sites/www.ufrpe.br/files/TapiocalSBN.pdf>. Acesso em: 10 de nov. 2021.

MACHADO, A. V.; ARAÚJO, F. M. M. C.; PEREIRA J. Caracterização física, química e tecnológica do polvilho azedo. **Revista Verde**, v.5, n.3, p. 01 – 06, 2010.

MAHAN, L. K.; RAYMOND, J. L. **Krause: Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 14. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

MALDONADO-CELIS, M. E. *et al.* Chemical composition of mango (*Mangifera indica* L.) fruit: Nutritional and phytochemical compounds. **Frontiers of Plant Science**, v. 10, 2019.

MANACH, C. *et al.* Polyphenols: food sources and bioavailability. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 79, n. 5, p. 727-747, 2004.

MANGA CLARA. **Ficha técnica para a avaliação de frutos da cultura da manga**. 2020. Disponível em: <https://mangaclara.com.br/wp-content/uploads/2020/12/Ficha-T%C3%A9cnica-para-Avalia%C3%A7%C3%A3o-de-Frutos-da-Cultura-da-Manga.pdf>. Acesso em: 15 de jan. 2023.

MANISHA, J. *et al.* Valorisation of food industry by-product (Pineapple Pomace): a study to evaluate its effect on physicochemical and textural Properties of developed cookies. **Measurement: Food**, v. 6, 2022.

MARÇAL, S; PINTADO, M. Mango peels as food ingredient/additive: Nutritional value, processing, safety and applications. **Trends in Food Science & Technology**, v. 114, p. 472 - 489, 2021.

MARCILLO-PARA, V. *et al.* Encapsulation of bioactive compounds from fruit and vegetable by-products for food application: a review. **Trends in food science and technology**, v. 116, p. 11-23, 2021.

MARTINS, F. P. *et al.* Secagem: uma revisão. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 6, n. 4, 2020.

MARSIGLIA, W. I. M. L. *et al.* Thermal stability of total phenolic compounds and antioxidant activities of jaboticaba peel: Effect of solvents and extraction methods. **Journal of the Indian Chemical Society**, v. 10, 2023.

MATHARU, A. S.; MELO, E.; HOUGHTON, J. A. Opportunity for high value-added chemicals from food supply chain wastes. **Bioresource Technology**, v. 215, p. 123-130, 2016.

MAYA-CANO, D. A.; ARANGO-VARELA, S.; SANTA-GONZALEZ, G. A. Phenolic compounds of blueberries (*Vaccinium spp*) as a protective strategy against skin cell damage induced by ROS: A review of antioxidant potential and antiproliferative capacity. **Heliyon**, v. 7, n. 2, 2021.

MAYO-MAYO, G. *et al.* Addition of roselle and mango peel powder in tortilla chips: a strategy for increasing their functionality. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 14, p. 1511-1519, 2020.

MEDEIROS, V. P. B. *et al.* Exploiting the use of agro-industries residues from fruit and vegetables as alternative microalgae culture medium. **Food Research International**, v. 137, 2020.

MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A. J. *et al.* Comprehensive review on carotenoid composition: Transformations during processing and storage of foods. **Food Research International**, v. 160, 2023.

MELO, T. C. B. *et al.* Os benefícios do aproveitamento integral dos alimentos em uma Unidade de Alimentação e Nutrição. **Nutrição Brasil**, v. 17, n. 2, p. 114-121, 2018.

MERCADANTE, A. Z. *et al.* Carotenoid esters in food – A review and practical directions on analysis and occurrence. **Food Research International**, v. 99, p. 830-850, 2017.

MESQUITA, S. S.; TEXEIRA, C. M. L. L.; SERVULO, E. F.C. Carotenoides: propriedades, aplicações e mercado. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 2, p. 672-688, 2017.

MINHAS, A. **Production volume of mango across India from financial year 2012 to 2021, with an estimate for 2022**. 2022. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1039683/india-production-volume-of-mango/>. Acesso em: 21 de dez. 2022.

MONACO, K. A. **Influência da sanitização e do armazenamento nos compostos bioativos de manga 'palmer' *in natura* e processada**. 2015. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade estadual paulista "Júlio de Mesquita Filho", São Paulo, 2015.

MORAIS, J. S. *et al.* Antioxidant activity and bioaccessibility of phenolic compounds in white, red, blue, purple, yellow and orange edible flowers through a simulated intestinal barrier. **Food Research International**, v. 131, p. 109046, 2020.

MOUCO, M. A. C. *et al.* **Recomendações práticas para a produção de manga nas áreas do projeto Lagos do São Francisco**. 1. ed. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2021. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1138583/1/Recomendacoes-praticas-para-2021.pdf>. Acesso em: 20 de dez. 2022.

MOUCO, M. A. C.; LIMA NETO, F. P. L. **A mangueira do vale do São Francisco. 2016**. Disponível em: <https://www.todafruta.com.br/wpcontent/uploads/2018/06/MANGA.pdf>. Acesso em: 05 de jan. 2022.

OLIVEIRA, A. R. D. *et al.* **Cultivo da mangueira**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2004.

OLIVER-SIMANCAS, R. *et al.* Viability of pre-treatment drying methods on mango peel by-products to preserve flavouring active compounds for its revalorisation. **Journal of Food Engineering**, v. 270, 2020a.

OLIVER-SIMANCAS, R. *et al.* Mango by-products as a natural source of valuable odor-active compounds. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 100, n. 13, p. 4688-4695, 2020b.

OZBUN, T. **Mango production in Brazil from 2013 to 2021**. 2022. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/1078330/production-value-mango-brazil/>. Acesso em: 05 de jan. 2022.

PARENTE, G. D. L. *et al.* Fortification of traditional tapioca “pancakes” from the Brazilian northeast with microencapsulated carrot carotenoid. **LWT Food Science and Technology**, v. 152, 2021a.

PARENTE, G. D. L. *et al.* Observations on the formation and textural Properties of “tapiocas”, a traditional cassava-based food from the Northeast of Brazil. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 26, 2021b.

PEREIRA, R. C.; ANGELIS-PEREIRA, M. C. **Compostos fenólicos na saúde humana: do alimento ao organismo**. 1. ed. Lavras: UFLA, 2014.

PERÉZ, CHABELA, M. D. L. *et al.* Mango peel flour and potato peel flour as bioactive ingredients in the formulation of functional yogurt. **Food Science and Technology**, 2021.

PHJIMULYANI, D. *et al.* The effect of blanching on antioxidant activity and glycosides of white saffron (*Curcuma mangga* Val.). **International Food Research Journal**, v. 19, p. 617 - 621, 2012.

PICANÇO, M. N. B. Comida, consumo e identidade: notas etnográficas por entre os processos migratórios da mandioca do contexto brasileiro e paraense ao contexto europeu. **Mosaico**, v. 81, n. 13, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.12660/rm.v8n13.2017.70658>. Acesso em: 21 de jan. 2023.

RANGANATH, K. G. *et al.* Profiling of anthocyanins and carotenoids in fruit peel of different colored mango cultivars. **Journal of Food Science & Technology**, v. 55, n. 11, p. 4566 - 4577, 2018.

REZENDE, Y. R. R. S.; NOGUEIRA, J. P.; NARAIN, N. Comparison and optimization of conventional and ultrasound assisted extractor for bioactive compounds and antioxidante activity from agro-industrial acerola (*Malpighia emarginata* DC) residue. **LWT Food Science and Technology**, v. 85, p. 158-169, 2017.

RIFNA, E. J.; MISRA, N. N.; DWIVEDI, M. Recent advances in extraction Technologies for recovery of bioactive compounds derived from fruit and vegetable waste peels: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 63, n. 6, p. 719-752, 2021.

ROCHA, N. S. **Desenvolvimento de massa alimentícia seca sem glúten à base de amido da semente de jaca (*Artocarpus heterophyllus* L.)**. 2020. Dissertação (Mestrado em Nutrição), Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Nutrição, Recife, 2020.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. International Life Science Institute. Washington: Institute Press, 1999.

SÁNCHEZ-CAMARGO, A. P. *et al.* Valorisation of mango peel: Proximate composition, supercritical fluid extraction of carotenoids, and application as an antioxidant additive for an edible oil. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 152, 2019.

SANTOS, D; SILVA, J. A. L.; PINTADO, M. Fruit and vegetables by-products' flours as ingredients: A review production process, health benefits and technological functionalities. **LWT Food Science and Technology**, v. 154, 2022.

SANTOS, I. L. *et al.* Evaluation of extruded corn breakfast enriched with Whole peach palm (*Bactris gasipaes*, Kunth) flour. **Food Science and Technology**, v. 40, n. 2, p. 458-464, 2020.

SARMENTO, S. B. S. Legislação brasileira para derivados de mandioca. **Revista Raízes e Amidos**, v. 6, p. 99-119, 2010.

SEREGELJ, V. *et al.* New concept of fortified yogurt formulation with encapsulate carrot waste extract. **LWT Food Science and Technology**, v. 138, 2021.

SENAR- SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL. **Agroindústria: produção de derivados da mandioca**. Brasília: SANAR, 2018. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/214-AGROINDUSTRIA.pdf>. Acesso em: 10 de jan. 2023.

SHAHBANDEH, M. **Global fruit production in 2021, by selected variety**. 2023. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/264001/worldwide-production-of-fruit-by-variety/>. Acesso em: 22 de jan. 2023.

SHAHIDI, F.; AMBIGAIPALAN, P. Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidante activity and health effects – a Review. **Journal of Fuctional Foods**, v. 18, p. 820 – 897, 2015.

SILVA, N. *et al.* **Manual de métodos de análises microbiológicas de alimentos e água**. 4. ed. São Paulo: Varela, 2010.

SILVA, P. A. *et al.* Development and characterization of tapioca flour obtained from cassava starches cultivated in the Northeast of Pará. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, 2020.

SILVA, P. B.; DUARTE, C. R.; BARROZO, M. A. S. Dehydration of acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) residue in a new designed rotary dryer: Effect of process variables on main bioactive compounds. **Food and Bioproducts Processing**, v. 98, p. 62–70, 2016.

SILVA, V. *et al.* Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activity of phenolic compounds extracted from wine industry by-products. **Food Control**, v. 92, p. 516-522, 2018.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; RAVENTÓS, R. M. L. Analysis of total phenols and oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, v. 299, p. 152-178, 1999.

SISSOKO, M. N. *et al.* Técnicas gastronômicas aplicadas à tapioca. *In*: SIQUEIRA, A. M. O. **Tapioca: Tradição da raiz ao paladar**. Recife: Micélio, 2021, p. 40-49.

SOLANGI, N. H. *et al.* Development of fruit derived bio-adsorbents for wastewater treatment: A review. **Journal of Hazardous Materials**, v. 416, 2021.

SONG, J. *et al.* Thermal Isomerization and Degradation Behaviours of Carotenoids in Simulated Sweet Corn Juice. **Food and Bioprocess Technology**, v. 11, n. 4, p. 836 – 844, 2018.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Artmed, 2017.

TROIANI, C. A. L. *et al.* Drum-drying of mango peel and characterization of different varieties. **Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**, v. 26, n. 7, p. 547-554, 2022.

VAUZOR, D. *et al.* Polyphenols and human health: prevention of disease and mechanisms of action. **Nutrients**, v. 1, n. 11, p. 1106-1131, 2010.

VERMA, R. *et al.* Evaluation of physicochemical and flow Properties of cassava flour. **The Pharma Innovation Journal**, v. 11, n. 5, p. 190-196, 2022.

VILAS-BOAS, A. A. *et al.* Case study 1: fruit and vegetable waste valorization – world scenario. *In: MANDAVGANE, S. A. et al. Fruit and vegetables waste utilization and sustainability*. 1. ed. United Kingdom: Academic Press, 2023, p. 229-251.

VITHANA, M. D. K.; SINGH, Z.; JOHNSON, S. K. Harvest maturity stage affects the concentrations of health-promoting compounds: Lupeol, mangiferin and phenolic acids in the pulp and peel of ripe 'Kensington Pride' mango fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 243, p. 125 - 130, 2019.

WALL-MEDRANO, A. *et al.* Health benefits of mango by-products. *In: CAMPOS-VEGA, B.; OOMAH, B. D.; VERGARA-CASTAÑEDA, H. A (Org.). Food Waste and by Products: Nutraceutical and health potential*. John Wiley and Sons, 2020, p. 159 -191.

WANG, X. *et al.* Effect of vacuum and ethanol pretreatment on infrared-hot air drying of scallion (*Allium fistulosum*). **Food Chemistry**, v. 295, p. 432-440, 2019.

WOJDYLO, A. *et al.* Chemical composition, antioxidant capacity, and sensory quality of dried jujube fruits as affected by cultivar and drying method. **Food Chemistry**, v. 207, p. 170-179, 2016.

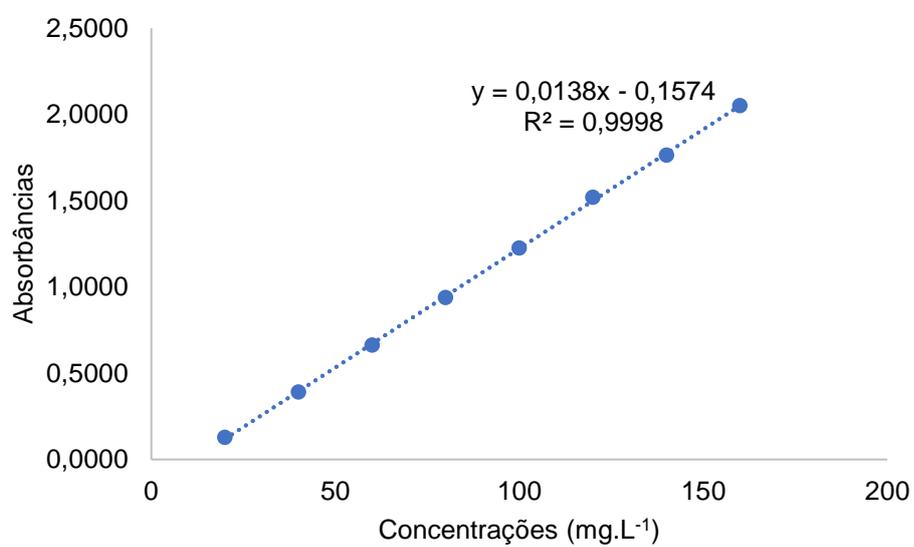
YAO, L. *et al.* Effect of diferente pretreatments followed by hot-air and far-infrared drying on the bioactive compounds, physicochemical property and microstructure of mango slices. **Food Chemistry**, v. 305, 2020.

YAMATO, M. A. C. *et al.* Stability of mango flakes obtained by drum drying with different aditives. **Drying Technology**, 2019.

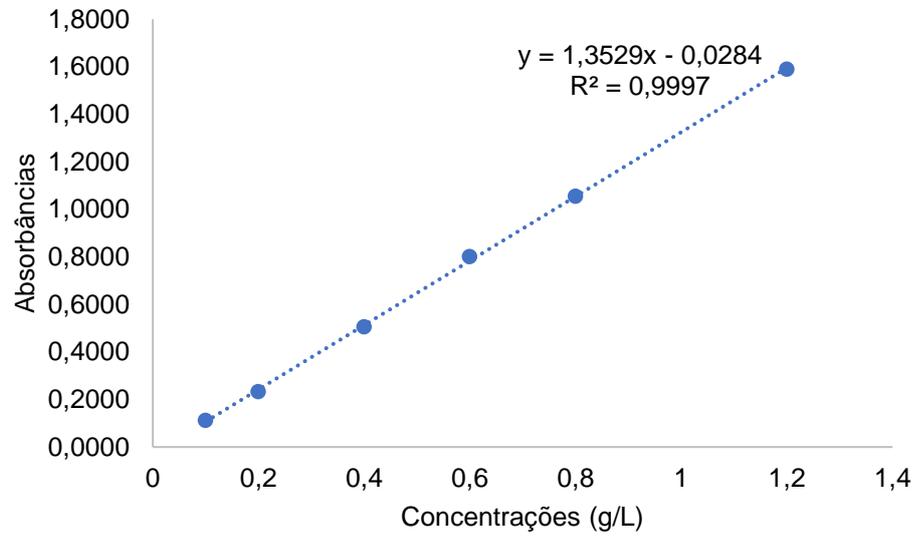
ZHAO, C. C. *et al.* Effects of various drying conditions and methods on drying kinetics and retention of bioactive compounds in sliced persimmon. **LWT Food and Technology**, v. 143, 2021.

ZHANG, Y. *et al.* The degradation rules of anthocyanins from eggplant peel and antioxidant capacity in fortified model food system during the thermal treatments. **Food Bioscience**, v. 38, 2020.

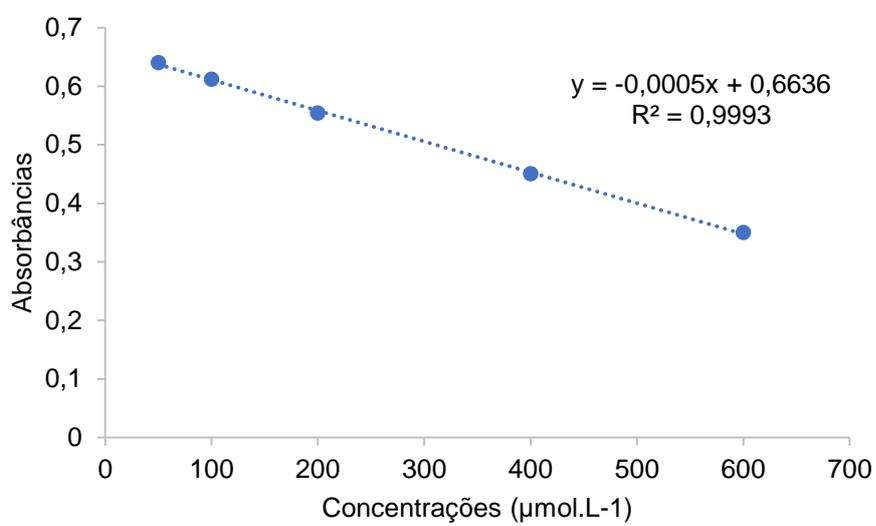
ZLATANOVIC, S. *et al.* Functionality and Storability of Cookies Fortified at the Industrial Scale with up to 75% of Apple Pomace Flour Produced by Dehydration. **Foods**, v. 8, n. 11, p. 1- 16, 2019.

**APÊNDICE A – CURVA ANALÍTICA DE ÁCIDO GÁLICO**

Fonte: A autora (2023).

**APÊNDICE B – CURVA ANALÍTICA DE QUERCETINA**

Fonte: A autora (2023).

**APÊNDICE C – CURVA ANALÍTICA DE TROLOX**

Fonte: A autora (2023).

## ANEXO A – ESTÁGIO DE MATURAÇÃO DA MANGA IN NATURA

DEFEITOS LEVES			
DEFEITO	P	E	C
Dano Superficial	10%	15%	20%
Mancha Leve			
Sujidades			
Mancha Cal			



Fonte: Manga Clara (2020).