

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LUIZA SOUSA DE CASTRO

**EXTRAÇÃO, PROPRIEDADES FUNCIONAIS E APLICAÇÃO TECNOLÓGICA DA
MUCILAGEM DA *Talinum paniculatum* (JACQ.) GAERTN**

MEDIANEIRA

2024

LUIZA SOUSA DE CASTRO

**EXTRAÇÃO, PROPRIEDADES FUNCIONAIS E APLICAÇÃO TECNOLÓGICA DA
MUCILAGEM DA *Talinum paniculatum* (JACQ.) GAERTN**

**Extraction, functional properties, and technological application of *Talinum
paniculatum* (Jacq.) Gaertn mucilage**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos do Programa de Mestrado em Tecnologia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Dra. Cristiane Canan

MEDIANEIRA

2024



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Medianeira**



LUIZA SOUSA DE CASTRO

**EXTRAÇÃO, PROPRIEDADES FUNCIONAIS E APLICAÇÃO TECNOLÓGICA DA MUCILAGEM DA TALINUM
PANICULATUM (JACQ.) GAERTN**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Tecnologia De Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Tecnologia De Alimentos.

Data de aprovação: 03 de Julho de 2024

Dra. Cristiane Canan, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Gislaíne Silveira Simoes, Doutorado - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná (Ifpr)

Dra. Marínes Paula Corso, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 04/07/2024.

Dedico este trabalho a todas as pessoas que acreditam na importância da educação e colaboram para que a sociedade possa desfrutar de acesso LIVRE e GRATUITO a ela.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Altíssimo detentor de todo poder e glória, que segurou minha mão em todos os momentos, afastou todo o mal, me fez persistir em continuar na minha caminhada, até mesmo quando eu achava que não seria mais possível.

Agradeço a minha orientadora Cristiane Canan por me inserir neste meio científico e me agregar muito conhecimento, agradeço pelas palavras de apoio em momentos difíceis e toda nossa vivência.

A meu querido Juan Nascimento, por me ajudar a colher todas as raízes desse projeto, por compreender todos os momentos de ausência e me acalantar sempre que precisei, obrigada meu amor!

Aos meus pais Elza e Nelson pilares da minha motivação, que me incentivaram desde cedo a buscar conhecimento e caminhar para o sucesso pessoal e profissional. A vocês quero sempre preencher de afeto e orgulho, obrigada por me guiarem em meu caminho.

Às minhas amigas de São Paulo, Dani e Aline, por não esquecerem de mim, mesmo com a distância e ausência, toda vez que se encontramos é uma alegria, como se tivéssemos juntas sempre.

Agradeço aos meus amigos da universidade desde meu início na UTFPR, alguns foram outros ficaram, mas todos foram essenciais. Destaco pessoas iluminadas como Carol Marcon, Luci Ogava e *Teacher* Joyce que me ofereceram muito apoio durante minha trajetória do mestrado. A todo grupo de pesquisa da prof^a Cris: Lu, Lali, Thi, Adry, Gean, Daneysa e todos os “agregados”, vocês são incríveis.

Ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos (PPGTA – UTFPR), pela oportunidade e ao corpo docente por todo conhecimento passado, que puderam enriquecer os meus estudos e a minha vida de acadêmica, assim como a Central Analítica Multiusuário de Medianeira (CEANMED – UTFPR), por toda estrutura física disponibilizada para realização deste projeto.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), PDPG-Consolidação 3-4, pela bolsa de Mestrado. Este trabalho foi apoiado também pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e pela UTFPR.

Meus sinceros agradecimentos e reconhecimento a cada um de vocês!

*Metade de mim agora é assim,
de um lado a poesia, o verbo, a saudade.
Do outro a luta, a força e a coragem
para chegar no fim.
E o fim é belo, incerto.
Depende de como você vê!”*
O Anjo Mais Velho – O Teatro Mágico
(ANITELLI; FERNANDO, 2003).

RESUMO

O Brasil, país com a maior biodiversidade do mundo, ainda explora de forma limitada seu vasto potencial, especialmente na área de aditivos alimentares naturais, fundamentais para a produção de alimentos mais saudáveis. A preocupação crescente com os riscos à saúde associados ao consumo excessivo de fosfatos tem estimulado a busca por alternativas naturais para substituir esses aditivos em produtos cárneos. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo extrair e caracterizar a mucilagem das raízes da planta alimentícia não convencional (PANC) *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn e avaliar sua viabilidade como substituta do tripolifosfato de sódio em emulsões cárneas. A extração da mucilagem foi realizada por meio de trituração das raízes, seguida por hidratação com água e centrifugação, com posterior secagem em estufa ou liofilização. A mucilagem obtida foi submetida a uma caracterização química abrangente, incluindo o perfil de aminoácidos e a determinação de carboidratos, além da avaliação de suas propriedades biológicas, como atividade antimicrobiana e antioxidante. As propriedades funcionais, como capacidade emulsificante, estabilidade de emulsão, capacidade de formação e estabilidade de espuma, solubilidade, capacidade de retenção de água e comportamento reológico, também foram investigadas. As propriedades térmicas da mucilagem foram analisadas pelas técnicas de calorimetria diferencial de varredura (DSC), termogravimetria (TG) e espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR). O processo de liofilização mostrou-se mais eficiente, resultando em um maior rendimento de mucilagem ($1,17\% \pm 0,25$), com pH de $6,32 \pm 0,03$. A análise do perfil químico revelou escores abaixo de 1,0 para todos os aminoácidos, com o maior nível apresentado pelo triptofano (0,40), além de um elevado teor de glicose total. No entanto, as atividades antimicrobiana e antioxidante não apresentaram resultados significativos ($p > 0,05$) nas condições avaliadas. Em termos de funcionalidade, a mucilagem demonstrou excelente capacidade emulsificante e estabilidade de emulsão (93,75%), alta capacidade de formação e estabilidade de espuma em diferentes pHs e uma boa capacidade de retenção de água ($288,94 \pm 27,39$ g água/g mucilagem). A estabilidade térmica da mucilagem foi confirmada pelas análises de DSC e TG. Quando aplicada em emulsões cárneas, não alterou significativamente ($p > 0,05$) a dureza e elasticidade das emulsões. Entretanto, observou-se uma redução na mastigabilidade e gomosidade, além de uma menor força de cisalhamento, resultando em uma textura mais macia. As emulsões com mucilagem apresentaram um valor de L^* inferior (indicando coloração mais escura) em comparação às formulações com tripolifosfato de sódio, sem alterações significativas nos valores de a^* (vermelho/verde) e b^* (amarelo/azul). Conclui-se que a mucilagem de *T. paniculatum* apresenta propriedades funcionais promissoras para a substituição do tripolifosfato de sódio em emulsões cárneas, mantendo as características sensoriais desejáveis do produto final. Essa substituição contribui para a produção de alimentos potencialmente mais saudáveis, alinhados às demandas atuais por produtos alimentícios com aditivos naturais e menos processados. Assim, a exploração da biodiversidade brasileira, por meio do uso de PANC como *T. paniculatum*, pode oferecer alternativas sustentáveis e inovadoras para a indústria alimentícia.

Palavras-chave: aditivos naturais; propriedades funcionais; indústria de alimentos.

ABSTRACT

Brazil, the country with the highest biodiversity in the world, still exploits its vast potential in a limited way, especially in the area of natural food additives, fundamental for the production of healthier foods. The growing concern about health risks associated with excessive consumption of phosphates has stimulated the search for natural alternatives to replace these additives in meat products. In this context, this study aimed to extract and characterize the mucilage of the roots of the unconventional food plant (UFP) *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn and evaluate its viability as a substitute for sodium tripolyphosphate in skin emulsions. The mucilage extraction was carried out by crushing the roots, followed by hydration with water and centrifugation, with subsequent drying in an oven or lyophilization. The mucilage obtained was subjected to a comprehensive chemical characterization, including the amino acid profile and carbohydrate determination, as well as the evaluation of its biological properties, such as antimicrobial and antioxidant activity. Functional properties such as emulsifying capacity, emulsion stability, foaming ability and stability, solubility, water retention capacity and rheological behavior were also investigated. The thermal properties of the mucilage were analyzed by differential scanning calorimetry (DSC), thermogravimetry (TG) and infrared spectroscopy with Fourier transform (FTIR). The lyophilization process was more efficient, resulting in a higher mucilage yield (1.17% 0.25), with pH of 6.32 0.03. The chemical profile analysis revealed scores below 1.0 for all amino acids, with the highest level presented by tryptophan (0.40), in addition to a high total glucose content. However, antimicrobial and antioxidant activities did not show significant results ($p>0.05$) in the evaluated conditions. In terms of functionality, the mucilage demonstrated excellent emulsifying capacity and emulsion stability (93.75%), high formation capacity and foam stability at different pH levels and good water retention capacity (288.94 27.39 g water/g mucilage). The thermal stability of the mucilage was confirmed by DSC and TG analysis. When applied in skin emulsions, it did not significantly alter ($p>0.05$) the hardness and elasticity of the emulsions. However, there was a reduction in chewing and gum, as well as a lower shear force, resulting in a softer texture. The mucilage emulsions presented a lower L^* value (indicating darker color) compared to formulations with sodium tripolyphosphate, without significant changes in the values of a^* (red/green) and b^* (yellow/blue). It is concluded that the mucilage of *T. paniculatum* presents promising functional properties for the substitution of sodium tripolyphosphate in meat emulsions, maintaining the desirable sensory characteristics of the final product. This substitution contributes to the production of potentially healthier foods, aligned with current demands for food products with natural and less processed additives. Thus, the exploitation of Brazilian biodiversity through the use of UFP as *T. paniculatum* can offer sustainable and innovative alternatives for the food industry.

Keywords: natural additives; functional properties; food industry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Técnicas de extração de mucilagem	18
Figura 2 – Ilustração da estrutura química das principais frações polissacarídicas da mucilagem de plantas	19
Figura 3 - <i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn planta inteira (a) e raízes (b)	22
Figura 4 – Processo de extração da mucilagem das raízes da <i>T. paniculatum</i> .	30
Figura 5 – Mucilagens após o método de secagem a) liofilizador e b) estufa convencional	43
Figura 6 – Microscopia da emulsão da mucilagem raiz.....	52
Figura 7 – Maturação de Ostwald	53
Figura 8 – Ensaio de estabilidade de emulsão	54
Figura 9 – Superfície de resposta da análise de estabilidade emulsão	55
Figura 10 - Formação de espuma mucilagem raiz.....	56
Figura 11 – (A) Gráfico da viscosidade aparente versus taxa de cisalhamento e (B) reograma.....	59
Figura 12 – Termograma TGA/DSC da mucilagem da raiz <i>T. paniculatum</i>	60
Figura 13 – Espectros de FTIR da mucilagem em pó da raiz da <i>T. paniculatum</i>	61
Figura 14 – Formulações das emulsões antes e após cozimento	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição de nutrientes das folhas <i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn.....	23
Tabela 2 - Matriz dos ensaios do Planejamento Fatorial Completo (2 ²) com as variáveis independentes.....	36
Tabela 3 – Formulações de emulsões cárneas com mucilagem da raiz <i>Talinum paniculatum</i>	40
Tabela 4 – Rendimento das mucilagens obtidas de raízes de <i>T. paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn	44
Tabela 5 - Escore químico da mucilagem extraída da raiz <i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn	46
Tabela 6 - Perfil de aminoácidos mucilagem extraída da raiz da <i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn obtido no experimento, comparado aos padrões da mucilagem de taro, mucilagem de ora-pro-nóbis, proteína isolada de soja e albumina sérica bovina.....	47
Tabela 7 – Perfil de carboidratos da mucilagem extraída da raiz da <i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn obtido no experimento, comparado aos padrões da mucilagem de linhaça, mucilagem de chia e mucilagem de cacto <i>P. gounellei</i>	48
Tabela 8 – Atividade antimicrobiana da mucilagem da raiz de <i>Talinum paniculatum</i>	49
Tabela 9 – Atividade antioxidante das mucilagens da <i>Talinum paniculatum</i>	50
Tabela 10 – Estabilidade da emulsão em função das proporções de óleo e água	54
Tabela 11 – Análise de Variância (ANOVA) da Estabilidade de Emulsão.....	55
Tabela 12 – Capacidade de Formação de Espuma da mucilagem de <i>Talinum paniculatum</i> em diferentes pH	56
Tabela 13 – Capacidade de Estabilidade de Espuma da mucilagem da raiz de <i>Talinum paniculatum</i> em diferentes pH e tempos	57
Tabela 14 – Solubilidade e Capacidade de Retenção de Água (CRA) da mucilagem de <i>Talinum paniculatum</i>	58
Tabela 15 – Parâmetros de cor e pH de emulsões cárneas com diferentes formulações antes e depois do cozimento	63
Tabela 16 – Porcentagem da perda de cozimento, Capacidade de Retenção de Água e Atividade de Água das emulsões cozidas.	64
Tabela 17 – Avaliação de atributos das emulsões cárneas elaboradas com mucilagem da raiz <i>T. paniculatum</i>	65

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVO	15
2.1	Objetivos Geral	15
2.2	Objetivos Específicos	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1	Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC)	16
3.1.1	Mucilagens	18
3.1.2	Aplicações em alimentos	20
3.1.3	Propriedades bioativas	21
3.2	<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn	21
3.2.1	Consumo na alimentação	23
3.2.2	Aplicações em uso medicinal	24
3.3	Saudabilidade com foco na alimentação	25
3.3.1	Substituição de aditivos alimentares	27
4	METODOLOGIA	29
4.1	Material	29
4.2	Obtenção da mucilagem	29
4.2.1	Procedimento	29
4.2.2	Secagem em estufa.....	30
4.2.3	Rendimento e pH.....	31
4.3	Avaliação de composição química	31
4.3.1	Determinação do perfil de aminoácidos	31
4.3.2	Determinação de carboidratos	32
4.4	Determinação das propriedades biológicas	32
4.4.1	Propriedade antimicrobiana.....	32
4.4.1.1	Método colorimétrico	33
4.4.1.2	Método de difusão em disco.....	33
4.4.2	Propriedade antioxidante.....	33
4.4.2.1	ABTS + (Sequestro do Cátion Radical 2,2'-Azino-bis-3-Etilbenzotiazolina-6-Ácido Sulfônico)	33
4.4.2.2	Determinação do poder antioxidante redutor do ferro (FRAP)	34
4.4.2.3	DPPH (captura do radical livre 2,2- difenil-1-picril-hidrazil)	35
4.4.2.4	Determinação de fenólicos totais	35

4.5	Avaliação tecnológica das propriedades funcionais	35
4.5.1	Capacidade emulsificante	35
4.5.2	Estabilidade de emulsão	36
4.5.3	Capacidade de formação e estabilidade de espuma.....	37
4.5.4	Solubilidade.....	37
4.5.5	Capacidade de Retenção de Água.....	38
4.5.6	Reologia	38
4.6	Propriedades térmicas	39
4.7	Aplicação em matriz alimentar	39
4.7.1	Elaboração de emulsões cárneas	39
4.7.1.1	Avaliação de cor.....	40
4.7.1.2	Avaliação de pH	40
4.7.1.3	Perda de peso por cozimento.....	41
4.7.1.4	Capacidade de retenção de água	41
4.7.1.5	Atividade de água.....	41
4.7.1.6	Perfil de textura	41
4.8	Análise estatística	42
5	RESULTADO E DISCUSSÕES	43
5.1	Rendimento e pH	43
5.2	Composição química	45
5.2.1	Determinação de aminoácidos	45
5.2.2	Determinação de carboidratos	47
5.3	Propriedades biológicas	48
5.3.1	Antimicrobiana.....	48
5.3.2	Antioxidante.....	50
5.4	Propriedades funcionais	52
5.4.1	Capacidade emulsificante	52
5.4.2	Estabilidade de emulsão	53
5.4.3	Capacidade de formação e estabilidade de espuma.....	56
5.4.4	Solubilidade e Capacidade de Retenção de água.....	58
5.4.5	Reologia	59
5.5	Propriedades térmicas	60
5.6	Aplicação da mucilagem em emulsões cárneas	62
5.6.1	Avaliação de cor e pH	62
5.6.2	Perda de cozimento, CRA e Aw	64

5.6.3	Perfil de textura	65
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
	REFERÊNCIAS.....	68
	APÊNDICE A – OBTENÇÃO DA MUCILAGEM DA RAIZ <i>TALINUM</i>	
	<i>PANICULATUM</i>.....	79

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o país com maior biodiversidade do mundo, com uma quantidade superior a 46 mil espécies de plantas conhecidas em seu território (MMA, 2024). A não valorização desta riqueza, frequentemente negligenciada, tem implicações sérias para a saúde humana e para os ciclos ecológicos fundamentais. De acordo com o Programa das Nações Unidas para o Ambiente, estamos testemunhando uma diminuição sem precedentes da biodiversidade, com mais de 1 milhão de espécies atualmente em extinção (UNF, 2023).

O solo apresenta mais de 25% da biodiversidade do planeta e é o lar de uma variedade de vertebrados, invertebrados, vírus, bactérias, fungos e plantas, responsáveis por uma infinidade de funções e serviços ecossistêmicos vitais para todos os seres vivos e desempenha um papel central na sustentação da vida na Terra. Portanto, é fundamental adotar práticas de manejo sustentáveis e medidas de conservação para proteger e preservar a biodiversidade do solo e garantir a saúde dos ecossistemas terrestres e a segurança alimentar global (ONU, 2020).

Dentro desta rica biodiversidade, as Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) se incluem nesses dados, e essa terminologia proposta por Kinupp (2007), que, aliada aos estudos conduzidos pela comunidade científica ao longo dos últimos 15 anos, tem contribuído para a disseminação do conhecimento acerca dessas espécies (Barreira *et al.*, 2015; Milião *et al.*, 2022). Essa divulgação tem como foco não apenas seus modos de consumo, mas também seus atributos nutricionais e funcionais. No Brasil, muitas delas são apreciadas em diversas formas, como consumo *in natura*, refogadas, ou até mesmo como ingredientes em doces (EMBRAPA, 2023), no entanto, a pesquisa sobre o uso de cada PANC ainda é limitada tendo em vista a quantidade de espécies existentes.

A *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn, é uma PANC comumente conhecida como beldroegão, major-gomes ou João Gomes, é originária dos trópicos, a qual demonstra uma notável capacidade de adaptação a solos ácidos e com baixa fertilidade, confirmando sua distribuição no Brasil de norte a sul do país, em todos os domínios fitogeográficos (Hassemer, 2023). A composição química da *T. paniculatum* inclui teor significativo de proteína, destacando-se ainda, o elevado conteúdo de minerais, com ênfase nos níveis de ferro, tornando-a uma opção valiosa para consumo tanto *in natura* quanto após cozimento (Kinupp; Barros, 2008). Esta planta

pode também ser utilizada como um substituto do espinafre em diversos pratos, como tortas, sopas e cremes (EMBRAPA, 2023).

Além de suas propriedades alimentares, a *T. paniculatum* apresenta uma quantidade substancial de mucilagem, conhecida por suas características emolientes, desempenhando um papel tradicional na medicina como agente para o tratamento de inflamações e na cicatrização de feridas e cortes (Cordeiro, 2020). A mucilagem é uma substância viscosa, semelhante a muco, secretada por praticamente todas as plantas. Seus principais constituintes incluem, predominantemente, unidades de polissacarídeos, proteínas, minerais, lipídios e ácidos urônicos. Esses constituintes estão sendo investigados na aplicação da indústria alimentícia para contribuir para propriedades tecnológicas em produtos de confeitaria (pães, biscoitos, bolos), produtos lácteos fermentados (iogurte, Kefir, muçarela, requeijão) e produtos cárneos emulsionados (salsicha, mortadela) para o fim de melhorar capacidade emulsificante ou reduzir teor de gordura, como explorado por Goksen *et al.* (2023).

A utilização de aditivos naturais emergiu nas últimas décadas como uma tendência na produção de alimentos, abrangendo até mesmo os produtos cárneos como citado por Saengphol e Pirak (2018). Os autores reduziram em 80% o teor de gordura de uma emulsão elaborada com carne de frango cozido a partir do uso da mucilagem de semente de manjerição, alcançando percepção sensorial semelhante ao grupo controle. Sob o mesmo ponto de vista, no estudo conduzido por Yuncu *et al.* (2021) a mucilagem da chia foi utilizada como substituto de gordura em hambúrguer bovino, a qual contribuiu para o aumento da umidade, redução do encolhimento durante o cozimento e retardação de alterações oxidativas, sem afetar negativamente seus parâmetros de textura.

Assim, a investigação das propriedades biológicas e funcionais de diversas Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) tem revelado o potencial desses recursos como matéria-prima para a extração de compostos bioativos. Esses compostos, uma vez extraídos, podem ser incorporados em formulações alimentícias, proporcionando benefícios nutricionais e funcionais significativos. Diante desse contexto, o presente estudo propôs explorar o potencial da mucilagem extraída das raízes da PANC *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn, uma espécie comestível no Brasil, por meio de sua caracterização detalhada e análise das propriedades funcionais. Ademais, avaliou-se a viabilidade de sua aplicação como alternativa ao tripolifosfato de sódio em emulsões cárneas.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivos geral

Extrair e caracterizar a mucilagem das raízes da PANC *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn e avaliar sua viabilidade como substituto do aditivo sintético tripolifosfato de sódio em emulsões cárneas.

2.2 Objetivos específicos

- Extrair mucilagens das raízes da *T. paniculatum* por diferentes processos;
- Avaliar o rendimento e pH das mucilagens obtidas;
- Selecionar o melhor processo de extração das mucilagens;
- Avaliar a composição química quanto a determinação de aminoácidos e carboidratos;
- Avaliar o potencial antimicrobiano;
- Avaliar o potencial antioxidante;
- Caracterizar a mucilagem quanto às propriedades tecnológica-funcionais da mucilagem: capacidade emulsificante, estabilidade da emulsão, solubilidade, capacidade de formação de espuma, estabilidade espumante e retenção de água;
- Avaliar as propriedades reológicas da mucilagem após reconstituição em água;
- Avaliar as propriedades térmicas da mucilagem;
- Elaborar um sistema de emulsão cárnea cozida, com total e parcial do tripolifosfato de sódio por mucilagem;
- Realizar a medida instrumental de cor e o pH das emulsões elaboradas antes e após cozimento;
- Caracterizar as emulsões cárneas quanto à perda de cozimento, medida instrumental de textura, capacidade de retenção de água (CRA) e atividade de água.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Plantas alimentícias não convencionais (PANC)

No contexto brasileiro, a sigla PANC é uma abreviação que se refere a Plantas Alimentícias Não Convencionais. Essa terminologia foi originalmente proposta por Kinupp (2007). Por conseguinte, as Plantas Convencionais estão relacionadas com as frutas e hortaliças amplamente disponíveis em supermercados ou mercados de produtos frescos, como alface, cenoura, beterraba, maçã e banana, entre outras. No entanto, essa distinção não deve prejudicar o reconhecimento da diversidade da cultura alimentar (EMBRAPA, 2023).

Embora o termo PANC tenha sido concebido para identificar plantas subutilizadas e negligenciadas, é fundamental destacar que o próprio autor que cunhou o termo reconhece suas limitações (Kinupp *et. al.*, 2014). Ainda assim, optamos por utilizar a sigla PANC em respeito aos objetivos iniciais de sua criação e para facilitar a comunicação com os leitores que atualmente associam plantas negligenciadas a esse termo.

As PANC englobam alimentos de caráter regional incluindo plantas que geralmente possuem baixo valor econômico, mas desempenham papéis tradicionais importantes em várias comunidades. Um número considerável de espécies de PANC é caracterizado como "espontâneo", o que significa que crescem sem a intervenção humana direta, incluindo tanto espécies nativas como naturalizadas (Schneider, 2007). Essas plantas, principalmente as herbáceas, são frequentemente referidas como "inços", "fenomenais" ou "ruderais", termos que, em muitos casos, se associam a ervas daninhas (Silva; Costa; Murta, 2021).

A Cartilha das PANC do Grupo de Viveiros Comunitários (GVC) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul ressalta a importância das PANC (Kelen *et al.*, 2015), descrevendo-as como alimentos funcionais com benefícios para a saúde, incluindo exemplos como Arumbeva (*Opuntia monacantha*, *Opuntia spp.*), Buva (*Conyza bonariensis*), Capuchinha (*Tropaeolum majus*), Erva-Gorda/ Major-gomes/ carne-gorda/ beldroega-grande (*Talinum patens*), Inhame (*Colocasia esculenta*), Taioba (*Xanthosoma sagittifolium*) e outros. Esta cartilha reforça que o consumo dessas plantas pode promover a saúde, destacando a importância deste estudo.

No Brasil, diversas plantas são comercializadas como PANC, mas a influência desse rótulo na aceitação do produto ainda não é totalmente compreendida pela população em geral. Dois estudos de caso foram realizados para explorar essa relação, considerando variáveis como, o tipo de feira, familiaridade com o termo "PANC" e identificação do ingrediente. No primeiro estudo com suco de jenipapo, o rótulo PANC não afetou a avaliação sensorial. No segundo estudo com bolos de taioba, o produto rotulado como PANC foi menos aceito por alunos não familiarizados com a planta. Essas diferenças destacam a necessidade de investigações mais abrangentes sobre como o rótulo PANC influencia as avaliações sensoriais em diferentes contextos (Barbosa *et al.*, 2021).

A pesquisa de Ranieri e Zanirato (2021) destaca que o uso das PANC está relacionado principalmente a fatores socioculturais do que biológicos, alegam que a comestibilidade de uma planta não garante seu consumo, sendo esta influenciada por valores culturais, preferências de sabor e aparência. Complementam que plantas historicamente associadas à escassez não são necessariamente consumidas em tempos de abundância, o conhecimento sobre essas plantas pode estar disponível, mas o consumo está vinculado a contextos culturais específicos, além disso, os fatores emocionais e de pertencimento influenciam o consumo de certas espécies, os autores concluem sobre a importância de registrar, valorizar e divulgar o uso das PANC para preservar o conhecimento e influenciar o consumo futuro.

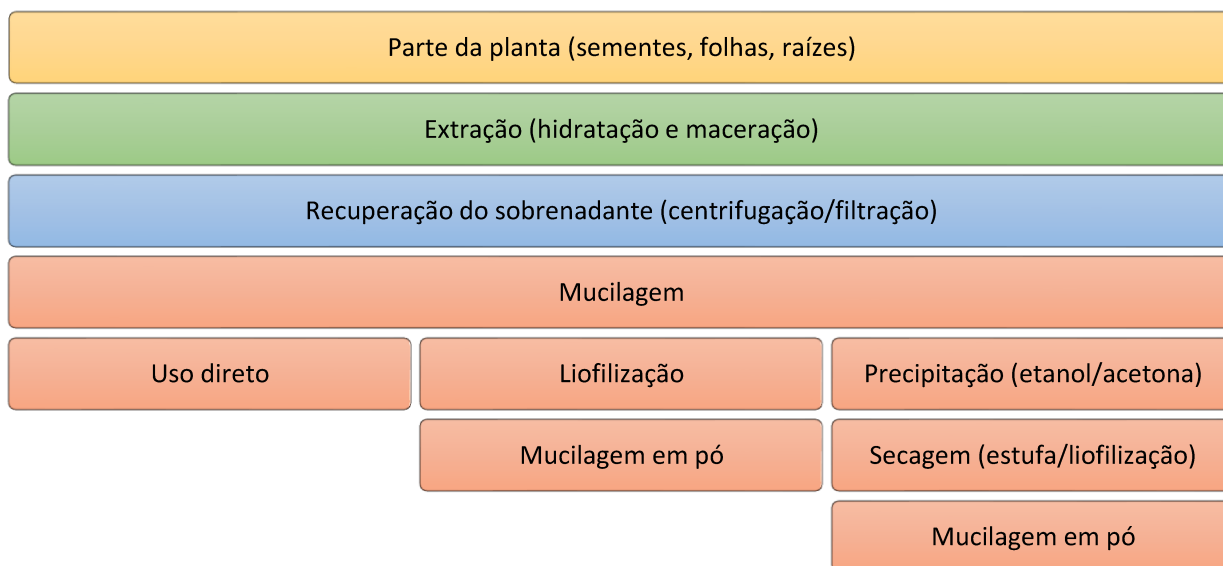
Os incentivos fiscais desempenham um papel significativo na promoção de práticas alimentares mais sustentáveis, pois são vantagens concedidas pelo Estado, por meio do sistema tributário, para estimular determinados setores da economia (IBGEM, 2023). Com este intuito, a ONU (Organização das Nações Unidas) desenvolveu uma agenda para ser cumprida até 2030 com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (ONU, 2024), em que a utilização das PANC, poderiam estar alinhadas com a ODS 2, que busca erradicar a fome e promover a agricultura sustentável e ODS 12 sobre consumo e produção responsável. Portanto, é necessário que haja uma manutenção e aumento dos investimentos em programas e pesquisas voltados para a otimização do uso da riqueza da biodiversidade brasileira (Tuler; Peixoto; Silva, 2019).

3.1.1 Mucilagens

Dentre os constituintes que podem ser obtidos de PANC, destacam-se as mucilagens, as quais são substâncias solúveis ou que absorvem água e são produzidas a partir de diferentes partes das plantas, como as folhas, sementes e/ou raízes. Geralmente formadas por polissacarídeos ou outros carboidratos complexos de estruturas longas, flexíveis e lineares, elas demonstram uma notável capacidade de absorção de água e a formação de um gel viscoso, mesmo a baixas temperaturas, tornando-as fontes valiosas de hidrocoloides (Lira *et al.*, 2023).

As variações na composição química das mucilagens podem ser atribuídas a diversos fatores. Além da influência das espécies vegetais, diferentes técnicas de extração (Figura 1), precipitação e secagem usadas na obtenção da mucilagem em pó podem causar variações significativas na sua composição. Além disso, condições climáticas, origens geográficas, modificações genéticas, ambientes ecológicos, estágios de maturação das plantas e práticas agrícolas exercem influência significativa na composição química das mucilagens (Cakmak *et al.*, 2023).

Figura 1 – Técnicas de extração de mucilagem



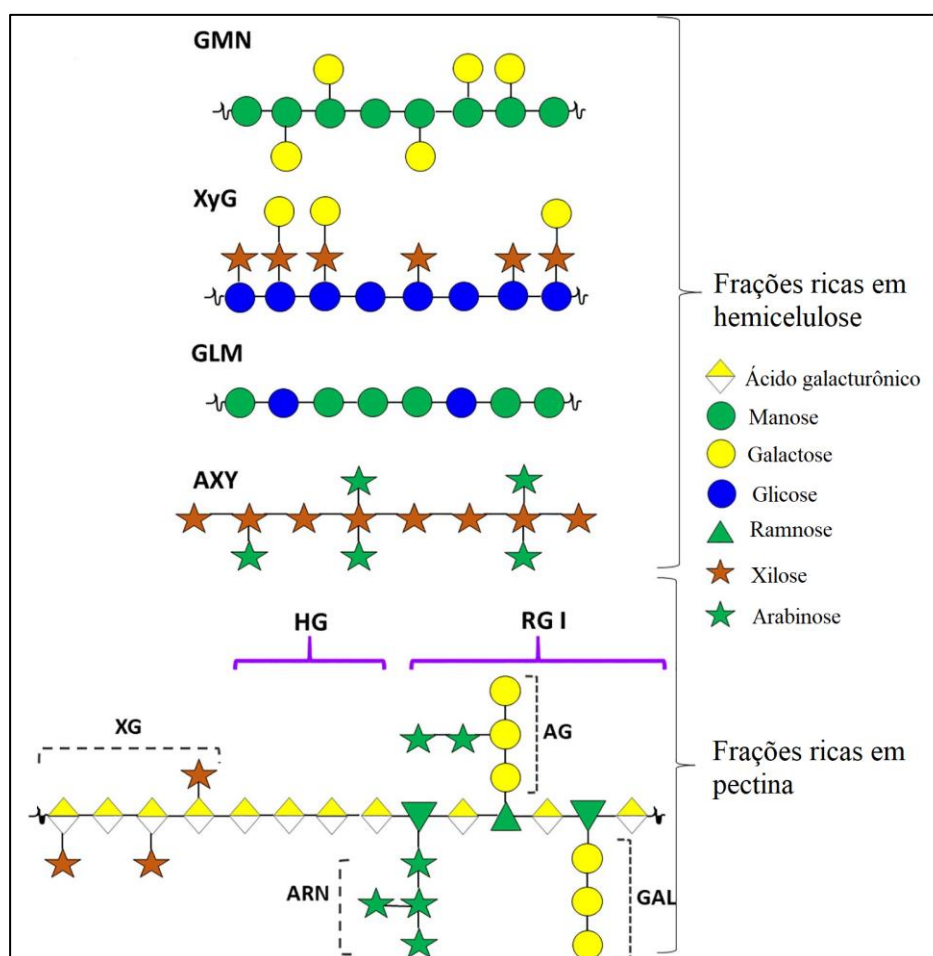
Adaptado de Cakmak *et al.* (2023)

Segundo Goksen *et al.* (2023) a mucilagem é composta por polissacarídeos de alto peso molecular, como galactose, pentose, metil-pentose e ácido urônico, ligados por ligações glicosídicas. Ela apresenta duas frações principais: pectina (derivada de ramnogalacturonana I) e hemicelulose (principalmente arabinoxilanos).

A pectina contém ácido α -(1,2) -ramnose e ácido α -d-(1,4)-galacturônico, enquanto a hemicelulose consiste em xilose ligada a β -1,4. Possui também açúcares neutros (D-galactose, L-arabinose, D-xilose), proteínas, minerais, lipídios e compostos bioativos, como taninos, compostos fenólicos, alcaloides e esteroides. Devido à sua carga aniônica, a mucilagem pode formar complexos polieletrólitos com polímeros catiônicos, como a quitosana.

Essas características corroboram com a definição de Olawuyi *et al.* (2021) que descrevem as mucilagens como uma substância translúcida, polimérica e amorfa, estruturada por unidades monossacarídicas, em que a hidrólise da mucilagem resulta em uma mistura de açúcares (L-arabinose, D-galactose, L-ramnose, D-xilose, entre outros) e ácidos urônicos (ácido D-galacturônico) ilustrados na Figura 2.

Figura 2 – Ilustração da estrutura química das principais frações polissacarídicas da mucilagem de plantas



Fonte: Adaptado de Olawuyi *et al.* (2021)

3.1.2 Aplicações em alimentos

As mucilagens têm encontrado aplicações em diversos setores da indústria alimentícia, segundo Soukoulis *et al.* (2018), a utilização de mucilagens de diferentes sementes tem sido aplicada em produtos lácteos e leites fermentados, explorando seu potencial de espessamento e estabilização de coloides. Além disso, têm sido empregadas em produtos de panificação e cereais, associando-se ao prolongamento da vida útil do produto e à melhoria na textura final. Em alimentos em pó, as mucilagens são utilizadas para encapsulamento e melhoria nutricional. Elas também desempenham papel como estabilizante em emulsões alimentares e podem ser empregadas na produção de embalagens de alimentos, como filmes comestíveis.

Em produtos cárneos, o estudo realizado por Câmara *et al.* (2020) explorou a aplicação da mucilagem de chia (*Salvia hispanica* L.) em pó ou gel como uma estratégia tecnológica "*clean label*" para reduzir o teor de fosfatos em emulsões cárneas. O gel de mucilagem de chia a 2% mostrou-se eficaz, substituindo 50% do fosfato em mortadela Bolonha com baixo teor de gordura.

Em uma abordagem semelhante, Saengphol e Pirak (2018) investigaram o uso da mucilagem de sementes de manjeriço como substituto de gordura em emulsões cárneas de frango. Os resultados demonstraram que a formulação contendo 2% de sal (NaCl), mas sem a adição de mucilagem de manjeriço, favoreceu a extração das proteínas, resultando em géis com textura e propriedades sensoriais superiores. No entanto, em um estudo complementar, foi desenvolvida uma formulação na qual 80% da gordura foi substituída pela mucilagem de sementes de manjeriço, mantendo-se apenas 20% da gordura original. Mesmo com o teor de sal mantido em 2%, a substituição de 80% da gordura pela mucilagem não resultou em alterações sensoriais significativas, como aparência, aroma, maciez, suculência e sabor, quando comparada à formulação contendo 100% de gordura.

Os estudos demonstram a crescente aplicação das mucilagens como aditivos naturais na indústria alimentícia, destacando seu potencial como espessantes, estabilizantes e substitutos de ingredientes tradicionais em produtos cárneos e outros alimentos. Assim, as mucilagens se apresentam como alternativas promissoras para inovações tecnológicas, aliando qualidade sensorial, nutricional e funcional.

3.1.3 Propriedades bioativas

Substâncias com propriedades bioativas, definidas pela Resolução RDC n°. 243/18, são como “um nutriente ou não nutriente consumido normalmente como componente de um alimento, que possui ação metabólica ou fisiológica específica no organismo humano” (ANVISA, 2018). Entre as substâncias bioativas, podemos destacar carotenoides, fitoesteróis, flavonoides, fosfolipídios, organossulfurados e polifenóis (ANVISA, 2020). Esses compostos são alvos de busca e exploração em PANC, sendo que, compostos fenólicos e carotenoides são os mais comumente encontrados, e devem ser explorados por suas reconhecidas propriedades antioxidantes (Govardhan Singh; Negi; Radha, 2013; Pires *et al.*, 2019; Schechtel *et al.*, 2019).

Algumas PANC, como *Moringa oleifera* (acácia branca), *Pereskia aculeata* Miller (ora-pro-nóbis), e outras, demonstram notáveis propriedades bioativas já comprovadas. Por exemplo, a *Moringa oleifera* contém 22-37% de proteína (base seca), rica em aminoácidos essenciais, e exibe propriedades floculantes, gelificantes, emulsionantes e espumantes, além de atividade antioxidante e antibacteriana. A ora-pro-nóbis, por sua vez, apresenta 19% de proteína (base seca), com presença de lisina e triptofano, demonstra capacidade emulsionante e estabilizante, juntamente com atividade antioxidante e antibacteriana. Essas características confirmam o potencial nutritivo e tecnofuncional das PANC em sistemas alimentares, e destaca-se que muitas delas têm concentrações de proteínas, na base seca, superiores às fontes tradicionais, como arroz e trigo (Milião *et al.*, 2022).

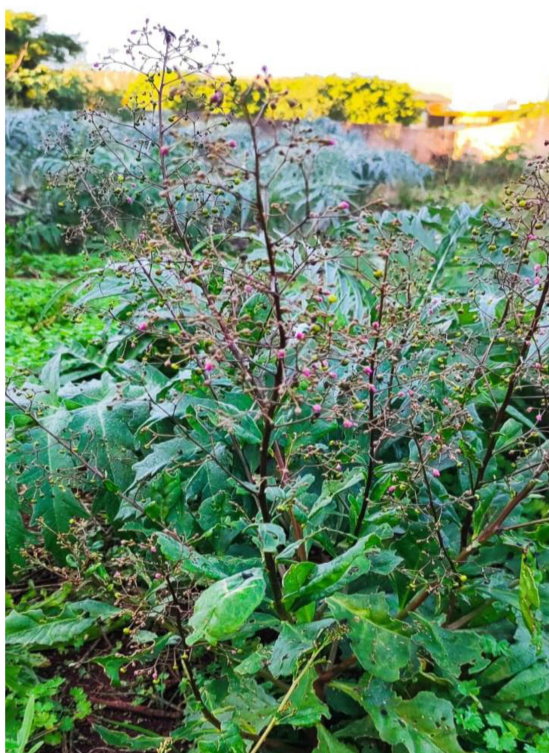
3.2 *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn

A planta da família Portulacaceas, conhecida como *T. paniculatum*, é classificada como uma erva homobárbara, o que significa que sua espessura foliar é relativamente uniforme, com uma média de aproximadamente 98,99 µm. Ela é adaptável a diferentes condições climáticas, com uma umidade relativa diária de um mínimo de 65% a um máximo de 72% de acordo com as estações. Cresce muito bem em regiões com média anual de precipitação de 1,428 mm e estação seca que dura cerca de 5 meses. Sua altitude média de crescimento é de 786 m acima do nível do mar, com temperaturas ótimas variando de 12 °C (mínima) a 28,5 °C (máxima) durante

o período de crescimento. Além disso, a *T. paniculatum* demonstra resistência a diferentes tipos de solo, incluindo solos podzólicos (solos ricos em alumínio e ferro, geralmente ácidos) e solos litólicos (solos rasos e rochosos) (Mendes *et al.*, 2016).

A *T. paniculatum* é conhecida popularmente e mundialmente como "ginseng javanês" ou "joias-de-opar", é um fitoterápico amplamente difundido na Indonésia e em outras partes da Ásia, incluindo a Tailândia. Suas folhas são frequentemente consumidas como um suplemento vegetal, enquanto as raízes são tradicionalmente empregadas na medicina tailandesa como um tônico reprodutivo. Além disso, no Brasil, é conhecida maria-gorda, bredo, caruru, labrobó, bênção de deus, major-gomes, maria-gomes, língua-de-vaca, erva-gorda, carne-gorda, entre outros, e consumida e utilizada na medicina popular (Afifah; Wibowo; Faizal, 2023). Na Figura 3, a planta e suas raízes estão representados.

Figura 3 - *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn planta inteira (a) e raízes (b)



a)



b)

Fonte: Autoria própria (2024)

3.2.1 Consumo na alimentação

O estudo feito por Ranieri e Zanirato (2021), destaca que nos quintais urbanos do Vale da Paraíba-SP, curiosamente, alguns residentes já integravam a *T. paniculatum* à sua dieta diária, incorporando suas folhas em diversas preparações culinárias, como sopas, saladas, e até mesmo consumindo-as *in natura*, na Tabela 1 é possível observar os nutrientes das folhas da *T. paniculatum* citados por diversos autores.

Tabela 1 – Composição de nutrientes das folhas *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn

Nutrientes	Kinupp (2007)	Madeira (2016)	Menezes <i>et al.</i>	Moura <i>et al.</i>	Marcon
	Base úmida (%)	mg 100 g ⁻¹	(2021)* mg 100 g ⁻¹	(2021)** g 100 g ⁻¹	(2022)** g 100 g ⁻¹
Umidade	-	-	5,93	95,15	93,96
Proteínas	21,85	-	18,61	0,69	1,53
Carboidratos	-	-	16,45	2,34	2,99
Lipídios	-	-	6,58	0,54	0,19
Cinzas	-	-	22,42	1,27	1,33
Ca	1,3	613	228,12	197,1	831,00
Mg	2,1	915	649,6	15,7	1613,00
Mn	0,0275	8,2	30,575	8,49	33,40
Fe	0,0151	7,5	7,6	39,8	100,00
Na	0,0142	25	79,1	522,5	166,00
K	6,8	398	0,74	29,13	12123,00
Cu	0,0015	0,74	0,794	0,83	2,64
Zn	0,0229	4,4	3,10	3,2	7,87

*As folhas foram desidratadas com circulação de ar forçado à 35 °C.

**Foram utilizadas folhas *in natura*.

Fonte: Autoria própria (2024)

É crucial destacar que as discrepâncias nos resultados sobre a composição nutricional das folhas da *T. paniculatum* podem ser influenciadas pelo tipo de solo, sendo este um fator diferencial significativo. Sobre a composição centesimal das raízes, foi encontrado até o momento na literatura, o trabalho de Marcon (2022), que em sua pesquisa, fornece uma análise da composição centesimal da raiz, revelando um teor de umidade de 83,07%, cinzas 1,78%, lipídios 0,33%, proteínas 0,12%, e

carboidratos 14,79%, além de expressivos valores minerais para Ca (864,69 mg 100 g⁻¹), Fe (339,39 mg 100 g⁻¹), K (4489,43 mg 100 g⁻¹) e Mg (886 mg 100 g⁻¹).

A escassez de informações sobre as raízes PANC pode estar relacionada à preferência predominante pelo consumo de suas folhas, conforme observado por Tuler *et al.* (2019) em um estudo realizado na área rural de Durandé, MG. Ao entrevistar alguns moradores locais, os pesquisadores descobriram que, entre as diversas PANC disponíveis na região, as folhas eram as partes mais consumidas, especialmente quando preparadas refogadas ou em forma de saladas. Essa preferência pelas folhas reflete tanto os hábitos alimentares tradicionais quanto a versatilidade das folhas na culinária local. Essa tendência sugere que as raízes, embora subutilizadas, possuem um potencial ainda não totalmente explorado, o que destaca a necessidade de estudos adicionais focados em suas propriedades nutricionais e aplicações culinárias e tecnológicas.

Na China, o consumo de *T. paniculatum* no comércio local é citado por Madeira (2016), que relata o início de um programa de melhoramento genético para essa espécie no país asiático. O autor destaca a importância do desenvolvimento de cultivares como uma etapa crucial para viabilizar a utilização comercial da espécie em larga escala. Em contrapartida, no contexto brasileiro, até o presente momento, não foram identificados estudos que abordem o melhoramento genético desta espécie, pelo contrário, ela é tratada na maioria das vezes, como uma erva daninha. Portanto, os dados apresentados enfatizam o consumo alimentício, especialmente das folhas, ressaltando a necessidade de realizar estudos mais abrangentes sobre as outras partes da planta.

3.2.2 Aplicações em uso medicinal

Algumas pesquisas descrevem a *T. paniculatum* como matéria-prima medicinal em algumas comunidades. Mendes *et al.* (2016) caracterizaram quimicamente a planta, ampliando os conhecimentos sobre sua atividade antibacteriana, antifúngica, antimicrobiana e citotóxica. Souto *et al.* (2021), destacam os efeitos cardioprotetores capazes de prevenir cardiotoxicidade induzida pela doxorubicina em ratos hipertensos. De acordo com Afifah *et al.* (2023) foi identificado na planta um gene associado à β -amirina sintase, sugerindo seu papel na biossíntese de saponinas, que são diuréticas, depurativas do sangue e expectorantes. De acordo

com Wei *et al.* (2023), a utilização da *T. paniculatum* na fitoterapia chinesa pode inibir a *E. coli* e regular sinergicamente a liberação de citocinas e quimiocinas.

Outras pesquisas investigaram o potencial terapêutico de plantas medicinais, conforme descrito por Chen *et al.* (2015). Foram analisados os padrões de prescrição de fitoterápicos chineses contendo 10 ervas para o tratamento de distúrbios do sono e transtorno depressivo em Taiwan, dentre estas, observou-se que 4 delas compartilhavam semelhanças na composição química com as folhas da *T. paniculatum*, sugerindo desta forma, que as folhas da *T. paniculatum* tem propriedades terapêuticas. Corroborando com a pesquisa de Gu *et al.* (2020), que entrevistaram vendedores de plantas medicinais nos mercados de ervas do Festival do Barco-Dragão em Qianxinan, sudoeste de Guizhou, China, que revelou que a compra da planta *T. paniculatum* se concentrava na utilização das raízes por ser um “remédio nutritivo” e as folhas utilizadas para doenças de pele.

Odonne *et al.* (2009) examinaram a percepção do uso de plantas medicinais por nativos Chayahuitas no Peru, para tratar leishmaniose, mostrando que a utilização de raízes secas da *T. paniculatum* diretamente na úlcera era comum. De acordo com a pesquisa Arévalo-López *et al.* (2018), a população de Tacana na Bolívia também faz o uso da planta como tratamento leishmanicida.

No Brasil, Bolson *et al.* (2015) realizaram um estudo etnobotânico com moradores do entorno da região oeste do Paraná, também levantando dados sobre o uso de ervas medicinais para tratamentos de doenças, e a planta *T. paniculatum*, curiosamente também foi citada, suas folhas consumidas em salada. Essas pesquisas destacam a importância de compreender a relação entre comunidades locais e plantas medicinais, contribuindo para a preservação do conhecimento tradicional e a promoção de práticas sustentáveis.

3.3 Saudabilidade com foco na alimentação

A transformação nos padrões de vida, impulsionada pelo ritmo acelerado das áreas urbanas e pelo crescente interesse em adotar estilos de vida mais saudáveis, tem levado os consumidores a buscar produtos percebidos como naturalmente puros, destacando-se as alternativas de ingredientes conhecidas como “*clean label*”. Paralelamente, o aumento na demanda por uma compreensão mais profunda da composição dos produtos alimentícios, incluindo uma análise detalhada dos

ingredientes e aditivos nas formulações (exemplos de componentes bioativos como carotenoides, flavonoides, ácidos graxos insaturados, esteróis e fibras) reflete a crescente conscientização dos consumidores (Dias *et al.*, 2016)

A busca pela promoção da saúde tem sido uma preocupação constante para os consumidores, refletindo nas suas percepções em relação aos alimentos. Estudos recentes indicam que sinais sensoriais, incluindo aspectos visuais, olfativos e gustativos, desempenham uma influência positiva das escolhas alimentares saudáveis durante a compra (Luomala *et al.*, 2023). Além disso, fatores emocionais do consumidor, como o estado de ânimo e as associações emocionais com determinados alimentos, também desempenham um papel importante nesse contexto (Le *et al.*, 2023). Essas descobertas destacam a complexidade das decisões alimentares e a necessidade de considerar não apenas os aspectos nutricionais, mas também os fatores sensoriais e emocionais na promoção de hábitos alimentares saudáveis.

Além disso, a percepção de consumo de alimentos saudáveis demonstra variações entre diferentes grupos etários, conforme exposto por estudos recentes. Por exemplo, uma pesquisa destacou a relação positiva entre a intenção de consumir alimentos saudáveis e adultos mais velhos, ressaltando que esse segmento da população adota hábitos alimentares mais saudáveis (Savelli; Murmura, 2023). Por outro lado, estudos realizados em crianças e adolescentes sugerem que a influência da alimentação dos pais desempenha um papel fundamental no desenvolvimento de escolhas alimentares saudáveis nessa faixa etária (Le *et al.*, 2023; Rigo *et al.*, 2023).

Em uma perspectiva internacional, Pineda *et al.* (2022), conduziram uma investigação sob a influência das políticas e dos sistemas de apoio nas escolhas alimentares em 11 países europeus. Os resultados revelaram disparidades entre as nações analisadas. Por exemplo, a Finlândia se destacou como o país com a maior proporção de políticas destinadas a moldar ambientes alimentares, caracterizando-se por um alto nível de implementação. Em contrapartida, a Eslovênia e a Polônia apresentaram a maior proporção de políticas classificadas como tendo baixa eficácia de execução. Os autores ressaltam a importância das políticas para melhoria dos ambientes alimentares, abrangendo escolas, subsídios para frutas e vegetais, tributação de alimentos e bebidas não saudáveis e restrições à comercialização de alimentos não saudáveis, especialmente quando direcionadas ao público infantil.

Por fim, estudos indicam que a indução experimental de desejo por alimentos saudáveis pode aumentar a motivação para escolhas alimentares saudáveis, sugerindo a importância de estratégias mentais na promoção de mudança de hábitos (Werthmann *et al.*, 2023). Esses resultados reiteram a complexidade das percepções alimentares e a necessidade constante de estratégias inovadoras para promover escolhas alimentares mais saudáveis.

3.3.1 Substituição de aditivos alimentares

A definição dos aditivos segundo a ANVISA (RDC Nº 23, de 15 de março 2000):

Aditivo Alimentar é qualquer ingrediente adicionado intencionalmente aos alimentos, sem propósito de nutrir, com o objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, durante a fabricação, processamento, preparação, tratamento, embalagem, acondicionamento, armazenagem, transporte ou manipulação de um alimento (ANVISA, 2000, p. 3).

Há alguns anos a preferência dos consumidores por aditivos naturais em vez dos sintéticos tornou-se um fator significativo para indústria alimentar, este fenômeno, conforme apontado por Carochó *et al.* (2015), não só representa uma mudança nas preferências do consumidor, mas também oferece uma oportunidade estratégica para a indústria. A busca por aditivos naturais é vista como um caminho para o desenvolvimento de produtos mais eficientes e alinhados à tendência global de reduzir aditivos e promover alimentos minimamente processados.

Segundo Molina *et al.* (2023), os fosfatos inorgânicos têm sido amplamente empregados na indústria da carne desde a década de 1960, sendo reconhecidos por suas propriedades funcionais, como a melhoria da retenção de água, estabilidade da emulsão, rendimentos de cozimento e atributos sensoriais dos produtos cárneos (Yasui *et al.*, 1964; Santhi *et al.*, 2017). Além dessas funções tecnológicas, os fosfatos inorgânicos também desempenham um papel importante como antioxidantes e antimicrobianos (Tompkin, 1984; Barbut e Mittal, 1991). O uso desses aditivos é considerado seguro, com a União Europeia e os Estados Unidos reconhecendo sua segurança para a saúde humana, sendo este último classificando-os como "geralmente reconhecido como seguro" (GRAS) (Younes *et al.*, 2019; Ritz *et al.*, 2012).

Porém a toxicidade de aditivos, especialmente em carnes processadas, permanece um tema amplamente debatido na literatura científica. Jiang e Xiong (2016) destacam que, embora os rins de adultos saudáveis sejam capazes de regular o fósforo derivado do consumo de fosfatos, pacientes com doenças renais crônicas e cardiovasculares estão suscetíveis ao desenvolvimento de hiperfosfatemia (um aumento nos níveis de fósforo no sangue) o que pode elevar a taxa de mortalidade em até 40% (Vervloet; van Ballegooijen, 2018). Além disso, mesmo em indivíduos saudáveis, a ingestão excessiva de fosfatos pode prejudicar a absorção de cálcio pelos ossos, comprometendo sua densidade e resistência (Pinton *et al.*, 2021).

Paralelamente, a ingestão de fosfato inorgânico na dieta americana dobrou nos últimos anos de 500 mg/dia para 1.000 mg/dia, principalmente devido ao consumo de alimentos processados (Thangavelu *et al.*, 2019). Embora os fosfatos inorgânicos sejam considerados aditivos alimentares de baixa toxicidade e autorizados globalmente, sua ingestão excessiva pode levar a problemas de saúde.

Nesse contexto, a substituição do tripolifosfato por mucilagem destaca-se como uma alternativa promissora para a estabilização de emulsões cárneas. A eficácia da mucilagem como agente estabilizador deve-se, conforme Goksen *et al.* (2023), principalmente aos polissacarídeos presentes em sua composição, que possuem elevado peso molecular e propriedades gelificantes. Essas características permitem à mucilagem estabilizar as interfaces água-lipídios, prevenindo a coalescência e separação das emulsões. Além disso, a diversidade microestrutural dos polissacarídeos e proteínas na mucilagem fortalece sua atividade interfacial, reforçando seu potencial como substituto do tripolifosfato.

Como discutido anteriormente, a aplicação de mucilagem como substituto em emulsões cárneas tem se mostrado uma abordagem promissora, com resultados significativos em termos de estabilidade, características de cozimento e preservação das propriedades sensoriais dos produtos (Câmara *et al.*, 2020; Yüncü *et al.*, 2021). Essa inovação é de grande importância para o segmento da indústria alimentícia, por oferecer alternativas mais saudáveis e funcionais aos aditivos convencionais. A valorização de Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANCs), como *Talinum paniculatum*, reforça a busca por ingredientes naturais e sustentáveis, promovendo uma integração mais equilibrada entre a produção de alimentos e a preservação dos recursos naturais.

4 METODOLOGIA

4.1 Material

A planta *T. paniculatum* foi doada pelo Centro Popular de Saúde Yanten e coletada na cidade de Medianeira – PR (25°17'49.5"S 54°06'51.9"W) entre os meses de fevereiro a julho de 2023. Foram separadas as raízes para este estudo, as quais foram lavadas em água corrente, secas com papel absorvente, armazenadas em embalagens plásticas apropriadas à -18 °C em freezer doméstico. Os reagentes utilizados para as análises foram de grau analítico e diferentes marcas comerciais.

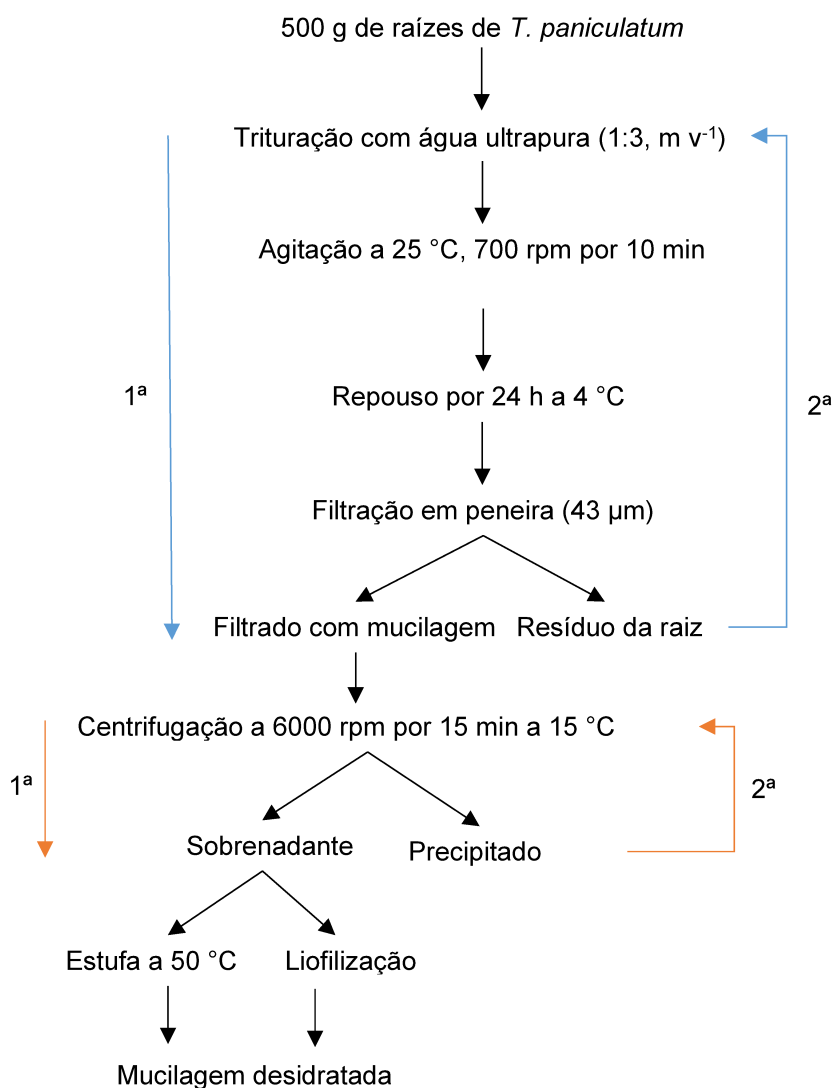
4.2 Obtenção da mucilagem

4.2.1 Procedimento

Para extrair a mucilagem, adotou-se o método de Campo *et al.* (2017) com adaptações (Figura 4). Utilizou-se 500 g de raízes, previamente higienizadas, foram trituradas com água ultrapura (MS 2000, Gehaka, Brasil) na proporção de 1:3 (m v⁻¹) em um liquidificador industrial (Colombo, AR, 2L, Brasil). Posteriormente, a mistura foi agitada a temperatura ambiente (25 °C) para garantir completa hidratação no agitador de pás (Fisatom, 713D, Brasil) a 700 rpm por 10 min. A suspensão passou por um período adicional de hidratação de 24 h a 4 °C. A amostra foi filtrada em peneira (43 µm) e o resíduo retido foi reservado para uma segunda extração, seguindo o mesmo procedimento já descrito. O líquido resultante foi transferido para tubos Falcon e centrifugado (Cientec, CT 5000R, Brasil) a 6000 rpm por 15 min à 15 °C. O precipitado foi novamente centrifugado para garantir maior extração e as mucilagens foram submetidas à secagem em estufa convencional ou liofilizador.

O processo que apresentou maior rendimento foi utilizado para produzir a mucilagem caracterizada neste estudo e posteriormente utilizada no preparo no sistema de emulsão cárnea.

Figura 4 – Processo de extração da mucilagem das raízes da *T. paniculatum*



Fonte: Autoria própria (2024)

4.2.2 Secagem em estufa

As mucilagens foram distribuídas em placas de Petri de vidro (espessura 2 a 3 mm) e secas em estufa (Cienlab, modelo CE-205/100), a 50 °C até atingir peso constante. As placas com a mucilagem foram envoltas em filmes plásticos para evitar a absorção de água. Posteriormente, foram armazenadas a 4 °C para análises subsequentes.

4.2.3 Secagem em liofilizador

Para a liofilização da mucilagem obtida na seção 4.2.1, a mesma foi congelada a -18 °C e transferida para o liofilizador (Labconco Freeze Zone 6, Kansas City, MO, EUA), a -50 °C com pressão absoluta inferior a 0,8 mBar, passando por um processo de troca de calor com uma fonte de aquecimento a 40 °C por 40 h ou até atingir a completa secagem. As mucilagens secas foram acondicionadas em potes fechados hermeticamente e armazenadas a 4 °C para análises posteriores.

4.2.3 Rendimento e pH

O rendimento de extração da mucilagem foi determinado seguindo o método descrito por Lise (2021), utilizando a Equação 1.

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{Massa de mucilagem seca}}{\text{Massa de raiz}} \times 100 \quad \text{Eq. (1)}$$

Para a medição do pH, 1 g de mucilagem seca foi dispersa em 30 mL de água ultrapura, dissolvida e em seguida pela utilização de um pHmetro (Instrutherm PH-5000) realizou-se as medições.

4.3 Avaliação de composição química

4.3.1 Determinação do perfil de aminoácidos

Foi utilizada a metodologia de White *et al.* (1986), que emprega o sistema Waters Pico-Tag para a análise de aminoácidos em matrizes alimentares. O método inclui a pré-coluna de derivação com fenilisotiocianato (PITC) e a cromatografia líquida de alta eficiência em fase reversa para separar os derivados de feniltiocarbamoil (PTC) dos aminoácidos. A detecção dos aminoácidos Ácido Aspartico (Asp), Ácido Glutâmico (Glu), Serina (Ser), Glicina (Gli), Histidina (His), Arginina (Arg), Treonina (Tre), Alanina (Ala), Prolina (Pro), Tirosina (Tir), Valina (Val), Metionina (Mtn), Cistina (Cis), Isoleucina (Ile), Leucina (Leu), Fenilalanina (Fen) e Lisina (Lis), Hidroxiprolina

(Hyp), Metionina (Met), Triptofano (Trp), além do Nitrogênio Proteico, foram determinados por cromatografia líquida de alta eficiência com detector de UV-Vis.

4.3.2 Determinação de carboidratos

Foi realizada por cromatografia de troca aniônica de alta performance conforme descrita por Thompson (1990). A análise consiste na preparação da amostra, envolvendo diluição e remoção de impurezas seguida da eluição da amostra por uma resina estável. A eluição foi realizada com hidróxido de sódio, separando os carboidratos presentes. A detecção foi efetuada por meio de detecção amperométrica pulsada, permitindo medições precisas das concentrações de carboidratos. Os resultados foram comparados com padrões de referência.

4.4 Determinação das propriedades biológicas

4.4.1 Propriedade antimicrobiana

Para avaliação da propriedade antimicrobiana, foram empregadas duas metodologias distintas. A primeira consistiu na utilização do método colorimétrico por microdiluição com a concentração de 16 mg mL^{-1} de mucilagem dissolvida em água destilada, enquanto a segunda envolveu o método de difusão em discos com a concentração de $71,45 \text{ mg mL}^{-1}$. O objetivo foi avaliar o potencial de inibição dos microrganismos em relação à concentração variável de mucilagem. As estirpes usadas foram: *Escherichia coli* ATCC 43888, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC9027, *Salmonella enterica* Typhimurium ATCC 14028, e *Staphylococcus aureus* ATCC 29213.

As Concentrações Inibitórias Mínimas (CIM) foram determinadas como a menor concentração de extrato inibitória. A Concentração Bactericida Mínima (CBM) foi determinada em placas de PCA+TTC, adicionando $10 \mu\text{L}$ dos poços sem crescimento. As placas foram incubadas a $35 \text{ }^\circ\text{C}$ por 24 h e o crescimento de colônias avaliado. O antibiótico levofloxacino ($64,0$ a $2,0 \text{ mg mL}^{-1}$) foi usado como controle positivo e o meio de cultura Caldo Mueller-Hinton com 5% de DMSO (Dimetilsulfóxido) como controle negativo.

4.4.1.1 Método colorimétrico

A atividade antimicrobiana foi avaliada conforme Dias *et. al.* (2016), utilizando microdiluição colorimétrica com corante resazurina. As culturas bacterianas foram preparadas em meio PCA+TTC para viabilidade e ausência de contaminação. Em seguida, foram distribuídos 100 µL de CMH em microplacas de 96 poços, junto com mucilagem de raiz diluída em CMH + 5% de DMSO (16 a 0,5 mg mL⁻¹). Cada poço recebeu 10 µL de inóculo bacteriano (1,0 x 10⁶ UFC mL⁻¹) e incubado a 35 °C por 24 h. Após incubação, 10 µL de resazurina (0,1 mg mL⁻¹) foram adicionados a cada poço, seguido de nova incubação a 35 °C por 30 min. Os resultados foram avaliados pela mudança de coloração: azul/roxo para inibição do crescimento e rosa para crescimento bacteriano.

4.4.1.2 Método de difusão em disco

A avaliação qualitativa da atividade antimicrobiana da mucilagem foi conduzida utilizando o método de difusão em disco. Nesta técnica, discos de papel de filtro impregnados com mucilagem a 71,45 mg mL⁻¹ foram dispostos sobre a superfície de placas de Petri, utilizando-se 10 µL em cada papel filtro, e em seguida colocados sobre o meio de cultura previamente inoculados com as cepas bacterianas. Após a incubação a 35 °C por 24 horas, os diâmetros das zonas de inibição ao redor dos discos foram medidos para avaliar a eficácia dos extratos. A inibição foi verificada pela formação de um halo característico translúcido ao redor do disco relacionado com cada microrganismo testado (CLSI, 2015).

4.4.2 Propriedade antioxidante

4.4.2.1 ABTS + (Sequestro do Cátion Radical 2,2'-Azino-bis-3-Etilbenzotiazolina-6-Ácido Sulfônico)

A metodologia adotada foi por Granato e Nunes (2017) com algumas modificações. O radical ABTS é formado pela reação de ABTS 7 mmol (Sigma-

Aldrich®, EUA) com persulfato de potássio 140 mmol (J. T. Baker®, EUA), incubados à temperatura de 25 °C e no escuro, durante 16 h. Uma vez formado o radical, foi diluído com etanol até a obtenção do valor de absorvância de 0,700 – 0,800 a 730 nm. Um volume de 4 mL da solução de radical ABTS•+ foi acrescentado a 100 µL de mucilagem liofilizada com etanol na concentração de 16,9 mg mL⁻¹. Realizaram-se as leituras das absorvâncias após seis minutos de reação em espectrofotômetro a 730 nm (Lambda 45, Perkin Elmer, São Paulo, Brasil). Para o branco utilizou-se etanol. Para a quantificação das amostras foi preparada uma curva padrão analítica com o antioxidante sintético Trolox como padrão de referência, nas concentrações 0,125 a 2,0 mg mL⁻¹. Os resultados foram expressos em média ± desvio padrão em mg equivalente de Trolox por grama de amostra (mg TE 100 g⁻¹).

4.4.2.2 Determinação do poder antioxidante redutor do ferro (FRAP)

A metodologia adotada foi baseada em Silva *et al.* (2022) com algumas modificações. O método FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) mede a redução férrica da 2,4,6-tripiridil-S-triazina (TPTZ). Para preparar o reagente FRAP, uma solução contendo 2,5 mL de uma solução de TPTZ (Sigma-Aldrich®, EUA) a 10 mmol em HCl (Merck®, Alemanha) 40 mmol, 2,5 mL de cloreto férrico hexahidratado a 20 mmol e 25 mL de tampão acetato a 0,3 mol (pH 3,6) foi preparada. Esta solução foi incubada a 37 °C por 30 min. Para a análise, 900 µL do reagente FRAP foram combinados com 90 µL de água ultrapura (Master System®, Gehaka, São Paulo, Brasil), 10 µL de Trolox e 30 µL da amostra de mucilagem com concentração de 16,9 mg mL⁻¹. As amostras foram então incubadas a 37 °C por 30 min, em ambiente escuro. Posteriormente, a absorvância foi medida a 595 nm usando um espectrofotômetro (Lambda 45, Perkin Elmer, São Paulo, Brasil). Para avaliar o poder redutor das amostras, foi construída uma curva analítica utilizando concentrações conhecidas de Trolox, variando de 0,50 a 5,0 mg mL⁻¹ diluídas em etanol. Os resultados foram expressos em média ± desvio padrão em miligramas equivalentes de Trolox por grama de amostra (mg TE 100 g⁻¹).

4.4.2.3 DPPH (captura do radical livre 2,2- difenil-1-picril-hidrazil)

A análise foi realizada segundo Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), conforme descrito por Silva *et al.* (2022). A atividade antioxidante baseia-se na captura de radicais livres 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH; Sigma Aldrich®, EUA). A partir da amostra liofilizada, uma alíquota foi ressuspensa em água destilada no escuro, e 0,1 mL da amostra de mucilagem ($16,9 \text{ mg mL}^{-1}$) foi transferida para tubos de ensaio contendo 3,9 mL do radical DPPH (0,06 mmol), homogeneizando-se em triplicata. Para o controle, utilizou-se 0,1 mL de água destilada e 3,9 mL do radical DPPH, também homogeneizado. As leituras foram feitas a 515 nm no espectrofotômetro UV-Vis (Lambda 45, Perkin Elmer, São Paulo, Brasil). Os resultados foram expressos em média \pm desvio padrão em mg equivalente de Trolox por 100 g^{-1} de amostra (mg TE 100 g^{-1}), calculados a partir da curva padrão do Trolox com concentrações variando de 10 a $60 \mu\text{mol mL}^{-1}$.

4.4.2.4 Determinação de fenólicos totais

Os compostos fenólicos totais foram quantificados pelo método de Folin e Ciocalteu (1927), conforme descrito por Abbasi *et al.* (2023). Foi utilizado 0,1 mL da amostra de mucilagem na concentração de $16,9 \text{ mg mL}^{-1}$, misturado com 0,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich®, EUA). Em seguida, adicionou-se 1,5 mL de solução de carbonato de sódio em água destilada a 20% ($v v^{-1}$). Após repouso por 1 h, protegido da luz, a absorbância foi medida em um espectrofotômetro UV-Vis a 765 nm. Os ensaios foram realizados em triplicata, e os resultados foram expressos em média \pm desvio padrão em mg equivalente de ácido gálico por 100 g de amostra (mg EAG 100 g^{-1}), calculados a partir da curva padrão de ácido gálico com concentrações variando de 20 a 200 mg mL^{-1} .

4.5 Avaliação tecnológica das propriedades funcionais

4.5.1 Capacidade emulsificante

Para preparar a emulsão, adotou-se o método de Sun *et al.* (2021) com algumas modificações. Utilizou-se 5 concentrações de mucilagem: 0%, 0,6%, 0,8%,

1,0% e 1,2% com seus respectivos volumes de água 2 mL, 2 mL, 4 mL, 6 mL e 6 mL. As misturas foram divididas em béqueres e submetidas ao Ultra-turrax (IKA T18) a 15.000 rpm por 2 min, até completa emulsão. Em seguida, alíquotas de 50 µL foram retiradas e depositadas em lâminas para observação em microscópio (Olympus, Philipinas, CX21FS1), com a lente ajustada para 400x.

4.5.2 Estabilidade de emulsão

Para a preparação da emulsão, foi utilizado o método adaptado por Uruakpa e Arntfield (2005). Um Planejamento Fatorial Completo 2^2 foi elaborado, considerando as variáveis independentes: x_1 (água, mL) e x_2 (óleo, mL), com mucilagem constante em 0,12 g. Foram realizados sete ensaios, incluindo triplicatas no ponto central (Tabela 2), para assegurar a precisão dos resultados. A variável dependente, Estabilidade de Emulsão (%), foi mensurada, e a escolha das variáveis e níveis de variação baseou-se em testes preliminares.

Tabela 2 - Matriz dos ensaios do planejamento fatorial completo (2^2) com as variáveis independentes

Ensaio	Óleo (mL)	Água (mL)
1	-1 (8)	-1 (8)
2	+1 (12)	-1 (8)
3	-1 (8)	+1 (12)
4	+1 (12)	+1 (12)
5	0 (10)	0 (10)
6	0 (10)	0 (10)
7	0 (10)	0 (10)

Fonte: Autoria própria (2024)

A fórmula geral do modelo de superfície de resposta será expressa conforme a Equação 2.

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_{12}x_1x_2 + e \quad \text{Eq. (2)}$$

\hat{y} = função-resposta

x_1 e x_2 = variáveis codificadas

β 's = coeficientes estimados pelo modelo de superfície de resposta

e = resíduo (erro experimental)

As emulsões foram mantidas em repouso por um período de 24 h a temperatura ambiente (25 °C). Posteriormente, mediu-se a camada de emulsão e do volume total no tubo, possibilitando, assim, a determinação da estabilidade da emulsão conforme a Equação 3.

$$EE = \frac{\text{Volume da camada emulsificada remanescente}}{\text{Volume total no tubo}} \times 100 \quad \text{Eq. (3)}$$

4.5.3 Capacidade de formação e estabilidade de espuma

Utilizou-se 0,5 g de mucilagem, em triplicata, foi dispersa em 30 mL de solução tampão fosfato, variando o pH entre 4, 6 e 8. As misturas foram armazenadas para completa hidratação a 4 °C por 24 h. Utilizando um mixer (KEA30CQ, KitchenAid, Estados Unidos), as misturas foram agitadas por 5 min até a formação de espuma. Em seguida, as espumas formadas foram transferidas para provetas, e o volume da espuma foi registrado em intervalos de 30 s, 5 min, 10 min, 20 min e 30 min para conferir a estabilidade de espuma em cada tempo. A capacidade de formação de espuma e a estabilidade da espuma foram expressas pelas Equações 4 e 5, conforme definido por Dick *et al.* (2019).

$$CFE (\%) = \left(\frac{ViE}{VtS} \right) \times 100 \quad \text{Eq. (4)}$$

ViE é o volume inicial da espuma e VtS é o volume total de suspensão.

$$EEs (\%) = \left(\frac{VEt}{VtS} \right) \times 100 \quad \text{Eq. (5)}$$

VEt é o volume de espuma após o tempo e VtS é o volume total de suspensão.

4.5.4 Solubilidade

Pesou-se 0,25 g de mucilagem, em triplicata, dissolvidos em 5 mL de água destilada a 25 °C por 10 min, utilizando o vórtex (Vortex, IKA, Staufen, Alemanha) para

agitação. A solução resultante foi centrifugada a 25 °C por 15 min a 3500 rpm em tubos Falcon (15 mL) na centrífuga (Cientec, CT 5000R, Brasil). O sobrenadante foi coletado em cadinhos previamente secos e tarados, em seguida, levados para estufa (Cienlab, CE-205/100, Brasil) até atingir peso constante a 105 °C. A solubilidade foi calculada usando a Equação 6, conforme definido por Kaewmanee *et al.* (2014).

$$\text{Solubilidade (\%)} = \frac{\text{Massa sobrenadante}}{\text{Massa amostra}} \times 100 \quad \text{Eq. (6)}$$

4.5.5 Capacidade de Retenção de Água

Para avaliar a capacidade de retenção de água, 1 g da amostra foi pesada em triplicata, agitado (Vortex, IKA, Staufen, Alemanha) em 10 mL de água ultrapura (MS 2000, Gehaka, Brasil) por 1 min e, em seguida, a suspensão foi centrifugada na centrífuga (Cientec, CT 5000R, Brasil) a 3500 rpm por 30 min. Medindo o volume do sobrenadante coletado, a capacidade de retenção de água foi calculada conforme a Equação 7, expressa como a quantidade de água retida por grama de mucilagem, conforme definido por Bernardi *et al.* (2021).

$$CR_{\text{água}} = \frac{\text{g de água retida}}{\text{g de mucilagem}} \quad \text{Eq. (7)}$$

4.5.6 Reologia

As amostras de mucilagem foram submetidas à análise utilizando o viscosímetro DV-III Ultra (Brookfield, Middleboro, EUA), acoplado a um banho termostático (TC-602, Brookfield), e o software Rheocalc V33 (Brookfield). As amostras foram previamente preparadas, reidratadas em água ultrapura na proporção de 0,5% (m v⁻¹). O experimento foi conduzido a uma temperatura constante de 20 °C, com uma rampa ascendente e descendente de 7 velocidades (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 rpm), utilizando o *spindle* SC4-34. Cada velocidade foi mantida por 3 min, e ao final do experimento, os dados de viscosidade aparente, tensão de cisalhamento e taxa de cisalhamento foram coletados para a elaboração dos reogramas.

4.6 Propriedades térmicas

O comportamento térmico das amostras de mucilagem de *T. paniculatum* foi avaliado por análise de calorimetria diferencial de varredura (DSC) e termogravimétrica (TG) (Simultaneous Thermal Analyser, PerkinElmer, Beaconsfield, Reino Unido). O equipamento foi previamente calibrado com padrão de referência de índio. Para obtenção das curvas de DSC e TG, 8,0 mg de amostra foram acondicionadas em cadinhos de platina, aquecidos de 40 °C a 700 °C, com taxa de aquecimento de 10 °C min⁻¹ e mantidos sob fluxo constante de N₂ (20 mL min⁻¹). Dos principais eventos térmicos decorrentes do aumento da temperatura, curvas derivadas TG foram construídas.

As amostras de mucilagem também foram submetidas a análise de espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR-ATR). As análises foram conduzidas em espectrômetro Frontier, Perkin Elmer (Beaconsfield, Reino Unido) empregando-se o modo de refletância total atenuada (UATR), intervalo de número de onda de 4000 a 650 cm⁻¹, com resolução de 4 cm⁻¹, num total de 8 cumulações.

4.7 Aplicação em matriz alimentar

4.7.1 Elaboração de emulsões cárneas

Foram elaboradas emulsões cárneas com diferentes concentrações de mucilagem e tripolifosfato de sódio (Tabela 3) com auxílio de um miniprocessador de alimentos (KitchenAid Empire, EUA). A temperatura da emulsão não ultrapassou a 7 °C. Foram utilizadas 30 g de cada formulação para realizar as análises de cor e pH, o restante da massa foi embutido em tripas de celulose com calibre 21 mm com o intuito de avaliar qual seria o comportamento da mucilagem em emulsões cárneas se usada em produtos emulsionados como salsichas e mortadelas. Cada formulação foi elaborada em triplicata.

Tabela 3 – Formulações de emulsões cárneas com mucilagem da raiz *Talinum paniculatum*

Matéria-prima	Formulações		
	F1	F2	F3
Pernil suíno (g 100 g ⁻¹)	40,0	40,0	40,0
Toucinho (g 100 g ⁻¹) *	30,0	30,0	30,0
Gelo picado (g 100 g ⁻¹)	29,5	29,5	29,5
Tripolifosfato de sódio (g 100 g ⁻¹)	0,5	0,25	0
Mucilagem (g 100 g ⁻¹)	0	0,25	0,50

* Gordura (máx.) - 30% segundo o Padrão de Identidade e Qualidade para mortadela e salsichas (Brasil, 2000).

Fonte: A autoria própria (2024)

Para o cozimento, as emulsões embutidas foram acondicionadas em sacos de *nylon* poli (termoplástico) para evitar absorção de água e cozidas em banho-maria com aumento gradativo da temperatura (45 °C / 30 min⁻¹; 55 °C / 30 min⁻¹; 65 °C / 30 min⁻¹ e 75 °C até temperatura interna de 72 °C). A medida da temperatura foi realizada no centro geométrico de cada amostra, com termômetro tipo espeto (Metrins, INS-1307) posicionado no centro geométrico de cada amostra para monitorar a temperatura do produto. Após o cozimento, as amostras foram resfriadas em água corrente por 20 min e armazenadas a 4 ± 1 °C para análises subsequentes.

4.7.1.1 Avaliação de cor

A cor das emulsões foi avaliada antes e após o cozimento utilizando um colorímetro (Croma Meter CR400 Konica Minolta®), empregando o sistema de escala de cor (CIELab). Foram determinados os valores de luminosidade (L*) e coordenadas de cromaticidade (a* e b*). Os valores de a* indicam a tonalidade que varia entre o vermelho (+a*) e o verde (-a*), enquanto os valores de b* abrangem o espectro do amarelo (+b*) ao azul (-b*). Já o valor de L* proporciona a luminosidade, variando de branco (L*=100) a preto (L*=0) (Konica Minolta, 2023).

4.7.1.2 Avaliação de pH

Para a determinação do pH, 10 g de cada emulsão antes e após cozimento foram acrescidos de 100 mL de água ultrapura e homogeneizados (em triplicata). As medições foram realizadas utilizando um pHmetro (Instrutherm PH-5000).

4.7.1.3 Perda de peso por cozimento

A perda de peso por cozimento (PPC) foi realizada nas emulsões após o cozimento em banho-maria e calculada conforme a Equação 8.

$$\%PPC = 100\% - \left[\frac{(massa\ inicial - massa\ final)}{massa\ inicial} \right] \times 100 \quad \text{Eq. 8}$$

4.7.1.4 Capacidade de retenção de água

A metodologia de Hamm (1961) foi utilizada para medir a perda de água sob pressão. A amostra em cubo de aproximadamente 0,5 g foi colocada entre dois papéis de filtro Whatman nº 2, com um peso de 10 kg por 5 minutos. Após isso, a amostra foi pesada novamente. A capacidade de retenção de água foi calculada pela diferença de peso da amostra e expressa em porcentagem de água exsudada em relação ao peso inicial da amostra, conforme a Equação 9.

$$CRA(\%) = \frac{(peso\ inicial - peso\ final)}{peso\ inicial} \times 100 \quad \text{Eq. 9}$$

4.7.1.5 Atividade de água

A análise de atividade de água (A_w) foi realizada em medidor de atividade de água (Water activity modelo DCG-40530, Decagon, WA, USA), utilizando-se as amostras de emulsões na temperatura de 25 °C, de acordo com as especificações do fabricante.

4.7.1.6 Perfil de textura

A análise de perfil de textura foi realizada no equipamento Stable Micro System, modelo TA HD plus, (Godalming, Reino Unido). Antes do início das análises o equipamento foi devidamente calibrado em relação a força e a altura. Foram preparados três cilindros de 2 cm de altura e 2 cm de largura a partir de cada

formulação. Um teste de duplo ciclo de compressão foi realizado até 50% de compressão da altura original da amostra com velocidade de pré-teste 1,0 mm/s, velocidade de teste de 5 mm/s e de pós-teste 5 mm/segundo com o probe P36R. Foi permitido um tempo de 1 s entre os dois ciclos de compressão. As curvas de deformação força-tempo foram obtidas com uma célula de carga de 5 kg aplicada a uma velocidade de 5 mm/s. Os seguintes parâmetros foram quantificados dureza (N), elasticidade (m), adesividade (N s) e coesividade.

A força de cisalhamento foi mensurada utilizando o probe com lâmina Warner Bratzler. As amostras tinham o formato de 2 × 2 × 4 cm, o corte com a lâmina de Warner Bratzler foi realizado no sentido transversal. Os resultados foram expressos pela força mínima em Newton (N) necessária para o corte das amostras. A célula de carga utilizada foi de 5 kg.

4.8 Análise estatística

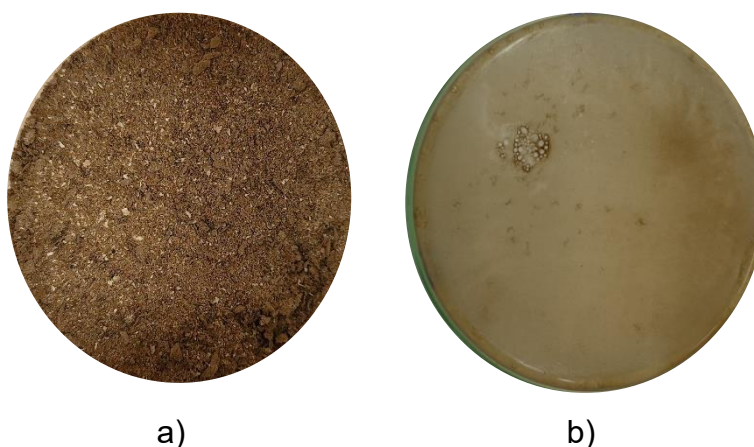
Os resultados obtidos foram avaliados por análise de variância (one-way, ANOVA), seguido pelo teste de comparação de médias de Tukey ou T-Student utilizando o programa Statistica 8.0 (Statsoft Inc., Tulsa, OK, USA). Os resultados foram expressos como média ± desvio padrão da média e considerado significativamente diferente quando $p < 0,05$.

5 RESULTADO E DISCUSSÕES

5.1 Rendimento e pH

A partir dos dois métodos de secagem utilizados observou-se que a mucilagem liofilizada (Figura 5a) apresentou coloração mais escura e um aspecto arenoso, característico das matrizes secas por este método, enquanto a mucilagem seca em estufa (Figura 5b) apresentou um aspecto uniforme como se fosse um filme fino e homogêneo.

Figura 5 – Mucilagens após o método de secagem a) liofilizador e b) estufa convencional



Fonte: Aatoria própria (2024)

Os rendimentos da mucilagem de acordo com o método de secagem estão apresentados na Tabela 4. O método de secagem por liofilização promoveu um maior rendimento quando comparado ao método de secagem em estufa (Tabela 4).

Essa diferença pode ser explicada pelo fato de que a técnica de liofilização, por ser um processo de secagem por congelamento seguida pela sublimação do gelo, preserva melhor as propriedades da mucilagem em comparação com a secagem convencional em estufa, pois a tecnologia do liofilizador, ao operar em condições de baixa temperatura e pressão reduzida minimiza a degradação das substâncias sensíveis ao calor, resultando em menores perdas de mucilagem durante o processo de secagem (GEA, 2024).

Tabela 4 – Rendimento das mucilagens obtidas de raízes de *T. paniculatum* (Jacq.) Gaertn por desidratação em estufa e liofilização

Métodos de secagem	Rendimento %
Estufa 50 °C	0,83 ± 0,08 ^b
Liofilizador	1,17 ± 0,25 ^a

Resultados expressos pela média ± desvio padrão (n=3). Médias com diferentes letras minúsculas sobrescritas na coluna indicam diferença significativa entre as extrações pelo teste *T-student* ($p \leq 0,05$).

Fonte: Aatoria própria (2024)

Na literatura, não foram encontrados artigos sobre os diferentes métodos que podem ser usados na secagem da mucilagem da *T. paniculatum*. Para uma comparação paralela sobre o rendimento da obtenção de mucilagens de raízes, foram utilizados artigos que avaliaram o processo de secagem de mucilagens obtidas de outras matrizes. No trabalho de Huang *et al.* (2006), a mucilagem da batata doce exibiu valores de rendimento semelhantes ao da mucilagem das raízes da *T. paniculatum*, sendo aproximadamente de 1,5% com o emprego de etapas de precipitação com isopropanol e desidratação em estufa. Outro estudo com percentual parecido ao obtido neste estudo, foi conduzido por Silva *et al.* (2019), que obtiveram um rendimento da mucilagem de frutos verdes de ora-pro-nóbis de aproximadamente 1% em pó pelo método de secagem por liofilização.

Em contraste, a mucilagem da semente de chia apresentou variações de rendimento mais expressivas, situando-se entre 2,34% e 5,06%, mediante a aplicação de ultrassom por períodos de 3 a 30 min para obtenção da mucilagem (Silva *et al.*, 2022). Por sua vez, Andrade *et al.* (2021) destacaram altos rendimentos de mucilagem, com variações significativas de 11,35% a 21,54% entre as amostras de cactos das espécies *Pilosocereus gounellei*, *Pilosocereus pachycladus*, *Opuntia ficus-indica* e *Opuntia cochenillifera*, este rendimento elevado atribui-se a matriz utilizada para a obtenção.

Não foram realizados testes de reconstituição das mucilagens desidratadas nos diferentes métodos, porém a literatura descreve que a liofilização permite que as substâncias obtidas tenham boa estabilidade de armazenamento e permaneçam inalteradas, ou seja, mantenham suas propriedades originais após a reconstituição com água (Santiago; Moreira, 2020). Desta forma, além do maior rendimento obtido por este método de secagem e considerando que a mucilagem seria reidratada, optou-se pela mucilagem liofilizada que foi utilizada nas análises das etapas subsequentes.

Deve-se destacar que a secagem em estufa ainda permanece como um método de custo-benefício amplamente empregado, visto que o equipamento necessário (a estufa) possui um custo inicial mais acessível e seu procedimento operacional é relativamente simples. Conseqüentemente, tal método ainda é frequentemente preferido devido à sua maior acessibilidade no mercado (Pinheiro; Costa, 2021).

Quanto ao pH das mucilagens, foi identificada uma leve acidez, com valores médios de $6,32 \pm 0,03$ em que se assemelha ao pH da mucilagem do fruto do cacto (*Cereus hildmaniannus*), de $6,40 \pm 0,06$ (Niehues *et al.*, 2015) e da ora-pro-nóbis, de $7,41 \pm 0,1$ (Lise, 2021). Essas variações nos valores de pH indicam a influência direta da composição química específica de cada tipo de mucilagem.

5.2 Composição química

5.2.1 Determinação de aminoácidos

A Tabela 5 apresenta o escore químico dos aminoácidos essenciais presentes na mucilagem extraída da raiz de *T. paniculatum* (Jacq.) Gaertn. O objetivo principal foi avaliar a qualidade da proteína presente na mucilagem em comparação com a proteína padrão estabelecida pela FAO/WHO/UNU para crianças de 2 a 5 anos.

A qualidade da proteína avaliada pelo escore químico é baseada no aminoácido essencial limitante, no qual valores maiores que 1,0 indicam que a proteína é de boa qualidade (PIRES *et al.*, 2006). De acordo com os resultados apresentados na Tabela 5 mostram que todos os aminoácidos da mucilagem extraída das raízes da *Talinum* possuem escore químico para todos os aminoácidos inferior a 1,0, sendo a lisina e leucina os aminoácidos em menor quantidade (0,11). Proteínas de alta qualidade contêm todos os aminoácidos essenciais em maior nível do que a referência da FAO/OMS/UNU (1985). Apesar das necessidades de aminoácidos serem diferentes para cada indivíduo e depender de fatores variados, o padrão mínimo de segurança recomendado é o indicado para crianças de 2 a 5 anos.

Tabela 5 - Escore químico da mucilagem extraída da raiz *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn

Aminoácidos essenciais	Teor de AA* mucilagem da raiz <i>T. paniculatum</i> (g AA.100 g ⁻¹ de mucilagem)	Proteína padrão FAO/WHO/UNU (2-5 anos) ** (g AA.100 g ⁻¹ proteína)	Escore Químico da mucilagem (g AA.100 g ⁻¹ mucilagem)
Triptofano	0,44	1,1	0,40
Histidina	0,26	1,9	0,14
Metionina + cistina	0,35	2,5	0,14
Treonina	0,44	3,4	0,13
Valina	0,55	3,5	0,16
Fenilalanina + tirosina	1,04	6,3	0,17
Isoleucina	0,5	2,8	0,18
Lisina	0,66	5,8	0,11
Leucina	0,75	6,6	0,11
Ác. glutâmico	1,69		
Glicina	0,63		
Arginina	0,57		
Metionina	0,09		
Fenilalanina	0,52		
Aminoácidos totais (g aminoácido.100 g ⁻¹ CPFA)	8,49		

*AA: aminoácidos; **Proteína padrão para pré-escolares (2-5 anos): FAO/WHO/UNU (1985).

Fonte: Autoria própria (2024)

A Tabela 6 apresenta o perfil de aminoácidos da mucilagem extraída da raiz da *T. paniculatum*, comparada as mucilagens de taro (rizoma) e ora-pro-nóbis (folhas), proteína isolada de soja (PIS), e albumina sérica bovina (BSA).

A mucilagem de *T. paniculatum*, assim como a mucilagem de taro e ora-pro-nóbis possuem um perfil de aminoácidos que é insuficiente para atender aos padrões nutricionais de proteínas completas como PIS e BSA. No entanto, os aminoácidos presentes ainda podem ser valiosos para aplicações funcionais em alimentos, como agentes de gelificação (Meng *et al.*, 2017), emulsificação (Heś; Gliszczyńska-Świgło; Gramza-Michałowska, 2017) e modificação de textura (Zheng *et al.*, 2023). Isso demonstra que, enquanto a mucilagem pode não ser uma boa fonte de proteína dietética completa, ela pode ser útil em outras aplicações alimentares onde suas propriedades funcionais são mais importantes que seu valor nutricional.

Tabela 6 - Perfil de aminoácidos mucilagem extraída da raiz da *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn obtido no experimento, comparado aos padrões da mucilagem de taro, mucilagem de ora-pro-nóbis, proteína isolada de soja e albumina sérica bovina.

Tipo	Aminoácidos*	Mucilagem				
		<i>T. paniculatum</i>	Taro ¹	OPN ²	PIS ³	BSA ⁴
E	Ác. glutâmico	1,69	Ni	1,86	20,20	17,70
E	Glicina	0,63	2,75	0,83	4,00	2,40
E	Histidina	0,26	3,14	0,24	2,50	0,43
E	Arginina	0,57	0,00	0,73	7,70	5,90
E	Treonina	0,44	6,72	0,54	3,70	5,80
E	Valina	0,55	0,00	0,73	4,70	5,90
E	Metionina	0,09	Ni	0,18	1,10	1,00
E	Isoleucina	0,50	8,80	0,60	4,80	2,50
E	Leucina	0,75	7,97	1,09	7,60	11,70
E	Fenilalanina	0,52	6,16	0,73	5,30	6,70
E	Lisina	0,66	23,77	0,78	6,00	12,40
E	Triptofano	0,44	20,93	0,29	1,40	0,80
NE	Ác. aspártico	0,95	Ni	1,21	11,70	11,60
NE	Serina	0,58	5,85	0,60	5,40	5,00
NE	Alanina	0,69	4,91	0,83	3,90	6,50
NE	Prolina	0,5	0,00	0,76	5,20	4,70
NE	Tirosina	0,52	0,00	0,51	3,70	5,10
NE	Cistina	0,09	Ni	0,13	1,20	5,10
NE	Taurina	<0,01	Ni	Ni		
NE	Hidroxiprolina	0,11	Ni	Ni		
	Metionina + cistina	0,35	Ni	0,31	2,30	6,10
	Fenilalanina + tirosina	1,04	Ni	1,24	9,00	11,80

E: Essencial; NE: Não essencial; Ni: não informado; *aminoácidos não determinados: asparagina, glutamina, selenocisteína. Taro¹: (Tang *et al.*, 2003); OPN²: ora-pro-nóbis (Lise *et al.*, 2021); PIS³: proteína isolada de soja (Huff;Carroll, 1980); BSA⁴: albumina sérica bovina (Prata; Sgarbieri, 2008).

Fonte: Autoria própria (2024)

5.2.2 Determinação de carboidratos

A Tabela 7 apresenta o perfil de carboidratos da mucilagem extraída da raiz da *T. paniculatum*, comparada as mucilagens de linhaça (*Linum usitatissimum*), chia (*Salvia hispânica*) e cacto (*Pilosocereus gounellei*).

Tabela 7 – Perfil de carboidratos da mucilagem extraída da raiz da *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn obtido no experimento, comparado aos padrões da mucilagem de linhaça, mucilagem de chia e mucilagem de cacto *P. gounellei*

Carboidratos	<i>T. paniculatum</i> (%)	Linhaça (%)	Chia (%)	<i>P. gounellei</i> (%)
Arabinose	1,5	20,2	41,8	59,0
Fucose	-	-	0,5	-
Manose	0,6	-	2,6	0,6
Ramnose	0,4	-	0,5	4,7
Xilose	-	68,2	43,1	0,6
Galactose total	4,6	7,9	7,8	30,2
Glicose total	29,2	3,7	6,3	4,9
Glicídios totais	36,2	-	-	-

Linhaça (Qian *et al.*, 2012); Chia: (Silva *et al.*, 2022); *P. gounellei*: (Vieira *et al.*, 2021)

Fonte: Autoria própria (2024)

A mucilagem de *T. paniculatum* possui um perfil de carboidratos que diferiu das mucilagens obtidas da linhaça e chia que apresentam alto teor de arabinose e xilose. Observou-se semelhança no conteúdo de manose com a mucilagem do cacto e demonstrou conteúdo significativamente mais elevado de glicose em comparação com todas as mucilagens. A diferença entre valores, pode estar atribuída a diferentes partes da planta em que a mucilagem foi caracterizada.

Em relação aos carboidratos totais, foram encontrados na literatura valores próximos ao da mucilagem da *T. paniculatum*, a mucilagem da ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*), cuja composição é baseada em polissacarídeos estruturais pertencentes à família dos arabinogalactanos, com 48% do açúcar total (Lira *et al.*, 2023) e mucilagem da casca da pitaya 55,3% (oligossacarídeos) (Otálora; Wilches-Torres; Gómez Castaño, 2023). Destaca-se na mucilagem da *T. paniculatum* o elevado teor de glicose total (Tabela 7). Os carboidratos contribuem para a viscosidade, gelificação e estabilidade de alimentos e sugere aplicação em diversas indústrias, como alimentícia e farmacêutica (Karami *et al.*, 2021).

5.3 Propriedades biológicas

5.3.1 Antimicrobiana

Em uma primeira análise, utilizou-se a concentração de 16,0 mg mL⁻¹ de mucilagem pelo método colorimétrico, visando obter um efeito inibitório. Esta concentração foi determinada como a máxima solubilidade possível na técnica utilizada, contudo, não foram observados resultados positivos. Diante disso, optou-se por mudar de método e aumentar a concentração da mucilagem. Porém, mesmo nesta segunda técnica, de difusão de disco, em que foi aplicada a concentração de 71,45 mg mL⁻¹ não foi observada inibição bacteriana nos microrganismos testados (Tabela 8).

Tabela 8 – Atividade antimicrobiana da mucilagem da raiz de *Talinum paniculatum*

	Método colorimétrico		Método de difusão em disco		Levofloxacino (64 mg mL ⁻¹)	
	Mucilagem raiz (16,0 mg mL ⁻¹)		Mucilagem raiz (71,45 mg mL ⁻¹)			
	CIM	CBM	CIM	CBM	CIM	CBM
Bactérias Gram-negativas						
<i>Escherichia coli</i>	>16,0	>16,0	>71,45	>71,45	2,0	2,0
<i>Salmonella typhimurium</i>	>16,0	>16,0	>71,45	>71,45	2,0	2,0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	>16,0	>16,0	>71,45	>71,45	2,0	2,0
Bactérias Gram-positivas						
<i>Staphylococcus aureus</i>	>16,0	>16,0	>71,45	>71,45	2,0	2,0

CIM: concentração inibitória mínima, CBM: concentração bactericida mínima.

Fonte: Autoria própria (2024)

Até o momento, não foram encontradas referências na literatura sobre a utilização da mucilagem das raízes de *T. paniculatum* para fins de comparação. No entanto, no estudo de Menezes *et al.* (2021) que avaliaram a atividade antibacteriana pelos métodos de difusão em disco e macrodiluição, os extratos obtidos das folhas de *T. paniculatum* demonstraram Concentração Inibitória Mínima (CIM) de 455 mg mL⁻¹ para *B. cereus* e 650 mg mL⁻¹ para *E. coli* e *S. aureus*. O autor sugere que a possível atividade antimicrobiana dos extratos das folhas de *T. paniculatum* pode estar associada à presença de fitoesteróis, como campesterol, β -sitosterol e estigmasterol. Neste estudo, foram utilizadas concentrações aproximadamente seis vezes maiores de mucilagem do que as concentrações de extrato empregadas por Menezes *et al.* (2021). Esta diferença pode ser justificada pela composição química da mucilagem que será discutida ao final deste tópico e em itens posteriores.

Os estudos publicados sobre a atividade antimicrobiana de mucilagens estão majoritariamente relacionados a mucilagens extraídas de sementes ou combinadas

com plantas que possuem óleos essenciais (Abedi; Sayadi; Oliyaei, 2024; Faraj; Nouri, 2024; Lindi *et al.*, 2024). Esses estudos determinam as atividades biológicas com base na composição química característica dessas matrizes, que não é equivalente à mucilagem extraída das raízes de *T. paniculatum*. Por exemplo, Chaves-Ulate *et al.* (2023) investigaram a atividade antimicrobiana da mucilagem de café usando uma concentração de 50,4 mg mL⁻¹, os resultados apresentaram um efeito inibitório significativo em *B. cereus* (Gram-positivo), mas não em bactérias Gram-negativas como *E. coli*, *Salmonella* e *Pseudomonas*. A pesquisa destacou que a eficácia do extrato depende da concentração, com menores concentrações resultando em menor capacidade de inibição.

Portanto, utilizar concentrações mais elevadas pode ser uma alternativa para obter resultados mais eficazes. No entanto, a composição da mucilagem extraída das raízes de *T. paniculatum* indica a ausência de propriedades biológicas que inibam o crescimento bacteriano. Isso sugere que, mesmo com o aumento da concentração, nas condições deste estudo a mucilagem de *T. paniculatum* não apresentou atividade antimicrobiana, diferentemente de outras fontes de mucilagem que possuem compostos bioativos específicos.

5.3.2 Antioxidante

Os resultados da atividade antioxidante das mucilagens estão descritos na Tabela 9.

Tabela 9 – Atividade antioxidante das mucilagens da *Talinum paniculatum*

Análises	Mucilagem raízes
Fenólicos totais (mg EAG 100 g ⁻¹)	4,343 ± 0,113
DPPH (mg TE 100 g ⁻¹)	0,002 ± 0,000
ABTS (mg TE 100 g ⁻¹)	0,041 ± 0,002
FRAP (mg TE 100 g ⁻¹)	0,054 ± 0,001

Resultados expressos pela média ± desvio padrão (n=3).

Fonte: Autoria própria (2024)

Os antioxidantes exercem diversas funções, atuando como sequestradores de radicais, doadores de elétrons, doadores de hidrogênio, decompositores de peróxido, inibidores de enzimas, sinergistas e agentes quelantes de metais. É relevante compreender que os radicais livres e oxidantes têm uma dualidade em seu papel, podendo ser tanto prejudiciais quanto úteis no organismo (Martelli *et al.*, 2014). Esses radicais podem ser gerados *in situ* a partir do metabolismo celular normal ou *ex situ* devido à exposição a poluentes, fumo, radiação e medicamentos (Khalid *et al.*, 2022). Essa complexa interação destaca a importância dos antioxidantes na neutralização e regulação desses radicais para manter o equilíbrio no organismo.

Conforme evidenciado na Tabela 9, os resultados da atividade antioxidante da mucilagem da *T. paniculatum* foram menores em comparação aos extratos da planta apresentados no estudo conduzido por Menezes *et al.* (2021), em que o extrato etanólico das folhas de *T. paniculatum* apresentou um teor de fenólicos de 319,86 mg EAG 100 g⁻¹, enquanto o extrato aquoso apresentou um teor de 266,92 mg EAG 100 g⁻¹, indicando uma maior eficiência do etanol na extração de compostos fenólicos. Este contraste é evidenciado também no estudo de Andarwulan *et al.* (2010) com as folhas de *Talinum triangulare*, onde o extrato hidroalcolico (95%) apresentou níveis de ABTS de 1,03 ± 0,02 mg TE 100 g⁻¹, demonstrando variações significativas na capacidade antioxidante entre diferentes espécies do mesmo gênero e métodos de extração. Esses resultados sugerem que, embora a mucilagem de *T. paniculatum* possua alguma atividade antioxidante, os extratos de suas folhas, especialmente os etanólicos, são mais potentes e eficazes na extração de antioxidantes.

A atividade antioxidante, assim como a atividade antimicrobiana, tem sido amplamente destacada na literatura quando associada a mucilagens combinadas com óleos essenciais ou sementes, bem como a plantas com alto valor biológico. Estudos indicam que essas combinações podem potencializar os efeitos benéficos, resultando em propriedades funcionais significativas que são de grande interesse para a pesquisa e aplicações industriais. (Dehghani *et al.*, 2020; Farahani *et al.*, 2024; Marand *et al.*, 2023).

As concentrações utilizadas no experimento e modo de extração também interferem nos resultados obtidos, além disso, é plausível considerar que possa haver variações na concentração de antioxidantes em relação aos meses e estações, conforme observado por Messina *et al.* (2021), o estudo da mucilagem de *O. ficus-indica* (conhecida como cacto) revelou diferenças nos resultados de DPPH (IC₅₀, mg

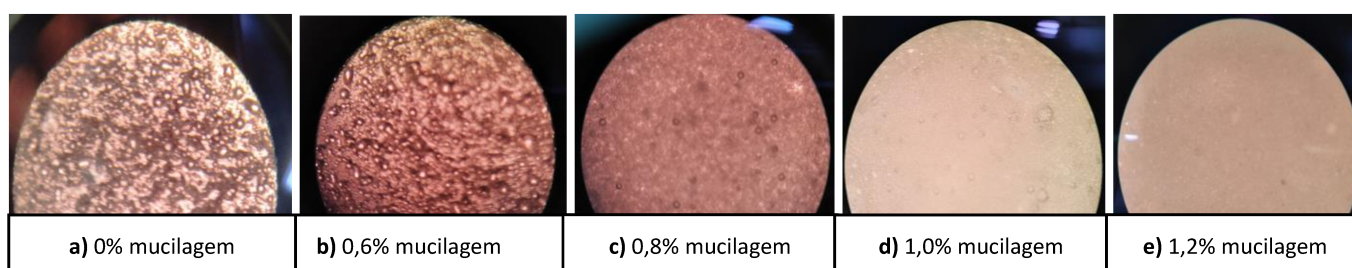
mL⁻¹) ao longo do ano, sendo $14,60 \pm 0,94$ (janeiro), $25,78 \pm 0,71$ (março), $20,63 \pm 6,08$ (abril), $11,49 \pm 5,28$ (julho) e $7,04 \pm 0,93$ (outubro). Essa variação sazonal pode influenciar diretamente nas propriedades antioxidantes das mucilagens.

5.4 Propriedades funcionais

5.4.1 Capacidade emulsificante

A capacidade emulsificante está vinculada às propriedades superficiais de uma substância, indicando sua propriedade de agir como um agente facilitador na solubilização ou dispersão de dois líquidos que não se misturam (XAVIER *et al.*, 2022). Na Figura 6, na análise microscópica é possível observar, que em concentrações mais baixas de mucilagem (Fig. 6a), a dispersão dos líquidos imiscíveis (água e óleo) não são efetivas, pois as bolhas de água são maiores e conforme a concentração de mucilagem aumenta (Fig. 6 b,c,d,e), observa-se uma redução gradual no tamanho das bolhas e na extensão de suas superfícies. Esse padrão sugere que a mucilagem desempenha um papel eficiente na formação e estabilização de emulsões, resultando em bolhas de menor dimensão e superfícies mais uniformes interagindo com as moléculas de óleo.

Figura 6 – Microscopia da emulsão da mucilagem raiz

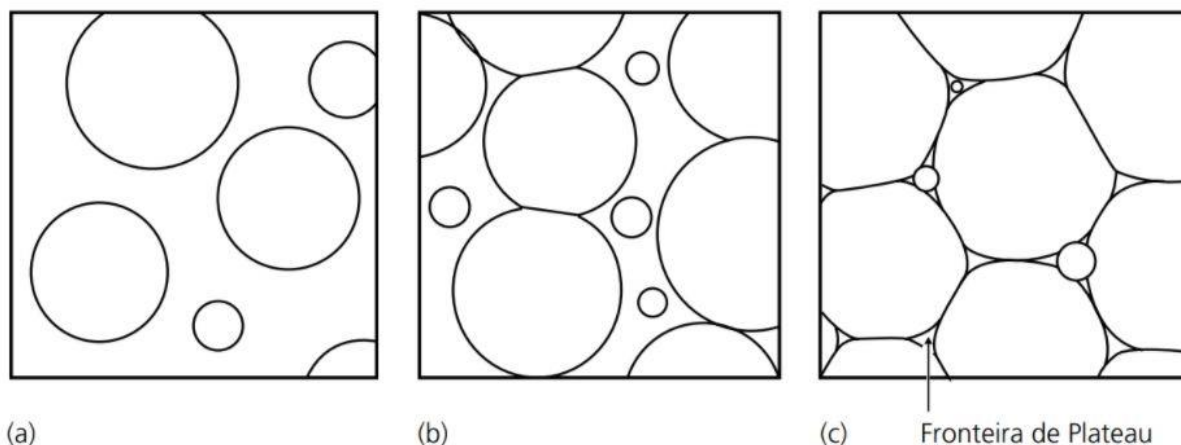


Fonte: Autoria própria (2024)

De acordo com Fennema e Damodaran (2019) a distribuição de tamanho das bolhas se modifica ao longo do tempo, considerando duas bolhas de diâmetros diferentes, a bolha de menor raio terá maior pressão, enquanto a de maior raio terá menor pressão. Esse desequilíbrio provoca um deslocamento do filme líquido e difusão do gás da bolha menor para a maior, processo conhecido como maturação de Ostwald, a região de água que delimita as superfícies em formato de prisma é denominada fronteira de Plateau, conforme apresentado na Figura 7, ao decorrer do

tempo devido as bolhas menores possuírem uma maior pressão, tendem a estourar, promovendo a separação dos líquidos novamente.

Figura 7 – Maturação de Ostwald



Fonte: Adaptado de Fennema (2019)

A explicação teórica ressaltou a importância da mucilagem na formação e estabilidade das bolhas, levando a uma redução gradual no tamanho e na superfície dessas bolhas. Essa característica destaca a eficácia da mucilagem em manter a estabilidade das emulsões ao longo do tempo. Podemos concluir que a mucilagem obtida da raiz da *T. paniculatum* tem uma capacidade notável de formar emulsões, influenciando positivamente sua estabilidade em diferentes concentrações. Essa propriedade é especialmente relevante em várias indústrias, como na produção de alimentos e cosméticos, onde a estabilidade das emulsões é essencial.

5.4.2 Estabilidade de emulsão

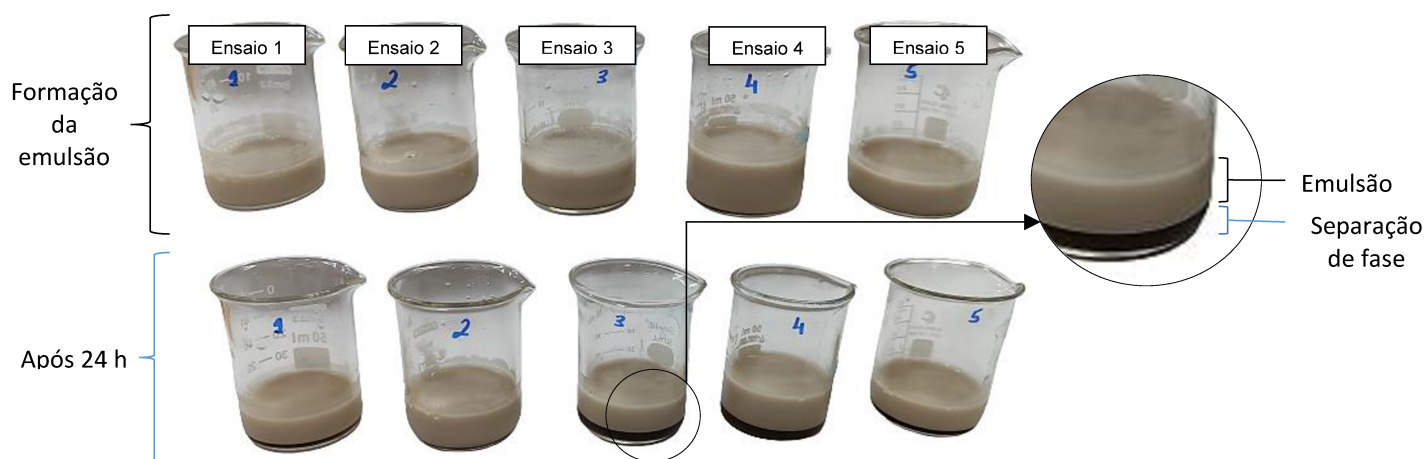
Com a análise da Tabela 10, é possível identificar a eficácia da mucilagem na estabilidade das emulsões nos ensaios com óleo/água. A Figura 8 evidencia visualmente que o ensaio 2 alcançou a melhor estabilidade, com uma separação de fase menos evidente e um cálculo de 93,75% de estabilidade. Esses resultados destacam a importância das proporções adequadas de óleo e água para garantir a estabilidade da emulsão.

Tabela 10 – Estabilidade da emulsão em função das proporções de óleo e água

Ensaio	Óleo	Água	Estabilidade %
1	8	8	71,43
2	12	8	93,75
3	8	12	64,70
4	12	12	75,00
5	10	10	73,33
6	10	10	71,43
7	10	10	76,92

Fonte: Autoria própria (2024)

Ao comparar os resultados apresentados por Lise (2021) e o estudo prévio de Jideani e Bello (2009), observamos que a estabilidade de emulsão para a mucilagem da ora-pro-nóbis foi registrada em 90,33%, enquanto para a mucilagem do quiabo variou entre 72% e 96%. Esses dados indicam uma variabilidade nas propriedades de estabilidade entre diferentes mucilagens de plantas. No entanto, os resultados de ambos os estudos são consistentes ao sugerir que a estabilidade de emulsão da mucilagem da *T. paniculatum* está alinhada com valores observados em outras plantas.

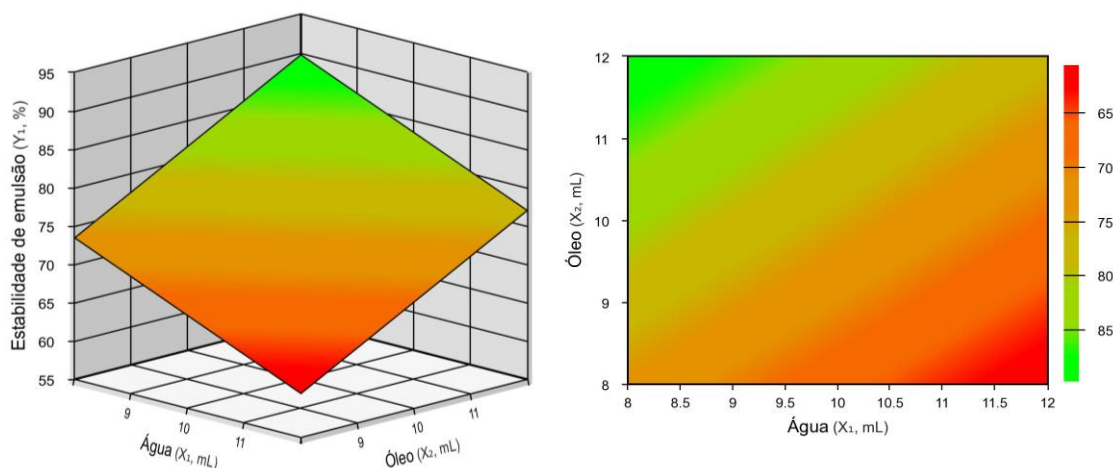
Figura 8 – Ensaio de estabilidade de emulsão

Fonte: Autoria própria (2024)

O gráfico de superfície de resposta (Figura 9), revela que a proporção entre 11 e 12 mL de óleo e 8 e 9 mL de água foi associada a uma estabilidade de emulsão significativamente elevada, atingindo cerca de 80-90%. Esse intervalo de proporções

otimizado pode ser considerado como condições ideais para alcançar uma alta estabilidade na emulsão da mucilagem.

Figura 9 – Superfície de resposta da análise de estabilidade emulsão



Coefficiente de regressão: $Y_1 = 75,22 - 6,37 x_1 + 8,16 x_2$. $R^2 = 87,54\%$.

Fonte: Autoria própria (2024) – gerado no Protimiza®

Os resultados obtidos para a análise de estabilidade da mucilagem da raiz da *T. paniculatum* indicam um desempenho positivo nesse aspecto. Os resultados da análise de variância do modelo foram apresentados na Tabela 11, a falta de ajuste não significativa a nível de 5%, sugere que o modelo proposto para avaliar a estabilidade da emulsão é estatisticamente correto e adequado para explicar os dados observados.

Tabela 11 – Análise de Variância (ANOVA) da Estabilidade de Emulsão

Fonte de Variação	SQ	GL	Q M	F _{calculado}	F _{tabelado (5%)}
Regressão	428,3	2	214,2	14,1	0,01552
Resíduos	60,9	4	15,2		
Falta de ajuste	45,4	2	22,7	2,9	0,25508
Erro puro	15,5	2	7,8		
Total	489,3	6			

$R^2 = 87,54\%$

Fonte: Autoria própria (2024)

5.4.3 Capacidade de formação e estabilidade de espuma

No experimento para avaliar a formação e a estabilidade da espuma, que incluiu análises em diferentes valores de pH (4, 6 e 8). A mucilagem da raiz exibiu uma formação de espuma significativamente maior em pH 8, como é possível observar na Tabela 12.

Tabela 12 – Capacidade de Formação de Espuma da mucilagem de *Talinum paniculatum* em diferentes pH

pH	CFE %
4	432,22 ± 24,12 ^c
6	517,78 ± 45,38 ^{bc}
8	527,78 ± 34,69 ^{ab}

CFE=Capacidade de Formação de Espuma; Resultados expressos pela média ± desvio padrão (n=3).

Médias com diferentes letras minúsculas sobrescritas entre as linhas indicam diferença significativa entre as mucilagens pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2024)

Essa diferenciação já foi perceptível visualmente durante a elaboração da espuma, conforme ilustrado na Figura 10. Ao comparar com estudos sobre mucilagens, essa propriedade da *T. paniculatum* foi superior a diferentes cactos do Brasil, como o *Opuntia ficus-indica* e *Pilosocereus pachycladus* que exibiram capacidade de formação de espuma de 55%, *Opuntia cochenillifera* 75% e os cactos *Cereus jamacaru*, *Cereus hildmannianus*, *Pilosocereus gounellei* e *Tacinga inamoena* apresentaram 100% da capacidade de formação de espuma (Andrade *et al.*, 2021).

Figura 10 - Formação de espuma mucilagem raiz



Fonte: Autoria própria (2024)

A capacidade de estabilidade de espuma está apresentada na Tabela 13, em que é possível identificar que não houve diferença significativa entre os tempos e pHs testados, indicando uma excelente estabilidade proporcional em diferentes tempos.

Tabela 13 – Capacidade de Estabilidade de Espuma da mucilagem da raiz de *Talinum paniculatum* em diferentes pH e tempos

pH	Tempo (min)	Estabilidade (%)
4	5	98,62 ^a ± 2,14
6	5	99,85 ^a ± 0,25
8	5	97,59 ^a ± 1,97
4	10	96,21 ^a ± 3,18
6	10	98,43 ^a ± 0,22
8	10	98,87 ^a ± 0,43
4	20	95,57 ^a ± 2,34
6	20	95,86 ^a ± 2,42
8	20	96,68 ^a ± 0,42
4	30	94,27 ^a ± 3,79
6	30	94,57 ^a ± 2,74
8	30	93,32 ^a ± 1,00

CEE=Capacidade de Estabilidade de Espuma. Resultados expressos pela média ± desvio padrão (n=3). Médias com diferentes letras minúsculas sobrescritas entre as linhas indicam diferença significativa entre as mucilagens pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: A autoria própria (2024)

No estudo de Dick *et al.* (2019) sobre o cacto *Opuntia monacantha*, as espumas feitas à base de mucilagem nas concentrações de 0,5% e 1% diminuíram progressivamente de volume ao longo do tempo em 2 h ($\leq 72,7\%$ a $\leq 46\%$), no mesmo estudo foi comparado a espuma de ovalbumina a 5%, que apresentou uma queda de volume menos acentuada (74,9 para 62,1%). Entretanto a combinação da mucilagem à solução de ovalbumina aumentou significativamente a estabilidade das espumas, com valores de estabilidade superiores a 98% após 2 horas, em comparação com a ovalbumina isolada. Diferindo das espumas da *T. paniculatum* que não precisaram de adição de outro componente para sua estabilidade.

Entretanto, avaliações feitas por Makri e Doxastakis (2007) e Martinez *et al.* (2005) destacam que a adição de polissacarídeos a sistemas proteicos melhora a estabilidade das espumas, aumentando a viscosidade da fase aquosa e retardando a drenagem e coalescência das bolhas de ar. Além disso, os polissacarídeos formam um filme coeso e flexível ao redor das bolhas, melhorando a formação da espuma

Esta propriedade funcional mesmo com variações de pH, a mucilagem da raiz manteve bons resultados, sugerindo potenciais aplicações em diversas matrizes alimentares como produtos aerados, emulsionados e texturizantes como embutidos, maioneses, pães, sobremesas lácteas, molhos, estabilizador de espuma em bebidas espumosas, entre outros.

5.4.4 Solubilidade e Capacidade de Retenção de água

A capacidade de se dissolver em líquidos é um critério fundamental para as diversas aplicações de mucilagens nas indústrias alimentícia e farmacêutica. Do ponto de vista funcional, busca-se alcançar a completa solubilidade destes, uma vez que isso resulta na maximização de suas propriedades funcionais. Enquanto alguns hidrocoloides, como xantana, guar e carboximetilcelulose, são solúveis em água fria, outros, como carragenina, goma de alfarroba e alginatos, apresentam completa solubilidade em água quente (Laaman, 2010).

Sob a perspectiva fisiológica e tecnológica, a capacidade de retenção de água emerge como uma das propriedades mais cruciais das gomas polissacarídicas, influenciando diretamente seu desempenho, características sensoriais, estabilidade física e textura (Hinrichs; Götz; Weisser, 2003). Deste modo a Tabela 14 apresenta estes dados da *T. paniculatum*.

Tabela 14 – Solubilidade e Capacidade de Retenção de Água (CRA) da mucilagem de *Talinum paniculatum*

Propriedades funcionais	Valores
Solubilidade %	65,20 ± 7,03
CRA g água retida g ⁻¹ mucilagem	288,94 ± 27,39

CRA=Capacidade de Retenção de Água.

Fonte: Aatoria própria (2024)

Os resultados obtidos sugerem uma elevada solubilidade e que pode ser atribuída ao método de extração utilizado, que envolveu o uso de água. A extração com água provavelmente permitiu a obtenção de mucilagens altamente solúveis, resultando em propriedades semelhantes de retenção e absorção de água nas amostras. As análises revelam que a solubilidade da mucilagem supera significativamente a solubilidade da *Linum usitatissimum L.* (linhaça), a qual varia

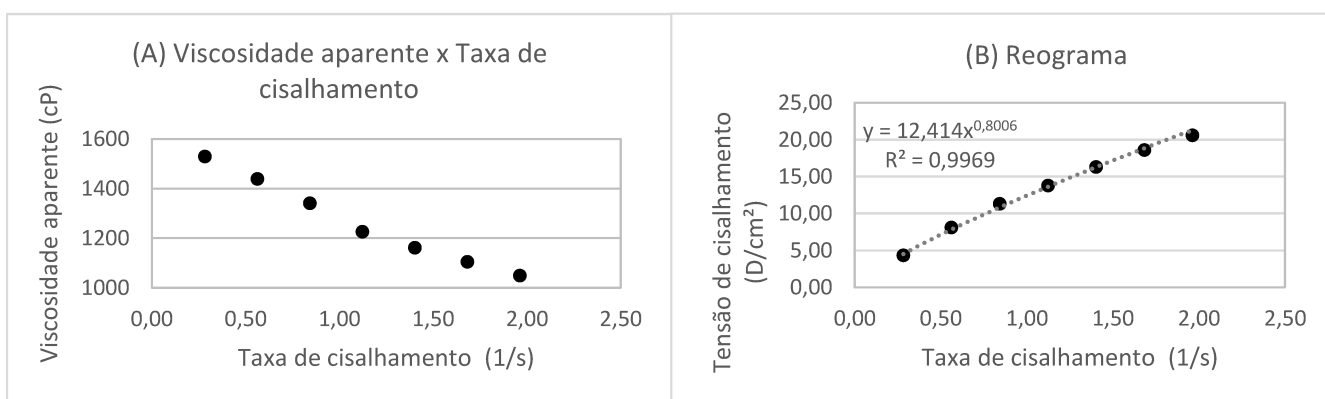
entre 15-40% de acordo com estudo de (Kaewmanee *et al.*, 2014). No entanto, esses valores são menores que os verificados em mucilagem da *Cordia myxa* (ameixa-assíria) à temperatura ambiente, que atingiu $93,27 \pm 5,63\%$ (Keshani-Dokht *et al.*, 2018).

A capacidade de retenção de água é uma propriedade funcional crucial para a estabilidade das emulsões cárneas, influenciando diretamente a textura e suculência do produto final. No presente estudo, a mucilagem demonstrou uma capacidade notável de reter 288 vezes o seu volume, um resultado que supera significativamente os valores reportados na literatura para outros agentes estabilizadores. A carragena tipo lambda, por exemplo, é usada principalmente por suas propriedades emulsificantes e capacidade de absorver até 30 vezes seu peso em água (Lamkey, 1998). A mucilagem da semente de chia, amplamente pesquisada e citada, é conhecida por sua capacidade de reter até 27 vezes seu peso em água (Muñoz *et al.*, 2012). Dessa forma, esses comparativos destacam a mucilagem de *Talinum paniculatum* como uma alternativa altamente eficaz e inovadora.

5.4.5 Reologia

A mucilagem demonstrou um comportamento não-Newtoniano enquadrado como fluido pseudoplástico pois seguiu a lei da potência ($R^2 = 0,9969$), no qual a viscosidade aparente diminui com o aumento da taxa de cisalhamento (Figura 11A). Similar ao comportamento determinado por Troncoso *et al.*, (2017) na mucilagem do fruto *Cordia lutea* e Oliveros *et al.* (1996) com a mucilagem do café.

Figura 11 – (A) Gráfico da viscosidade aparente versus taxa de cisalhamento e (B) reograma



Fonte: Autoria própria (2024)

O afinamento por cisalhamento ocorre devido à mudança na orientação das cadeias poliméricas, que se alinham progressivamente na direção do fluxo conforme a taxa de cisalhamento aumenta. Este alinhamento reduz a resistência das cadeias poliméricas ao fluxo, resultando em uma diminuição da viscosidade. As propriedades reológicas dos líquidos poliméricos são influenciadas pela densidade numérica instantânea de emaranhados moleculares (Pearson, 1978).

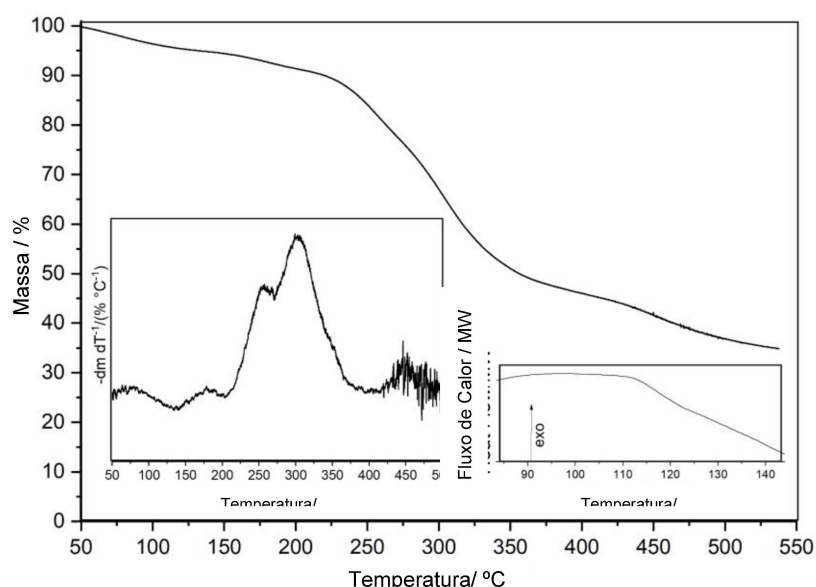
O comportamento pseudoplástico em geral é comum em gomas de alta massa molecular como na goma xantana, nestas redes, se a força aplicada é removida, a solução readquire sua viscosidade inicial instantaneamente (Owen e Damodaran, 2019).

Na indústria, a relação entre a viscosidade e a tensão de cisalhamento é fundamental para determinar a eficiência do fluxo e a transferência de calor durante o processamento. Fluidos com viscosidade mais baixa têm menores perdas de carga durante o escoamento, reduzindo assim a demanda de energia necessária para o processo (Ahmed; Ramaswamy; Sashidhar, 2007).

5.5 Propriedades térmicas

O termograma da mucilagem da raiz da *T. paniculatum* (Figura 12) demonstrou dois eventos endotérmicos principais.

Figura 12 – Termograma TGA/DSC da mucilagem da raiz *T. paniculatum*



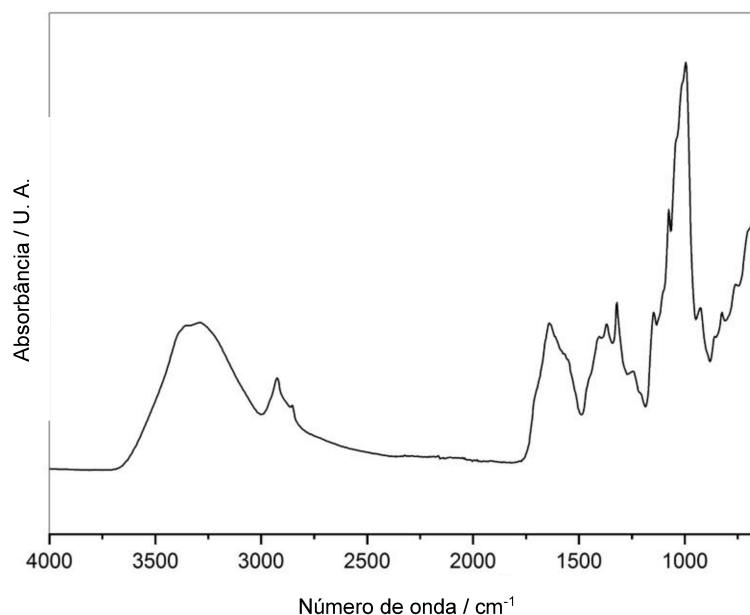
Fonte: Autoria própria (2024)

Foi identificado que o material sofreu uma primeira redução de massa na faixa de temperatura de 50 °C a 230 °C, com uma perda aproximada de 10%. Esta perda inicial foi relacionada à eliminação da água adsorvida e estrutural, coerente com a natureza hidrofílica dos grupos funcionais presentes nos polissacarídeos. A segunda fase de redução de massa ocorreu entre 250 °C e 330 °C, apresentando uma perda significativa de cerca de 50%. Esta fase foi atribuída à degradação da estrutura polissacarídica e à subsequente decomposição e volatilização do material.

Resultados semelhantes foram observados anteriormente para mucilagem extraída da casca da pitáia amarela (373,87 °C) (Otálora; Wilches-Torres; Gómez Castaño, 2023), bem como para mucilagem do cacto *Opuntia dillenii* (350 °C) (Gheribi; Habibi; Khwaldia, 2019) e goma arábica (322,7 °C) (Zohuriaan; Shokrolahi, 2004). Após estes eventos, o material continuou a perder massa até sua completa decomposição a temperaturas acima de 550 °C.

Os espectros FTIR da mucilagem liofilizada estão mostrados na Figura 13.

Figura 13 – Espectros de FTIR da mucilagem em pó da raiz da *T. paniculatum*



Fonte: Autoria própria (2024)

A banda 3.400 cm^{-1} a 3.300 cm^{-1} pode ser atribuída ao estiramento vibracional do grupo hidroxila (OH), álcoois (R-OH) quanto ácido carboxílico (-C(O)-OH) envolvidos na ligação intermolecular e as absorções localizadas na região de 3.000 cm^{-1} até 2.900 cm^{-1} são características de vibrações simétricas e assimétricas de grupos C-H metilas e metilenos (Gheribi *et al.*, 2018).

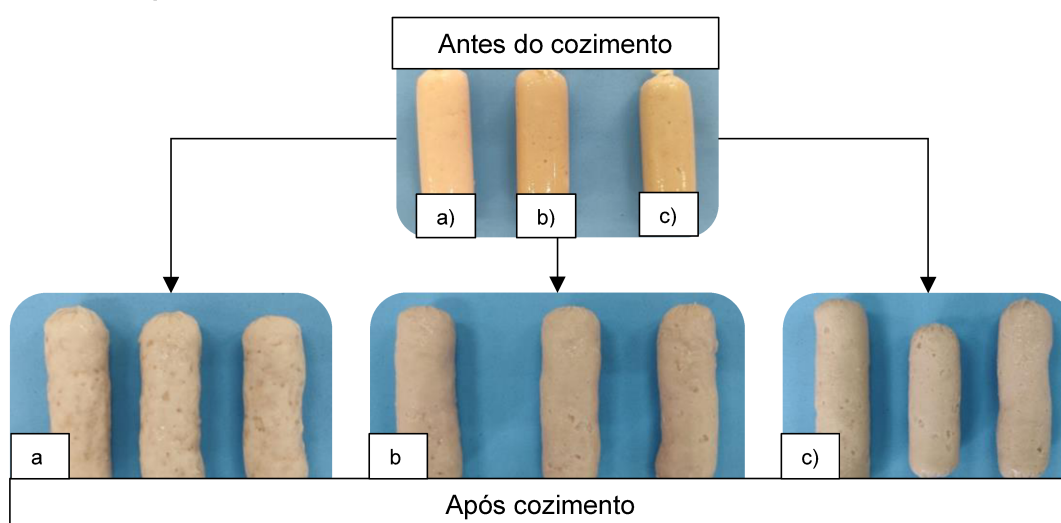
De acordo com Jouini *et al.* (2018), as intensidades elevadas registradas nas frequências de 1.500 a 1.400 cm^{-1} podem ser explicadas pela presença de ácido urônico e substâncias pécicas. Estes componentes são conhecidos por sua capacidade de absorção nessa faixa de comprimento de onda. Além disso, os picos detectados em 1.085 e 1.045 cm^{-1} são indicativos de monossacarídeos, como manose e glicose, conforme relatado por Monrroy *et al.* (2017). Estes resultados corroboram a hipótese de que essas frequências específicas refletem a presença desses açúcares simples. Por fim, a faixa de 1300 a 1050 cm^{-1} é amplamente reconhecida como uma região de absorção comum para polissacarídeos, devido às suas características estruturais e químicas (Vieira *et al.*, 2021).

5.6 Aplicação da mucilagem em emulsões cárneas

5.6.1 Avaliação de cor e pH

Na Figura 14 estão as formulações de emulsões antes e após o cozimento, podemos observar que antes do cozimento a percepção de cor diferente em cada formulação, sendo F1 (fosfato) mais clara, F2 (fosfato/mucilagem) intermediária e F3 (mucilagem) mais escura. Entretanto após o cozimento essa diferenciação não é mais perceptível ao olho nu.

Figura 14 – Formulações das emulsões antes e após cozimento



Formulações: a) F1= tripolifosfato de sódio 0,50%; b) F2= mucilagem (0,25%) e tripolifosfato de sódio (0,25%) e c) F3= mucilagem (0,50%).

Fonte: Autoria própria (2024)

Para a avaliação da cor e pH das emulsões cárneas foram analisadas as emulsões antes e após o cozimento conforme expressos na Tabela 15.

Tabela 15 – Parâmetros de cor e pH de emulsões cárneas com diferentes formulações antes e depois do cozimento

F ¹	Cor						pH	
	L*		a*		b*		Antes	Depois
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois		
F1	74,17 ^{bb}	78,02 ^{bb}	2,95 ^{aA} ±	3,56 ^{aA}	13,83 ^{aA} ±	14,08 ^{aA}	6,14 ^{aA} ±	6,53 ^{aA} ±
	±4,49	±5,81	2,88	±2,03	0,17	±1,14	0,05	0,06
F2	72,51 ^{abB}	74,66 ^{baB}	4,71 ^{aA}	3,48 ^{aA}	15,72 ^{bb} ±	14,16 ^{aA}	5,91 ^{aA} ±	6,49 ^{aA} ±
	±3,23	±3,11	±1,93	±1,63	0,13	±0,30	0,07	0,07
F3	70,16 ^{aA}	73,49 ^{aA}	3,39 ^{aA}	2,77 ^{aA}	16,23 ^{bb} ±	15,30 ^{bb}	5,83 ^{aA} ±	6,29 ^{bb} ±
	±1,26	±0,94	±3,09	±0,18	1,34	±0,40	0,20	0,05

F¹= Formulações; F1= fosfato; F2=mucilagem e fosfato e F3=mucilagem. Resultados expressos pela média ± desvio padrão (n=3). Médias com diferentes letras minúsculas sobrescritas entre as linhas indicam diferença significativa entre as formulações e maiúsculas entre colunas pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05).

Fonte: Autoria própria (2024)

No parâmetro L* (luminosidade), as formulações com fosfato (F1) e mucilagem com fosfato (F2) não apresentaram diferenças significativas após o cozimento, mantendo valores similares antes e depois do tratamento térmico. Por outro lado, a formulação com mucilagem (F3) também se manteve estável, porém apresentou uma luminosidade significativamente inferior em comparação com as formulações F1 e F2. Isso se deve à proporção incorporada na emulsão com mucilagem, que é naturalmente mais escura, resultando em uma amostra com uma tonalidade menos brilhante.

No parâmetro a* (tonalidade vermelha/verde), não foram observadas diferenças significativas entre as formulações antes e depois do cozimento, indicando que a adição de mucilagem ou fosfato não altera substancialmente a tonalidade vermelha/verde das amostras.

Já no parâmetro b* (tonalidade amarela), a formulação F3 apresentou uma redução significativa após o cozimento, diferindo das formulações F1 e F2. Essa mudança sugere que os pigmentos termo sensíveis da mucilagem contribui para a redução da tonalidade amarela, possivelmente devido a interações específicas entre os componentes durante o tratamento térmico (Fennema, Damodaran, 2019).

Em relação ao pH, não houve diferenças significativas entre as formulações antes do cozimento. Contudo, após o cozimento, a formulação com mucilagem (F3) apresentou uma mudança significativa em comparação com F1 e F2, isso se deve aos fosfatos fixarem a água livre em água ligada, dissociando as proteínas miofibrilares da carne e aumentam o pH e a força iônica da carne (Casco; Veluz; Alvarado, 2013).

5.6.2 Perda de cozimento, CRA e Aw

Na Tabela 16, verifica-se que não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$) entre as formulações, indicando que todas mantiveram uma boa estabilidade durante o processo de cozimento.

Tabela 16 – Porcentagem da perda de cozimento, capacidade de retenção de água e atividade de água das emulsões cozidas

Formulações*	Perda de cozimento [%]	CRA	aw
F1	3,56 ± 0,47 ^a	41,79 ± 2,85 ^a	0,988 ± 0,003 ^a
F2	3,43 ± 0,03 ^a	46,41 ± 1,08 ^a	0,988 ± 0,004 ^a
F3	3,69 ± 0,56 ^a	40,18 ± 0,98 ^a	0,990 ± 0,003 ^a

*Formulações: F1= fosfato; F2=mucilagem e fosfato e F3=mucilagem, a, b e c = indicam a triplicata de cada formulação. Resultados expressos pela média ± desvio padrão (n=3). Médias com letras iguais minúsculas sobrescritas entre as linhas indicam que não houve diferença significativa entre as formulações pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: Aatoria própria (2024)

Os resultados das análises de perda de cozimento, capacidade de retenção de água (CRA) e atividade de água (aw) revelam que as três formulações testadas exibiram comportamentos semelhantes ao longo do processo de cozimento. Esta uniformidade sugere que a inclusão de mucilagem (seja utilizada isoladamente ou em combinação com fosfato) não causou alterações significativas na estabilidade das emulsões durante o tratamento térmico, conforme indicado pelos valores de $p > 0,05$. Esses dados indicam que a mucilagem é eficaz na manutenção das propriedades das emulsões durante o cozimento, demonstrando desempenho comparável ao dos fosfatos utilizados nas formulações.

Esses dados são promissores, pois os problemas relatados sobre a remoção completa de fosfatos de produtos cárneos são características de qualidade negativas,

como redução da ligação à água, redução da estabilidade da emulsão e perda na estrutura da emulsão (Glorieux *et al.*, 2017).

5.6.3 Perfil de textura

A Tabela 17 apresenta os valores médios dos atributos de textura das três formulações (F1: tripolifosfato de sódio; F2: mucilagem e tripolifosfato de sódio; F3: mucilagem). Esses atributos incluem dureza (N), que é a força máxima necessária para comprimir a amostra; elasticidade (%), que representa a capacidade da amostra de recuperar sua forma original após a remoção da força de deformação; coesividade, que mede a extensão em que a amostra pode ser deformada antes da ruptura; e resiliência (%), que avalia a capacidade da amostra de recuperar sua forma após a deformação; mastigabilidade, que é a energia necessária para mastigar a carne até um ponto de deglutição; gomosidade, que é um indicador da densidade energética e coesão interna da amostra; e o cisalhamento, que é a força necessária para cortar a carne (Bourne, 1978).

Tabela 17 – Avaliação de atributos das emulsões cárneas elaboradas com mucilagem da raiz *T. paniculatum*

Atributos	F1	F2	F3
Dureza (N)	40,24 ^a ± 9,04	39,62 ^a ± 6,57	32,34 ^a ± 2,95
Resiliência (%)	0,28 ^a ± 0,09	0,18 ^b ± 0,03	0,15 ^b ± 0,02
Coesividade	0,52 ^a ± 0,12	0,39 ^b ± 0,03	0,34 ^b ± 0,04
Elasticidade (%)	0,86 ^a ± 0,10	0,83 ^a ± 0,09	0,79 ^a ± 0,04
Gomosidade	2208,52 ^a ± 951,22	1602,45 ^{ab} ± 380,96	1141,87 ^b ± 193,75
Mastigabilidade	1947,86 ^a ± 984,39	1354,64 ^{ab} ± 408,80	902,35 ^b ± 175,68
Força de Cisalhamento	5,72 ^a ± 0,66	4,89 ^{ab} ± 1,35	4,42 ^b ± 0,80

*Formulações: F1= fosfato; F2=mucilagem e fosfato e F3=mucilagem. Resultados expressos pela média ± desvio padrão (n=3). Médias com diferentes letras minúsculas sobrescritas entre as colunas indicam diferença significativa entre as formulações pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2024)

A dureza das emulsões cárneas não apresentou diferença significativa entre as formulações, assim como na elasticidade, sugerindo que a substituição do tripolifosfato de sódio por mucilagem não afetou significativamente ($p > 0,05$) esses atributos. No trabalho de Lise *et al.* (2021) de substituição de gordura por mucilagem da ora-pro-nóbis na produção de mortadelas os parâmetros de dureza foram similares

(32,79 a 40,62 N), tendo recebido boa avaliação sensorial. Deste modo, a aplicação da mucilagem da *T. paniculatum*, pode ser bem aceita em produtos cárneos.

A força de cisalhamento foi maior em F1 e menor em F3, diferindo significativamente ($p < 0,05$), indicando que a mucilagem reduz a força necessária de corte, o que pode ser uma característica desejável em alguns produtos cárneos, como citado anteriormente para a mortadela. De modo similar, a mastigabilidade e a gomosidade, foram maiores em F1 e menor em F3. Isso sugere que a mucilagem reduz a energia necessária para mastigar a carne até um ponto de deglutição, sendo então uma amostra mais macia.

Os resultados de resiliência e coesividade foi significativamente maior na formulação F1 ($p < 0,05$), indicando que a mucilagem reduz a capacidade das emulsões de recuperar sua forma após a deformação, sugerindo que a adição de ingredientes capazes de manter e melhorar a textura podem ser necessários, uma vez que, a avaliação da emulsão cárnea não contemplou nenhum outro aditivo, apenas a mucilagem.

Dado que os atributos de textura podem influenciar a aceitação do produto, é fundamental realizar estudos sensoriais para entender como essas diferenças afetam a percepção e preferência dos consumidores. Com base nesses dados, será possível ajustar as formulações para equilibrar a qualidade técnica com as expectativas sensoriais, garantindo assim uma aceitação positiva no mercado.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mucilagem extraída das raízes da *T. paniculatum* obteve maior rendimento quando liofilizada e apresentou pH levemente ácido. O escore químico para todos os aminoácidos foi inferior a 1,0 (padrão estabelecida pela FAO/WHO/UNU) sendo o triptofano (0,40) com maior valor e para os carboidratos a mucilagem destacou-se pelo elevado teor de glicose total.

As análises antimicrobianas indicaram que, embora a mucilagem não possua uma atividade antibacteriana significativa nas concentrações testadas, o aumento das concentrações pode potencialmente melhorar sua eficácia. Da mesma forma, para as propriedades antioxidantes, os resultados não foram promissores dentro das condições avaliadas.

A mucilagem demonstrou notável capacidade emulsificante, evidenciada por uma estabilidade da emulsão de 93,75%. Além disso, destacou-se pela excelente capacidade de formação e estabilidade de espuma, bem como por sua elevada capacidade de retenção de água. Ademais apresentou estabilidade térmica significativa, suportando temperaturas de até 230 °C, e foi caracterizada reologicamente como um fluido pseudoplástico.

As emulsões cárneas formuladas com mucilagem exibiram características desejáveis. A substituição do tripolifosfato de sódio por mucilagem resultou em produtos com textura mais macia, conforme evidenciado pela menor mastigabilidade, gomosidade e cisalhamento. No entanto, a resiliência e a coesividade das emulsões foram reduzidos com a mucilagem, sugerindo a necessidade de ajustes ou adição de outros ingredientes para melhorar esses atributos texturais. Embora a cor das emulsões com mucilagem fosse mais escura, isso não afetou negativamente os parâmetros de cor relacionados à tonalidade vermelha/verde que são aspectos visuais mais notáveis pelos consumidores de produtos cárneos.

Assim, a mucilagem de *T. paniculatum* surge como uma alternativa viável ao tripolifosfato de sódio em emulsões cárneas, oferecendo boa estabilidade e percepção de textura com a redução de aditivos sintéticos. No entanto, é necessário realizar pesquisas adicionais para otimizar sua concentração, aplicação sensorial e explorar combinações com outros aditivos naturais que possam aprimorar as emulsões. Estudos sobre a sazonalidade e o impacto das condições de cultivo também são essenciais para viabilizar o processamento em larga escala.

REFERÊNCIAS

- ABBASI, A. *et al.* An edible coating utilizing *Malva sylvestris* seed polysaccharide mucilage and postbiotic from *Saccharomyces cerevisiae* var. *bouardii* for the preservation of lamb meat. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 246, p. 125660, 2023. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0141813023025540>.
- ABEDI, E.; SAYADI, M.; OLIYAEI, N. Fabrication and characterization of emulsion-based edible film containing cinnamon essential oil using chia seed mucilage. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 266, p. 131173, 2024.
- AFIFAH, I. Q.; WIBOWO, I.; FAIZAL, A. A newly identified β -amyrin synthase gene hypothetically involved in oleanane-saponin biosynthesis from *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn. **Heliyon**, v. 9, n. 7, p. e17707, 2023.
- AHMED, J.; RAMASWAMY, H. S.; SASHIDHAR, K. C. Rheological characteristics of tamarind (*Tamarindus indica* L.) juice concentrates. **LWT - Food Science and Technology**, v. 40, n. 2, p. 225–231, 2007.
- ANDARWULAN, N. *et al.* Flavonoid content and antioxidant activity of vegetables from Indonesia. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 1231–1235, 2010.
- ANVISA. **Perguntas e Respostas: Substâncias Bioativas**. 1º ed. Brasília: Gerência - Geral de Alimentos, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/alimentos/perguntas-e-respostas-arquivos/substancias-bioativas#:~:text=PERGUNTAS%20E%20RESPOSTAS-,1.,fisiol%C3%B3gica%20espec%C3%ADfica%20no%20organismo%20humano>. Acesso em: 6 abr. 2024.
- ANVISA; MS. Regulamenta sobre os requisitos sanitários dos suplementos alimentares. **Diário Oficial da União**: BRASIL, n. RDC Nº 243, 26 jul. 2018. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/3898888/RDC_243_2018_.pdf/0e39ed31-1da2-4456-8f4a-afb7a6340c15. Acesso em: 6 abr. 2024.
- ANVISA; MS. Regulamento técnico sobre o manual de procedimentos básicos para registro e dispensa da obrigatoriedade de registro de produtos pertinentes à área de alimentos. **Diário Oficial da União**: BRASIL, n. RDC Nº 23, 15 mar. 2000. https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_23_2000_COMP.pdf/6c73b487-c1e7-4fcc-b753-0ad4382ab417. Acesso em: 17 ago. 2024.
- ARÉVALO-LOPÉZ, D. *et al.* Leishmanicidal and cytotoxic activity from plants used in Tacana traditional medicine (Bolivia). **Journal of Ethnopharmacology**, v. 216, p. 120–133, 2018.
- BARBOSA, D. M. *et al.* Does the label ‘unconventional food plant’ influence food acceptance by potential consumers? A first approach. **Heliyon**, v. 7, n. 4, p. e06731, 2021.

BARBUT, S.; MITTAL, G. S. Phosphates and antioxidants as cryoprotectants in meat batters. **Meat science**, v. 30, n. 3, p. 279–291, 1991.

BARREIRA, T. F. *et al.* Diversidade e equitabilidade de Plantas Alimentícias Não Convencionais na zona rural de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4 suppl 2, p. 964–974, 2015.

BERNARDI, S. *et al.* Ultrasound: a suitable technology to improve the extraction and techno-functional properties of vegetable food proteins. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 76, n. 1, p. 1–11, 2021. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11130-021-00884-w>. Acesso em: 10 abr. 2024.

BOLSON, M. *et al.* Ethno-medicinal study of plants used for treatment of human ailments, with residents of the surrounding region of forest fragments of Paraná, Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 161, p. 1–10, 2015.

BOURNE, M. C. Texture profile analysis. **Food Technology**, v. 32, n. 7, p. 62-66, 72, 1978.

BRASIL. Instrução Normativa nº 04 de 31 de março de 2000. Regulamentos técnicos de identidade e qualidade de carne mecanicamente separada, de mortadela, de linguiça, de salsicha. **Ministério da Agricultura e do Abastecimento**: Brasil, p. 6–10, 5 abr. 2000.

CASCO, G.; VELUZ, G. A.; ALVARADO, C. Z. SavorPhos as an all-natural phosphate replacer in water- and oil-based marinades for rotisserie birds and boneless-skinless breast. **Poultry Science**, v. 92, n. 12, p. 3236–3243, dez. 2013.

CAKMAK, H. *et al.* A review on recent advances of plant mucilages and their applications in food industry: Extraction, functional properties and health benefits. **Food Hydrocolloids for Health**, v. 3, p. 100131, 2023. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S266702592300016X>.

CÂMARA, A. K. F. I. *et al.* Reducing phosphate in emulsified meat products by adding chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage in powder or gel format: A clean label technological strategy. **Meat Science**, v. 163, p. 108085, 2020.

CAROCHO, M.; MORALES, P.; FERREIRA, I. C. F. R. Natural food additives: Quo vadis?. **Trends in Food Science & Technology**, v. 45, n. 2, p. 284–295, 2015.

CHAVES-ULATE, C. *et al.* Antimicrobial activities of phenolic extracts of coffee mucilage. **NFS Journal**, v. 31, p. 50–56, 2023. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352364623000111>.

CHEN, Y.-L. *et al.* Prescription patterns of Chinese herbal products for patients with sleep disorder and major depressive disorder in Taiwan. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 171, p. 307–316, 2015.

CLSI. Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Test. Approved Standard-Tenth Edition, 2015. (C. document M.-A. Wayne, Org.) **Clinical and**

Laboratory Standards Institute. Disponível em:

https://clsi.org/media/1631/m02a12_sample.pdf. Acesso em: 17 abr. 2024.

CORDEIRO, S. Z. *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn. 2020. Disponível em:

<http://www.unirio.br/ccbs/ibio/herbariohuni/talinum-paniculatum-jacq-gaertn>. Acesso em: 19 out. 2023.

DE ANDRADE VIEIRA, É. *et al.* Mucilages of cacti from Brazilian biodiversity:

Extraction, physicochemical and technological properties. **Food Chemistry**, v. 346, p. 128892, 2021. Disponível em:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814620327679>.

DE CAMPO, C. *et al.* Nanoencapsulation of chia seed oil with chia mucilage (*Salvia*

hispanica L.) as wall material: Characterization and stability evaluation. **Food Chemistry**, v. 234, p. 1–9, 2017.

DE SOUSA SILVA, R. *et al.* Juá (*Ziziphus joazeiro* Mart.) mucilage and juá by-

product phenolic extract improve quality parameters and retain bioactive compounds in fresh-cut pineapple during storage. **Food Research International**, v. 161, p. 111826, 2022. Disponível em:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996922008845>.

DEHGHANI, S. *et al.* Electrospun chia seed mucilage/PVA encapsulated with green

cardamomum essential oils: Antioxidant and antibacterial property. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 161, p. 1–9, 2020.

DEVICICH, D. A.; PEDERSEN, I. K.; PETRIE, K. J. You eat what you are: Modern health worries and the acceptance of natural and synthetic additives in functional foods. **Appetite**, v. 48, n. 3, p. 333–337, 2007.

DIAS, M. I. *et al.* Wild *Fragaria vesca* L. fruits: a rich source of bioactive

phytochemicals. **Food & Function**, v. 7, n. 11, p. 4523–4532, 2016.

DICK, M. *et al.* Valorization of *Opuntia monacantha* (Willd.) Haw. cladodes to obtain a mucilage with hydrocolloid features: Physicochemical and functional performance.

International Journal of Biological Macromolecules, v. 123, p. 900–909, 2019.

EMBRAPA. **PANC - Hortaliças não convencionais**. 2023. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/hortalicas/publicacoes/panc-hortalicas-nao-convencionais>. Acesso em: 19 out. 2023.

FARAHANI, M. *et al.* Antimicrobial and antioxidant effects of an edible coating of

Lepidium sativum seed mucilage and *Satureja hortensis* L. essential oil in Uncooked lamb meat. **Food Control**, v. 158, p. 110240, 2024.

FARAJ, A. M.; NOURI, M. Development of a mucilage coating including

nanoencapsulated essential oils for extending shelf life of button mushrooms (*Agaricus bisporus*). **Food Packaging and Shelf Life**, v. 41, p. 101232, 2024.

FERNANDES SERRA MOURA, H. *et al.* Evaluation of multielement/proximate

composition and bioactive phenolics contents of unconventional edible plants from

Brazil using multivariate analysis techniques. **Food Chemistry**, v. 363, p. 129995, 2021.

GEA. **Princípios Básicos da Liofilização**. 2024. Disponível em: <https://www.gea.com/pt/customer-cases/freeze-drying-fundamentals/>. Acesso em: 10 maio 2024.

GHERIBI, R. *et al.* Development of plasticized edible films from *Opuntia ficus-indica* mucilage: A comparative study of various polyol plasticizers. **Carbohydrate Polymers**, v. 190, p. 204–211, 2018.

GHERIBI, R.; HABIBI, Y.; KHWALDIA, K. Prickly pear peels as a valuable resource of added-value polysaccharide: Study of structural, functional and film forming properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 126, p. 238–245, 2019.

GLORIEUX, S. *et al.* Phosphate Reduction in Emulsified Meat Products: Impact of Phosphate Type and Dosage on Quality Characteristics. **Food Technology and Biotechnology**, v. 55, n. 3, 2017.

GOKSEN, G. *et al.* Mucilage polysaccharide as a plant secretion: Potential trends in food and biomedical applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 230, p. 123146, 2023. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0141813023000144>.

GOVARDHAN SINGH, R. S.; NEGI, P. S.; RADHA, C. Phenolic composition, antioxidant and antimicrobial activities of free and bound phenolic extracts of *Moringa oleifera* seed flour. **Journal of Functional Foods**, v. 5, n. 4, p. 1883–1891, 2013.

GRANATO, D.; NUNES, D. **Análises Químicas, Propriedades Funcionais e Controle de Qualidade de Alimentos e Bebidas: Uma Abordagem Teórico Prática**. 1ªed. Rio de Janeiro: 2017.

GU, W. *et al.* Ethnobotanical study on medicinal plants from the Dragon Boat Festival herbal markets of Qianxinan, southwestern Guizhou, China. **Plant Diversity**, v. 42, n. 6, p. 427–433, 2020.

HAMM, R. Biochemistry Of Meat Hydration. *In*: 1961. p. 355–463.

HASSEMER, G. **Flora e Funga do Brasil**. 2023. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB20629>. Acesso em: 19 out. 2023.

HEŚ, M.; GLISZCZYŃSKA-ŚWIGŁO, A.; GRAMZA-MICHAŁOWSKA, A. The effect of antioxidants on quantitative changes of lysine and methionine in linoleic acid emulsions at different pH conditions. **Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria**, v. 16, n. 1, p. 53–67, 2017.

HINRICHS, R.; GÖTZ, J.; WEISSER, H. Water-holding capacity and structure of hydrocolloid-gels, WPC-gels and yogurts characterised by means of NMR. **Food Chemistry**, v. 82, n. 1, p. 155–160, 2003.

HUANG, D.-J. *et al.* Sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam 'Tainong 57') storage root mucilage with antioxidant activities in vitro. **Food Chemistry**, v. 98, n. 4, p. 774–781, 2006.

IBGEM. **Incentivos Fiscais: O Que São E Como Funcionam**. 2023. Disponível em: <https://ibgem.com.br/2023/12/07/incentivos-fiscais/>. Acesso em: 6 abr. 2024.

JIANG, J.; XIONG, Y. L. Natural antioxidants as food and feed additives to promote health benefits and quality of meat products: A review. **Meat Science**, v. 120, p. 107–117, 2016.

JOUINI, M. *et al.* Physico-chemical characterization and pharmacological activities of polysaccharides from *Opuntia microdasys* var. *rufida* cladodes. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 107, p. 1330–1338, 2018.

KAEWMANEE, T. *et al.* Characterisation of mucilages extracted from seven Italian cultivars of flax. **Food Chemistry**, v. 148, p. 60–69, 2014. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814613014544>.

KARAMI, N. *et al.* Electrospinning of double-layer chitosan-flaxseed mucilage nanofibers for sustained release of *Ziziphora clinopodioides* essential oil and sesame oil. **LWT**, v. 140, p. 110812, 2021.

KELEN, M. E. B. *et al.* **Plantas alimentícias não convencionais (PANCs) : hortaliças espontâneas e nativas**. Porto Alegre: 2015. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/viveiroscomunitarios/wp-content/uploads/2015/11/Carilha-15.11-online.pdf>. Acesso em: 23 out. 2023.

KESHANI-DOKHT, S. *et al.* Extraction, chemical composition, rheological behavior, antioxidant activity and functional properties of *Cordia myxa* mucilage. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 118, p. 485–493, 2018. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0141813017342332>.

KHALID, M. *et al.* Assessment of antioxidant, antimicrobial, and anticancer activities of *Sisymbrium officinale* plant extract. **Heliyon**, v. 8, n. 9, p. e10477, 2022.

KINUPP, V. F. **Plantas alimentícias não-convencionais da Região Metropolitana de Porto Alegre**. 2007. 1–590 f. - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

KINUPP, V. F.; BARROS, I. B. I. de. Teores de proteína e minerais de espécies nativas, potenciais hortaliças e frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 846–857, 2008.

KINUPP, V. F.; LORENZI, H. **Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. São Paulo: 2014.

KONICA MINOLTA. **Colorímetro CR-400**. 2023. Disponível em: <https://sensing.konicaminolta.us/br/products/colorimetro-cr-400/>. Acesso em: 27 abr. 2024.

LAAMAN, T. R. (org.). **Hydrocolloids in Food Processing**. Wiley, 2010.

LAMKEY, J.W. Non-meat ingredients for meat processing. **American Meat Science Association**, v. 51, p. 48-52, 1998.

LE, T. P. *et al.* Associations between trait food craving and adolescents' preferences for and consumption of healthy versus unhealthy foods. **Food Quality and Preference**, v. 108, p. 104887, 2023.

LINDI, A. M. *et al.* Fenugreek seed mucilage-based active edible films for extending fresh fruit shelf life: Antimicrobial and physicochemical properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 269, p. 132186, 2024.

LIRA, M. M. *et al.* Selected plants producing mucilage: Overview, composition, and their potential as functional ingredients in the development of plant-based foods. **Food Research International**, v. 169, p. 112822, 2023. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996923003678>.

LISE, C. C. **Mucilagem da ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata miller*): aplicação em emulsionado cárneo e avaliação das propriedades funcionais mediante diferentes condições de secagem**. 2021. 1–89 f. Dissertação de mestrado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2021. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/26274>. Acesso em: 20 fev. 2023.

LUOMALA, H. T. *et al.* Priming shoppers' well-being goal in grocery stores: Moving toward healthier food choices? **Food Quality and Preference**, v. 108, p. 104882, 2023.

MADEIRA, N. M. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: Plantas para o Futuro: Região Centro-Oeste**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1073295/especies-nativas-da-flora-brasileira-de-valor-economico-atual-ou-potencial-plantas-para-o-futuro-regiao-centro-oeste>. Acesso em: 12 nov. 2023.

MAKRI, E. A.; DOXASTAKIS, G. I. Surface tension of *Phaseolus vulgaris* and coccineus proteins and effect of polysaccharides on their foaming properties. **Food Chemistry**, v. 101, n. 1, p. 37–48, 2007.

MARAND, S. A. *et al.* Ixiolirion tataricum mucilage/chitosan based antioxidant films activated by free and nanoliposomal fennel essential oil. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 230, p. 123119, 2023.

MARCON, C. T. **Avaliação da composição química, biológica e sensorial das folhas da *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn.** 2022. 1–60 f. Dissertação - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Medianeira, 2022. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/30829>. Acesso em: 18 nov. 2023.

MARTELLI, F.; NUNES, F. M. F. Radicais livres: em busca do equilíbrio. **Ciencia e cultura**, v. 66, n. 3, p. 54–57, 2014.

MARTINEZ, K. *et al.* Effect of limited hydrolysis of sunflower protein on the interactions with polysaccharides in foams. **Food Hydrocolloids**, v. 19, n. 3, p. 361–369, 2005.

MENDES, K. R. *et al.* Distribution of homobaric and heterobaric leafed species in the Brazilian Cerrado and seasonal semideciduous forests. **Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 225, p. 52–59, 2016. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0367253016301505>.

MENEZES, F. D. de A. B. *et al.* *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn. leaves; source of nutrients, antioxidant and antibacterial potentials. **Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria**, v. 20, n. 3, p. 253–263, 2021. Disponível em: https://www.food.actapol.net/volume20/issue3/1_3_2021.pdf.

MENG, F. *et al.* Dual thermal- and pH-responsive polypeptide-based hydrogels. **Chinese Journal of Polymer Science**, v. 35, n. 10, p. 1243–1252, 2017.

MESSINA, C. M. *et al.* Seasonal characterization of nutritional and antioxidant properties of *Opuntia ficus-indica* [(L.) Mill.] mucilage. **Food Hydrocolloids**, v. 111, p. 106398, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268005X20318154>.

MILIÃO, G. L. *et al.* Unconventional food plants: Nutritional aspects and perspectives for industrial applications. **Future Foods**, v. 5, p. 100124, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666833522000120>. Acesso em: 26 abr. 2024.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. **Biodiversidade**. Disponível em: Comissão Nacional da Biodiversidade. Acesso em: 5 abr. 2024.

MOHAMMADI, H. *et al.* Nanocomposite films with CMC, okra mucilage, and ZnO nanoparticles: Extending the shelf-life of chicken breast meat. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 21, p. 100330, 2019.

MOLINA, R. E.; BOHRER, B. M.; MEJIA, S. M. V. Phosphate alternatives for meat processing and challenges for the industry: A critical review. **Food research international (Ottawa, Ont.)**, v. 166, n. 112624, p. 112624, 2023.

MONRROY, M. *et al.* Extraction and Physicochemical Characterization of Mucilage from *Opuntia cochenillifera* (L.) Miller. **Journal of Chemistry**, v. 2017, p. 1–9, 2017.

MOURA, I. O. *et al.* Chemical Characterization, Antioxidant Activity and Cytotoxicity of the Unconventional Food Plants: Sweet Potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) Leaf, Major Gomes (*Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn.) and Caruru (*Amaranthus deflexus* L.). **Waste and Biomass Valorization**, v. 12, n. 5, p. 2407–2431, 2021.

MUÑOZ, L. A. *et al.* Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. **Journal of food engineering**, v. 108, n. 1, p. 216–224, 2012.

NIEHUES, E. *et al.* CARACTERIZAÇÃO REOLÓGICA DA MUCILAGEM DE *Cereus hildmaniannus*. In: 2015, São Paulo. **Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2015. p. 4201–4207.

ODONNE, G. *et al.* Ta'ta', Huayani: Perception of leishmaniasis and evaluation of medicinal plants used by the Chayahuita in Peru. Part II. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 126, n. 1, p. 149–158, 2009.

OLAWUYI, I. F.; KIM, S. R.; LEE, W. Y. Application of plant mucilage polysaccharides and their techno-functional properties' modification for fresh produce preservation. **Carbohydrate Polymers**, v. 272, p. 118371, 2021.

OLIVEROS, C. E.; GUNASEKARAN, S. Rheological characterization of coffee mucilage. **Journal of Food Process Engineering**, v. 19, n. 3, p. 331–342, 1996.

ONU. **FAO: biodiversidade do solo é a base da vida humana**. 2020. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/106614-fao%C2%A0biodiversidade-do-solo-%C3%A9-base-da-vida-humana#:~:text=Existem%20mais%20organismos%20vivos%20em,a%20tudo%20e%20a%20todos>. Acesso em: 26 abr. 2024.

ONU. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. 2024. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 6 abr. 2024.

OTÁLORA, M. C.; WILCHES-TORRES, A.; GÓMEZ CASTAÑO, J. A. Mucilage from Yellow Pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) Fruit Peel: Extraction, Proximal Analysis, and Molecular Characterization. **Molecules**, v. 28, n. 2, p. 786, 2023.

OWEN R. FENNEMA, DAMODARAN S., K. L. P. **Química de Alimentos de Fennema**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019.

PEARSON, J. R. A. Dynamics of Polymeric Liquids. **Journal of Fluid Mechanics**, v. 86, n. 1, p. 204–207, 1978. Disponível em: <https://www-periodicos-capes-gov-br.ez48.periodicos.capes.gov.br/index.php/acervo/buscaador.html?task=detalhes&source=&id=W2101659124>. Acesso em: 22 jun. 2024.

PINEDA, E. *et al.* Policy implementation and priorities to create healthy food environments using the Healthy Food Environment Policy Index (Food-EPI): A pooled level analysis across eleven European countries. **The Lancet Regional Health - Europe**, v. 23, p. 100522, 2022.

PINHEIRO, R.; COSTA, S. P. P. da. **Desenvolvimento e valorização de vegetais desidratados, a partir de excedentes da indústria, com diferentes métodos de secagem : comparação entre o processo de secagem e o processo de liofilização de vegetais**. 2021. Dissertação - Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Viana do Catelo, 2021. Disponível em: <http://repositorio.ipv.pt/handle/20.500.11960/2665?mode=full>. Acesso em: 10 maio 2024.

PINTON, M. B. *et al.* Green technologies as a strategy to reduce NaCl and phosphate in meat products: an overview. **Current Opinion in Food Science**, v. 40, p. 1–5, ago. 2021.

PIRES, T. C. S. P. *et al.* Edible flowers: Emerging components in the diet. **Trends in Food Science & Technology**, v. 93, p. 244–258, 2019.

QIAN, K. Y. *et al.* Flaxseed gum from flaxseed hulls: Extraction, fractionation, and characterization. **Food Hydrocolloids**, v. 28, n. 2, p. 275–283, 2012.

RANIERI, G. R.; ZANIRATO, S. H. Comidas da horta e do mato: plantas alimentícias em quintais urbanos no Vale do Paraíba. **Estudos Avançados**, v. 35, n. 101, p. 269–286, 2021.

RIGO, M. *et al.* An investigation into food choices among 5–12 years children in relation to sensory, nutritional, and healthy product cues. **Food Quality and Preference**, v. 111, p. 104990, 2023.

RITZ, Eberhard *et al.* Phosphate additives in food—a health risk. **Deutsches Ärzteblatt International**, v. 109, n. 4, p. 49, 2012.

SAENGPOL, E.; PIRAK, T. Hoary basil seed mucilage as fat replacer and its effect on quality characteristics of chicken meat model. **Agriculture and Natural Resources**, v. 52, n. 4, p. 382–387, 2018.

SANTHI, D.; KALAIKANNAN, A.; SURESHKUMAR, S. Factors influencing meat emulsion properties and product texture: A review. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 57, n. 10, p. 2021–2027, 2017.

SANTIAGO, A.; MOREIRA, R. Drying of edible seaweeds. *In*: **Sustainable Seaweed Technologies**. Elsevier, 2020. p. 131–154.

SAVELLI, E.; MURMURA, F. The intention to consume healthy food among older Gen-Z: Examining antecedents and mediators. **Food Quality and Preference**, v. 105, p. 104788, 2023.

SCHECHTEL, S. L. *et al.* Flaxleaf Fleabane Leaves (*Conyza bonariensis*), A New Functional Nonconventional Edible Plant?. **Journal of Food Science**, v. 84, n. 12, p. 3473–3482, 2019.

SCHNEIDER, A. A. A Flora Naturalizada no Estado do Rio Grande Do Sul, Brasil: Herbáceas Subespontâneas. **Biociências**, v. 15, n. 2, p. 257–268, 2007.

SILVA, S. H. *et al.* Extraction processes and characterization of the mucilage obtained from green fruits of *Pereskia aculeata* Miller. **Industrial Crops and Products**, v. 140, p. 111716, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926669019307265>.

SILVA, L. H. P. da; COSTA, F. N.; MURTA, N. M. G. “Not just useless bush”: food culture and spontaneous plants in the Jequitinhonha Valley, Minas Gerais/Brazil. **Ambiente & Sociedade**, v. 24, 2021.

SOUKOULIS, C.; GAIANI, C.; HOFFMANN, L. Plant seed mucilage as emerging biopolymer in food industry applications. **Current Opinion in Food Science**, v. 22, p. 28–42, 2018.

SOUTO, C. G. R. G. *et al.* Cardioprotective effects of *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn. in doxorubicin-induced cardiotoxicity in hypertensive rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 281, p. 114568, 2021.

SUN, Y. *et al.* Fabrication and characterization of myofibrillar microgel particles as novel Pickering stabilizers: Effect of particle size and wettability on emulsifying capacity. **LWT**, v. 151, p. 112002, 2021.

THANGAVELU, K. P. *et al.* Novel processing technologies and ingredient strategies for the reduction of phosphate additives in processed meat. **Trends in Food Science & Technology**, v. 94, p. 43–53, dez. 2019.

THOMPSON, J. C. Methods for the Determination of Carbohydrates by Ion Chromatography. *In*: 1990, San Francisco, California, USA. **Proceedings of the 1990 Sugar Processing Research Conference, Sugar Processing Research Inc.** San Francisco, California, USA, 1990. p. 381–396.

TOMPKIN, R. B. Indirect antimicrobial effects in foods: Phosphates. **Journal of food safety**, v. 6, n. 1, p. 13–27, 1984.

TRONCOSO, O. P.; ZAMORA, B.; TORRES, F. G. Thermal and Rheological Properties of the Mucilage from the Fruit of *Cordia lutea*. **Polymers from Renewable Resources**, v. 8, n. 3, p. 79–90, 2017.

TULER, A. C.; PEIXOTO, A. L.; SILVA, N. C. B. da. Plantas alimentícias não convencionais (PANC) na comunidade rural de São José da Figueira, Durandé, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v. 70, 2019.

UNF. **United Nations Foudantion: How biodiversity loss harms human health.** 2023. Disponível em: https://unfoundation.org/blog/post/how-biodiversity-loss-harms-human-health/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwxLKxBhA7EiwAXO0R0CLbHi9XqihcKADdjjjG8C5RJssflN0EGGZebR7PtZNTL9EIYwk9_xoCZf0QAvD_BwE. Acesso em: 26 abr. 2024.

URUAKPA, F. O.; ARNTFIELD, S. D. Emulsifying characteristics of commercial canola protein–hydrocolloid systems. **Food Research International**, v. 38, n. 6, p. 659–672, 2005. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996905000177>.

VENCATO, A. A. *et al.* Salt and crude plant extracts as preservatives in a meat model system (ground pork shoulder). **Revista Caatinga**, v. 33, n. 2, p. 562–570, 2020.

VERVLOET, M. G.; VAN BALLEGOIJEN, A. J. Prevention and treatment of hyperphosphatemia in chronic kidney disease. **Kidney International**, v. 93, n. 5, p. 1060–1072, maio 2018.

WEI, L. *et al.* Intestinal *Escherichia coli* and related dysfunction as potential targets of Traditional Chinese Medicine for respiratory infectious diseases. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 313, p. 116381, 2023.

WERTHMANN, J. *et al.* Healthy cravings? Impact of imagined healthy food consumption on craving for healthy foods and motivation to eat healthily - Results of an initial experimental study. **Appetite**, v. 183, p. 106458, 2023.

WHITE, J. A. ; HART, R. J. ;; FRY, J. C. An evaluation of the Waters Pico-Tag system for the amino-acid analysis of food material. **Journal of Automatic Chemistry of Clinical Laboratory Automation**, v. 8, n. 4, p. 170–177, 1986.

XAVIER, V. L. *et al.* Nutritional and technological potential of Umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) processing by-product flour. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 94, n. 1, 2022.

YASUI, T. *et al.* Phosphate effects on meat, specific interaction of inorganic polyphosphates with myosin B. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 12, n. 5, p. 399–404, 1964.

YOUNES, M. *et al.* Re-evaluation of phosphoric acid–phosphates—di-, tri- and polyphosphates (E 338–341, E 343, E 450–452) as food additives and the safety of proposed extension of use., **EFSA Journal**, 2019, 17, p. e05674. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa>, 2019.

YÜNCÜ, Ö.; KAVUŞAN, H. S.; SERDAROĞLU, M. Effects of using chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage and different cooking procedures on quality parameters of beef patties. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 854, n. 1, p. 012107, 2021.

ZHENG, C. *et al.* Evaluation of amidated pectin as fat substitutes for minced chicken breast: Physicochemical properties and edible quality. **Food Research International**, v. 173, p. 113371, 2023.

ZOHURIAAN, M. J.; SHOKROLAHI, F. Thermal studies on natural and modified gums. **Polymer Testing**, v. 23, n. 5, p. 575–579, 2004.

APÊNDICE A – Obtenção da mucilagem da raiz *Talinum paniculatum*

REPOUSO DAS RAÍZES DA *Talinum paniculatum* APÓS 24 H EM ÁGUA ULTRAPURA

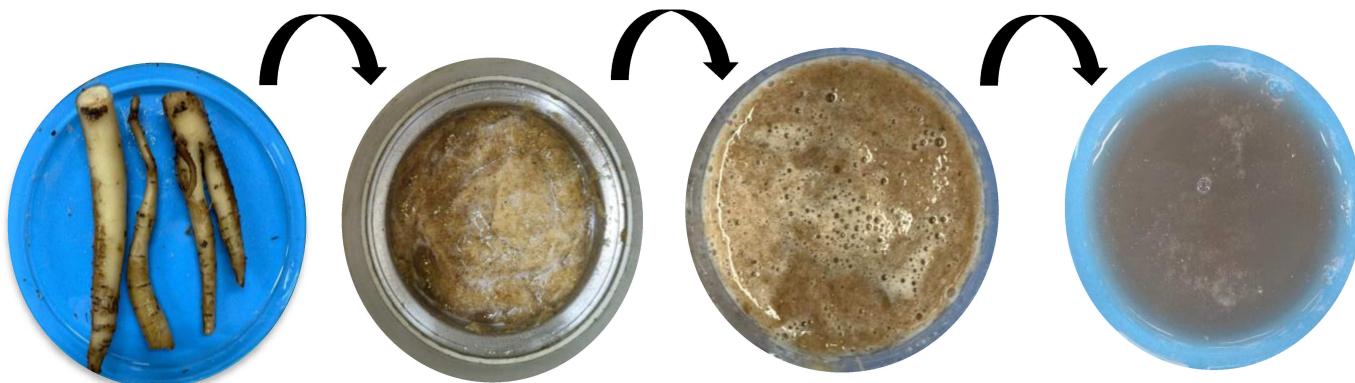


EXTRAÇÃO DAS RAÍZES

Trituração com água

Repouso à 4°C

Peneira 43µm e centrifuga 6000 RPM por 15 min, 15°C



REIDRATAÇÃO DAS RAÍZES NA SEGUINTE ORDEM: MUCILAGEM SECA EM ESTUFA E MUCILAGEM SECA EM LIOFILIZADOR

