



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO NORTE - CAMPUS PAU DOS FERROS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AGROINDÚSTRIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**VALORIZAÇÃO DAS CASCAS DE PITAYA VERMELHA:
CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA OBTIDA EM DIFERENTES
TEMPERATURAS E APLICAÇÃO EM BISCOITOS AMANTEIGADOS**

RAISSA MARIELLE FERREIRA DA COSTA

PAU DOS FERROS - RN

2026

RAISSA MARIELLE FERREIRA DA COSTA

**VALORIZAÇÃO DAS CASCAS DE PITAYA VERMELHA: CARACTERIZAÇÃO
DA FARINHA OBTIDA EM DIFERENTES TEMPERATURAS E APLICAÇÃO EM
BISCOITOS AMANTEIGADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Agroindústria do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - *Campus* Pau dos Ferros, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo(a) em Agroindústria.

Orientador: Prof. Dr. Dyego da Costa Santos

Coorientador: Profa. Dr. Emanuel Neto Alves de Oliveira

PAU DOS FERROS - RN

2026

VALORIZAÇÃO DAS CASCAS DE PITAYA VERMELHA: CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA OBTIDA EM DIFERENTES TEMPERATURAS E APLICAÇÃO EM BISCOITOS AMANTEIGADOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Agroindústria do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - *Campus* Pau dos Ferros, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo(a) em Agroindústria.

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado em 20/07/2026 pela seguinte Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **DYEGO DA COSTA SANTOS**
Data: 12/08/2026 21:48:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Dyego da Costa Santos – Orientador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Documento assinado digitalmente
 **EMANUEL NETO ALVES DE OLIVEIRA**
Data: 12/08/2026 16:12:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Emanuel Neto Alves de Oliveira – Coorientador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Documento assinado digitalmente
 **GLEISON SILVA OLIVEIRA**
Data: 11/08/2026 17:01:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Gleison Silva Oliveira – Examinador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Documento assinado digitalmente
 **JÂNIO EDUARDO DE ARAÚJO ALVES**
Data: 11/08/2026 07:46:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Esp. Jânio Eduardo de Araújo Alves – Examinador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Costa, Raissa Marielle Ferreira da.

C838v Valorização das cascas de pitaya vermelha: caracterização da farinha obtida em diferentes temperaturas e aplicações em biscoitos amanteigados. / Raissa Marielle Ferreira da Costa. – 2026.
39 f. il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Pau dos Ferros, 2026.

Orientador(a): Prof. Dr. Dyego da Costa Santos.

Coorientador(a): Prof. Dr. Emanuel Neto Alves de Oliveira.

1. Aproveitamento agroindustrial. 2. Desidratação convectiva. 3. Biscoito amanteigado. I Título.

SIBi/IFRN

CDU: 664.68

Aos meus pais, que enfrentaram o sol, permitindo-me
caminhar pela sombra ao transformar seus esforços em
minhas oportunidades.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pelos ensinamentos, inúmeros sacrifícios e por sempre acreditarem no meu conhecimento. À meus irmãos, pelo carinho e incentivo ao longo dessa caminhada.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Dyego da Costa Santos, pela excelente orientação. Obrigada pela confiança, ensinamentos e incentivo durante a orientação.

Ao meu Coorientador, Dr. Emanuel Neto Alves de Oliveira pela disponibilidade, orientação e valiosas contribuições.

Aos professores participantes da banca examinadora Dr. Gleison Silva Oliveira e Esp. Jânio Eduardo de Araújo Alves pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos professores do Curso Superior de Tecnologia em Agroindústria, por todo o conhecimento compartilhado em aula e por cada gesto de apoio que contribuiu para realização deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas de turma do curso, por compartilharem comigo os desafios, alegrias e conselhos.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ii
LISTA DE TABELAS.....	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 - MATERIAL E MÉTODOS	3
2.1 - Local de realização da pesquisa	3
2.2 - Matéria-prima.....	3
2.3 - Obtenção da pasta de cascas de pitaya vermelha	3
2.4 - Caracterização físico-química da pasta de cascas de pitaya vermelha.....	3
2.5 - Obtenção e caracterização das pastas de cascas de pitaya vermelha desidratada	4
2.6 - Processamento dos biscoitos amanteigados adicionados da pasta de casca de pitaya vermelha desidratada	4
2.7 - Caracterização nutricional dos biscoitos amanteigados	5
2.8 - Análise estatística.....	5
3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	6
3.1 - Caracterização físico-química da pasta de cascas de pitaya vermelha <i>in natura</i>	6
3.2 - Caracterização da pasta de cascas de pitaya vermelha desidratada	8
3.3 - Caracterização nutricional dos biscoitos amanteigados adicionados da pasta de cascas de pitaya vermelha desidratada.....	14
4 - CONCLUSÃO	19
REFERÊNCIAS	20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Pasta de cascas de pitaya vermelha <i>in natura</i>	8
Figura 2. Pasta de cascas de pitaya vermelha desidratada em diferentes temperaturas	13
Figura 3. Biscoitos amanteigados processados com a pasta de cascas de pitaya vermelha desidratada.....	17

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Formulações utilizadas no processamento dos biscoitos amanteigados adicionados da pasta de casca de pitaya vermelha desidratada.....	4
Tabela 2. Características físico-químicas da pasta de cascas de pitaya vermelha <i>in natura</i>	6
Tabela 3. Características físico-químicas da pasta de cascas de pitaya vermelha desidratada em diferentes temperaturas	9
Tabela 4. Características nutricional de biscoitos amanteigados processados com diferentes proporções de pasta de cascas de pitaya vermelha desidratada	14

RESUMO

O processamento da pitaya gera grandes quantidades de cascas que, na maioria das vezes, são descartadas. Com o intuito de agregar valor a esse resíduo, ele pode ser transformado em farinha por secagem convectiva e utilizado como insumo em produtos de panificação. Nessa perspectiva, objetivou-se caracterizar a pasta de casca de pitaya vermelha desidratada por convecção em diferentes temperaturas, bem como aplicá-la no processamento de biscoitos amanteigados. O subproduto foi desidratado nas temperaturas de 70, 80 e 90 °C para posterior caracterização físico-química. Com base nos resultados, a melhor amostra foi incorporada aos biscoitos nas proporções de 0, 3, 6 e 9%, os quais passam por avaliação nutricional. O aumento da temperatura de secagem reduziu significativamente ($p<0,05$) a umidade, o que elevou a estabilidade e concentrou diversos constituintes do resíduo. A secagem a 80 °C proporcionou a maior retenção de ácido ascórbico e o melhor conjunto de características físico-químicas, sendo selecionada para a aplicação no processado dos biscoitos. Nestes, a adição da farinha promoveu o enriquecimento mineral e de carboidratos, mas reduziu os teores de lipídeos, proteínas e o valor energético. Além disso, o aumento da proporção do resíduo intensificou o escurecimento e conferiu tons levemente avermelhados aos biscoitos. Os resultados permitem concluir que a farinha da casca de pitaya é um ingrediente viável para o processamento de biscoitos amanteigados com melhor qualidade nutricional.

Palavras-chave: *Hylocereus polyrhizus*, aproveitamento agroindustrial, desidratação convectiva, biscoito amanteigado.

ABSTRACT

Pitaya processing generates large quantities of peels that are usually discarded. To add value to this waste product, it can be transformed into flour via convective drying and used as an ingredient in bakery products. In this context, the study aimed to characterize a mass of dried pitaya peel dehydrated by convection at different temperatures and to use it in the production of butter cookies. The byproduct was dehydrated at 70, 80, and 90 °C for subsequent physicochemical characterization. Based on the results, the best sample was incorporated into the cookies at proportions of 0%, 3%, 6%, and 9%, which were then subjected to nutritional evaluation. Increasing the drying temperature significantly reduced ($p<0.05$) moisture content, thereby enhancing stability and concentrating various constituents of the waste. Drying at 80 °C resulted in the highest ascorbic acid retention and the best overall physicochemical characteristics, leading to its selection for cookie production. In the cookies, the addition of the flour increased mineral and carbohydrate content but reduced lipid and protein levels as well as caloric value. Furthermore, increasing the proportion of the waste intensified browning and imparted slightly reddish tones to the cookies. The results indicate that pitaya peel flour is a viable ingredient for producing shortbread cookies with improved nutritional quality.

Key-words: *Hylocereus polyrhizus*, agro-industrial use, convective dehydration, shortbread biscuit.

1 - INTRODUÇÃO

A pitaya é uma frutífera perene, trepadeira e tropical pertencente ao gênero *Hylocereus* (*Cactaceae*) sob a ordem Caryophyllales, originária do México, América Central e América do Sul, mas amplamente cultivada em regiões tropicais e subtropicais de todo o mundo (ESQUIVEL et al., 2007; LIU et al., 2022; XIE et al., 2022), pois é considerada uma cultura econômica potencial para condições ambientais adversas, como altas temperaturas e solo relativamente seco e pobre (CHEN et al., 2022). Quinze espécies deste gênero foram identificadas, cinco das quais são cultivadas para produção de frutas. Entre as pitayas cultivadas, destacam-se a pitaya de casca vermelha e polpa vermelha (*Hylocereus polyrhizus*), que têm sido o objeto de alguns estudos (WU et al., 2021; XIE et al., 2022). Isso se deve à sua coloração vermelho-púrpura e potenciais atividades biológicas, como capacidade antioxidante, capacidade de eliminação de radicais livres, proteção cardíaca, efeitos anti-inflamatórios, antibacterianos e antiobesidade (LIAO et al., 2020). Somados a isso, Lin et al. (2022) ainda destacaram que a pitaya vermelha também pode ser utilizada como fonte de pigmentos naturais na indústria alimentícia, sendo desenvolvidos métodos de extração de betalaínas, haja vista a tendência de substituição de corantes artificiais pelos naturais.

Além de despertar a curiosidade da comunidade científica e da indústria, a pitaya vermelha têm chamado a atenção de consumidores em virtude de sua aparência exótica, sabor fresco e doce e alto teor de nutrientes (XIE et al., 2022) como vitamina C e fibras dietéticas hidrossolúveis (LIU et al., 2022). Wu et al. (2021) destacaram que a pitaya vermelha tem emergido como uma fruta carnosa cada vez mais popular em todo o mundo, sendo consumida principalmente na forma de produtos minimamente processados e sucos (LIAO et al., 2020). Após processamento da pitaya vermelha são geradas grandes quantidades de cascas, haja vista que esta parte corresponde a aproximadamente 18-24% em peso do fruto inteiro (QIN et al., 2020). Na prática, estas cascas são descartadas; entretanto, Jiang et al. (2021) relataram que esse subproduto contém substâncias nutricionais e bioativas abundantes, com consideráveis teores de pectina e fibra alimentar que podem ser aplicados na produção de alimentos como ingredientes funcionais. Além disso, as cascas de pitaya podem fornecer fitoquímicos com grandes bioatividades, especialmente betacianinas, que podem ser recuperadas para desenvolver alimentos funcionais ou prolongar a vida útil de produtos alimentícios ao ser utilizada como antioxidantes (JIANG et al., 2021).

Em virtude do elevado conteúdo de umidade, as cascas de pitaya vermelha são extremamente perecíveis, sendo necessários métodos tecnologicamente viáveis para a sua preservação, a exemplo da secagem convectiva, para reduzir a atividade de água a níveis

seguros, retardando reações bioquímicas e inibindo o desenvolvimento de micro-organismos. Segundo Reis et al. (2018), a secagem é um método eficiente para prolongar a vida de prateleira dos produtos, facilitando também no transporte e estocagem de alimentos pelo processo de remoção de umidade quando expostos ao calor sob temperaturas controladas. Nesse contexto, a secagem convectiva é a mais comum no setor alimentício, devido ao seu baixo custo benefício, sua facilidade no processamento e sua tecnologia acessível para pequenos produtores (REIS et al., 2018). Desse modo, a secagem convectiva de cascas de pitaya vermelha poderia disponibilizar um novo insumo em forma de pó à indústria de alimentos, que poderia incorporá-lo à diversos produtos. Bakar et al. (2013) destacaram que o potencial de aplicação de cascas de pitaya vermelha em pó é amplo, podendo ser adicionado em vários tipos de sistemas de alimentos e bebidas, como chás e bebidas lácteas, sorvetes e iogurtes, bebidas à base de frutas, pães, barras saudáveis, molhos e produtos de panificação. Devido à sua cor atrativa, também pode ser usado como corante natural em alimentos (BAKAR et al., 2013).

Estudos sobre a obtenção de casca de pitaya vermelha desidratada por secagem convectiva, bem como sua utilização como substituta parcial da farinha de trigo em produtos de panificação, ainda são escassos. Sabendo que as características de secagem podem ser alteradas por pré-processamentos, como a desintegração para conversão em pasta, torna-se fundamental investigar o impacto da temperatura na qualidade do produto final. Diante do exposto, objetivou-se caracterizar a farinha da pasta de cascas de pitaya vermelha obtida por secagem convectiva em diferentes temperaturas, bem como aplicar o produto desidratado no processamento de biscoitos amanteigados.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Local de realização da pesquisa

O presente estudo foi desenvolvido nos Laboratórios da área de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), *Campus* Pau dos Ferros, RN, Brasil.

2.2 - Matéria-prima

Foram utilizados frutos maduros de pitaya vermelha, safra 2026, bem como farinha de trigo sem fermento, margarina com sal e açúcar cristal, ambos adquiridos em um supermercado na cidade de Pau dos Ferros, RN (Latitude: 6° 6' 9" Sul e Longitude: 38° 12' 33" Oeste).

2.3 - Obtenção da pasta de cascas de pitaya vermelha

As frutas e os insumos foram transportados em caixas plásticas ao laboratório, onde as pitayas foram lavadas em água corrente, sanitizadas em solução de hipoclorito de sódio a 150 ppm por 15 min e enxaguadas com água corrente para se retirar o excesso do sanitizante. Posteriormente, as brácteas das pitayas foram retiradas com uso de facas de aço inoxidável, procedendo-se a remoção manual das cascas, as quais foram cortadas em tamanhos irregulares e trituradas em liquidificador industrial (Modelo LS-04MB-N, Busque, SC, Brasil) por 5 min até obtenção de uma pasta homogênea, a qual foi acondicionada em embalagens de polietileno de baixa densidade (PEBD), hermeticamente fechadas, e mantidas sob congelamento (-18 °C) em freezer horizontal.

2.4 - Caracterização físico-química da pasta de cascas de pitaya vermelha

A pasta produzida foi submetida às análises de sólidos solúveis totais (°Brix), teor de umidade (%), sólidos totais (%), pH, acidez total titulável (%) em ácido cítrico, cinzas (%), lipídeos (%) e açúcares totais (%), açúcares redutores (%), açúcares não redutores (%) segundo metodologias do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008); ácido ascórbico (mg/100 g) pela metodologia da AOAC (1997) modificada por Benassi e Antunes (1998); proteína bruta (%) de acordo com a metodologia descrita pela AOAC (2010); carboidratos totais (%) por diferença (100 menos a soma das porcentagens dos teores de umidade, lipídeos, proteínas e cinzas); o valor energético (Kcal/g) foi calculado multiplicando-se os teores de carboidratos e proteínas da amostra pelo fator de conversão 4,0 kcal/g e o teor de lipídeos pelo fator de conversão 9,0 kcal/g (BRASIL, 2020).

2.5 - Obtenção e caracterização das pastas de cascas de pitaya vermelha desidratada

A pasta de cascas de pitaya foi previamente descongelada sob refrigeração (4 °C) e, na sequência, deixada em bancada de laboratório para equilíbrio térmico com o ambiente. Posteriormente, cerca de 90 g da pasta foi espalhada em bandeja de aço inoxidável até espessura de ~0,29 cm e secada, em triplicata, em estufa com circulação forçada de ar (Modelo TE-394/3MP, Piracicaba, SP, Brasil) nas temperaturas de 70, 80 e 90 °C e velocidade do ar de secagem de ~1,8 m/s, nos respectivos tempos de 330, 240 e 135 min.

As pastas de cascas de pitaya vermelha desidratadas (PCPVD) foram desintegradas em multiprocessador por 2 min, até obtenção de uma farinha fina e homogênea que foi acondicionada em embalagem laminada. As amostras em pó foram avaliadas quanto aos parâmetros de pH, teor de umidade, sólidos totais, açúcares totais, açúcares redutores, açúcares não redutores, acidez total titulável (ATT) em ácido cítrico, ácido ascórbico, cinzas, proteína, lipídeos, carboidratos e valor energético, de acordo com metodologias já citadas.

2.6 - Processamento dos biscoitos amanteigados adicionados da pasta de casca de pitaya vermelha desidratada

Os valores, em porcentagem, dos ingredientes utilizados durante o processamento dos biscoitos podem ser consultados na Tabela 1. Nessa perspectiva, a partir da variação da PCPVD e de farinha de trigo, foram elaboradas quatro formulações distintas.

Tabela 1. Formulações utilizadas no processamento dos biscoitos amanteigados adicionados da pasta de casca de pitaya vermelha desidratada

Ingrediente	B1	B2	B3	B4
Farinha de trigo (%)	47,06	47,06	47,06	47,06
Açúcar (%)	23,53	23,53	23,53	23,53
Margarina (%)	29,41	29,41	29,41	29,41
PCPVD (%)*	0,00	3,00	6,00	9,00

PCPVD: pasta de cascas de pitaya vermelha desidratada; *a serem adicionados bom base no somatório das massas de farinha de trigo, açúcar e margarina.

Para a elaboração dos biscoitos, os ingredientes foram inicialmente pesados. Em seguida, homogeneizaram-se a margarina e o açúcar em batedeira por 15 minutos. A farinha de trigo foi adicionada gradualmente à mistura e, após a obtenção de uma massa homogênea, incorporou-se a PCPVD conforme as proporções da Tabela 1. A massa foi então dividida em

porções de aproximadamente 6 g, moldada em esferas e achatada com um garfo para melhorar o aspecto visual. Por fim, os biscoitos foram assados em forno elétrico a 180 °C por 22 minutos, resfriados à temperatura ambiente em bancada de laboratório e armazenados em embalagens laminadas com fecho hermético (lacre)

2.7 - Caracterização nutricional dos biscoitos amanteigados

Os biscoitos amanteigados foram submetidos, em triplicata, às determinações analíticas de umidade, sólidos totais, proteínas, cinzas, lipídeos, carboidratos totais e valor energético de acordo com os métodos já citados.

2.8 - Análise estatística

Os dados da caracterização das cascas de pitaya em pó e dos biscoitos amanteigados foram submetidos à análise estatística utilizando-se o programa computacional Assistat versão 7.7, através de delineamento experimental inteiramente casualizado, com os dados submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Caracterização físico-química da pasta de cascas de pitaya vermelha *in natura*

A Tabela 2 dispõe os resultados da caracterização físico-química da pasta de cascas de pitaya vermelha *in natura*. Observou-se que o teor de umidade foi elevado, superior a 92%, indicando que o produto é altamente perecível, uma vez que em alimentos onde esse teor é elevado existe alta disponibilidade de água livre que aceleram reações químicas e enzimáticas e favorece o crescimento de microrganismos deterioradores (POTTER; HOTCHKISS, 1995). Em virtude da alta umidade, os sólidos totais foram baixos, em torno de 7,5%, em que os carboidratos e as cinzas representam cerca de 73% e 17% desse total; quanto às proteínas e os lipídeos, verificaram-se baixos teores o que segundo Bobbio e Bobbio (2003) reflete a composição natural de tecidos de revestimento vegetal. Ademais, a pasta de cascas de pitaya apresentou valor energético reduzido (26,28 kcal/100g), constituindo-se em uma matéria-prima interessante para um grande espectro de alimentos, inclusive àqueles de baixo valor energético ou para públicos específicos.

Tabela 2. Características físico-químicas da pasta de cascas de pitaya vermelha *in natura*

Parâmetro	Valor médio	Parâmetro	Valor médio
Umidade (%)	92,54 ± 0,26	ATT em ácido cítrico (%)	0,45 ± 0,01
Sólidos totais (%)	7,46 ± 0,26	pH	4,62 ± 0,02
Cinzas (%)	1,25 ± 0,04	SST (°Brix)	4,75 ± 0,10
Lipídeos (%)	0,29 ± 0,01	Relação SST/ATT	10,45 ± 0,25
Proteínas (%)	0,49 ± 0,01	Açúcares totais (%)	0,59 ± 0,01
Carboidratos (%)	5,43 ± 0,21	Açúcares redutores (%)	0,57 ± 0,00
Valor energético (kcal/100 g)	26,28 ± 0,90	Açúcares não redutores (%)	0,02 ± 0,00
Ácido ascórbico (mg/100 g)	26,52 ± 0,10	-	-

ATT: acidez total titulável; SST: sólidos solúveis totais.

O teor de ácido ascórbico da amostra foi de 26,52 mg/100g, demonstrando que a pasta de cascas de pitaya vermelha *in natura* pode atuar como uma importante fonte desse antioxidante natural, representando cerca de 26% do valor diário de referência (VDR) de ácido ascórbico, que é de 100 mg/100g (BRASIL, 2020). Santos (2020) observou resultados semelhantes ao investigar os teores de ácido ascórbico presentes em cascas de pitaya vermelha, encontrando valores na amplitude de 24,19 a 26,52 mg/100g, inferindo que são comparáveis aos níveis médios encontrados em frutos tropicais e hortaliças tradicionais, como tomate e manga, consolidando esse subproduto como uma fonte viável de compostos bioativos.

A pasta de casca de pitaya vermelha *in natura* apresentou baixa acidez total (ATT), com teor médio de 0,45% em ácido cítrico, o que refletiu diretamente no valor de pH obtido (4,62), situando-se na faixa de alimentos de baixa acidez ($\text{pH} > 4,5$), exigindo cuidados específicos em processos de conservação térmica para garantir a estabilidade microbiológica (FRANCO; LANDGRAF, 2008). Além disso, os sólidos solúveis totais (SST) quantificados foram inferiores a 5,0 °Brix, compostos majoritariamente por glicídios, ácidos orgânicos e outros constituintes solúveis que influenciam nas propriedades sensoriais e tecnológicas do subproduto (FERREIRA, 2017). Por conseguinte, a relação SST/ATT foi superior a 10,0, indicando que o produto possui equilíbrio adequado entre os sólidos em solução e os ácidos orgânicos, ao passo que assegura boa palatabilidade para futuras aplicações agroindustriais (MACHADO, 2019).

Os açúcares totais foram inferiores a 1,0%, correspondendo a 7,91% do total de carboidratos da pasta. Ao fracionar esse conteúdo, verificou-se que grande parte desses açúcares é composto por glicídios redutores, restando apenas uma fração residual de açúcares não redutores. De acordo com Bobbio e Bobbio (2003), a predominância absoluta de açúcares redutores, como a glicose e a frutose, em detrimento de açúcares não redutores, como a sacarose, demonstra que os carboidratos presentes na casca estão sob a forma de monossacarídeos livres, prontamente disponíveis para o metabolismo celular do vegetal ou para reações químicas. No estudo de Jamilah et al. (2011) foi verificado que a glicose é o açúcar que se apresenta em maior quantidade em cascas de pitaya vermelha, não sendo detectado pelos autores a presença da sacarose.

Na Figura 1 observa-se a pasta de casca de pitaya vermelha *in natura* a qual possui uma coloração vermelho vibrante que indica a presença de pigmentos, como betalainas (MARTÍNEZ-RAMOS et al., 2026). Segundo Liu et al. (2025), as betalainas são pigmentos nitrogenados e hidrossolúveis que variam do vermelho-violeta ao amarelo-alaranjado. Devido ao seu potencial para substituir corantes artificiais por alternativas mais seguras e saudáveis, esses compostos têm despertado grande interesse industrial (RORIZ et al., 2022). Ademais, Leal-Alcazar et al. (2025) destacam que o interesse pelas betalainas vai além do potencial de uso como corante alimentar: nos últimos anos, seu expressivo potencial biológico tem sido explorado em função de suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, anticancerígenas e antidiabéticas.



Figura 1. Pasta de cascas de pitaya vermelha *in natura*.

Além da coloração, é possível perceber que a amostra possui aspecto fibroso, o qual reflete a constituição estrutural típica da parede celular vegetal presente na casca do fruto. Com base nisso, Vaillant et al. (2005), ao estudar sobre a caracterização de subprodutos, indicou que as cascas de pitaya vermelha possuem um elevado teor de fibras totais, o que justifica essa consistência densa observada na pasta. A presença de fibras contribui para a elevada capacidade de retenção de água da pasta (que possui elevada umidade, como já discorrido), constituindo-se em importante característica no processamento de panificáveis (HE et al., 2024). Dentre as fibras que as cascas de pitaya possuem, Oliveira et al. (2025) destacaram as pectinas.

3.2 - Caracterização da pasta de cascas de pitaya vermelha desidratada

Têm-se na Tabela 3 os resultados da caracterização físico-química da pasta de cascas de pitaya vermelha desidratada em diferentes temperaturas. Percebeu-se que o teor de umidade reduziu significativamente ($p < 0,05$) à medida que a temperatura de secagem era aumentada, tendo em vista que o emprego de temperaturas mais elevadas no processo de secagem amplia o gradiente térmico entre o ar aquecido e o resíduo, o que favorece a transferência de calor para o material, resultando em uma evaporação de água mais intensa e, consequentemente, em teores de umidade final mais baixos, o que garante estabilidade ao longo da estocagem prolongada (HACHEM; TOUATI; MIHOUBI, 2026; SU et al., 2026; TEPE; TEPE, 2026). Esse comportamento é frequentemente descrito na literatura, sendo convergente aos reportados na secagem convectiva de frutas e seus resíduos (BELKHIR; ABDESSEMED; REFAS, 2025; LIMA et al., 2026). Por outro lado, os sólidos totais apresentaram valores consideravelmente altos ($p < 0,05$) com o aumento da temperatura, estando relacionado ao efeito da concentração

dos constituintes da pasta pelo efeito da remoção da água (SILVA et al., 2021). Wanderley et al. (2023), Candemir et al. (2024), Kaba et al. (2025) reportaram fenômeno similar na secagem convectiva de resíduos de romã, uvas-passas e polpa de cornéla (*Cornus mas* L.), respectivamente, em que os sólidos totais se apresentaram inversamente relacionados à umidade.

Tabela 3. Características físico-químicas da pasta de cascas de pitaya vermelha desidratada em diferentes temperaturas

Parâmetro	Temperatura (°C)		
	70	80	90
Umidade (%)	5,28 ± 0,11 a	4,19 ± 0,08 b	3,74 ± 0,10 c
Sólidos totais (%)	94,72 ± 0,11 c	95,81 ± 0,08 b	96,26 ± 0,10 a
Cinzas (%)	10,63 ± 0,21 b	10,98 ± 0,15 ab	11,22 ± 0,17 a
Lipídeos (%)	0,72 ± 0,02 b	0,83 ± 0,02 a	0,89 ± 0,03 a
Proteínas (%)	4,44 ± 0,01 a	4,45 ± 0,02 a	4,10 ± 0,01 b
Carboidratos (%)	78,92 ± 0,14 c	79,55 ± 0,18 b	80,05 ± 0,24 a
Valor energético (kcal/100g)	339,97 ± 0,72 b	343,47 ± 0,86 a	344,63 ± 0,98 a
Ácido ascórbico (mg/100 g)	73,67 ± 0,54 c	78,42 ± 0,52 a	76,08 ± 0,32 b
ATT em ácido cítrico (%)	2,44 ± 0,04 c	3,37 ± 0,05 a	3,03 ± 0,04 b
pH	4,64 ± 0,02 a	4,65 ± 0,02 a	4,67 ± 0,02 a
SST (°Brix)	40,00 ± 0,25 b	42,50 ± 0,32 a	42,50 ± 0,20 a
Relação SST/ATT	16,42 ± 0,26 a	12,60 ± 0,26 c	14,04 ± 0,22 b
Açúcares totais (%)	7,96 ± 0,06 b	8,38 ± 0,06 a	7,53 ± 0,08 c
Açúcares redutores (%)	7,46 ± 0,05 b	7,90 ± 0,01 a	7,07 ± 0,08 c
Açúcares não redutores (%)	0,48 ± 0,05 a	0,50 ± 0,04 a	0,45 ± 0,03 a

ATT: acidez total titulável; SST: sólidos solúveis totais; médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Nessa perspectiva de concentração dos constituintes com a secagem, observou-se que os teores de cinzas, lipídeos e carboidratos aumentaram significativamente ($p < 0,05$) com a elevação da temperatura. Deve-se considerar também que a inativação enzimática pode ter contribuído para a preservação do teor de lipídios. De acordo com Wei et al. (2026), a aplicação de altas temperaturas promove a inativação da lipase e de outras enzimas hidrolíticas, o que minimiza a degradação dessa fração durante o processo de secagem. Ademais, o efeito da

concentração de nutrientes é relevante do ponto de vista nutricional, pois indica o potencial do produto para enriquecer novas formulações alimentares.

De modo geral, os carboidratos representaram a maior parte dos sólidos totais (~83%), seguidos pelas cinzas (~11,50%), enquanto os lipídeos corresponderam a menos de 1,0% da matéria seca. Considerando os valores de Ingestão Diária Recomendada (IDR) para minerais (BRASIL, 2020), a incorporação desse insumo surge como uma alternativa promissora para mitigar carências associadas à ingestão insuficiente de elementos inorgânicos (KIANI et al., 2022). Ao desidratarem por convecção diferentes resíduos do processamento de frutas, Santos et al. (2020), Leite et al. (2023), Araújo et al. (2025) e Sellami et al. (2026) reportaram aumento em alguns desses parâmetros com a elevação da temperatura de secagem, sendo convergente ao evidenciado neste estudo.

Quanto às proteínas, perceberam-se teores estáveis ($p>0,05$) até condição térmica de 80 °C, seguido de queda ($p<0,05$) na temperatura mais elevada, indicando provável desnaturação proteica. Segundo Silva et al. (2020), a exposição de materiais biológicos a combinações extremas de temperatura durante a secagem pode induzir a desnaturação proteica e estresse térmico em compostos nitrogenados sensíveis, resultando em perdas quantitativas na composição final da matéria. Além disso, também deve ser considerado que temperaturas elevadas podem ter catalisado reações de escurecimento não enzimáticos, onde aminoácidos que compõem as proteínas da pasta foram consumidos, produzindo uma maior variedade e quantidade de produtos dessas reações (FATHIMAH; HERBERG; MAJCHRZAK, 2026; XIANG; CHEN; TAN, 2026). Ao secarem convectivamente cascas de limão, Sellami et al. (2026) evidenciaram comportamento similar, com redução do teor proteico com o aumento da temperatura. Apesar disso, as perdas desse macronutriente foram pequenas e, mesmo a 90 °C, a amostra ainda retem cerca de 4,10% de proteínas.

Por sua vez, os valores energéticos aumentaram ($p<0,05$) progressivamente à medida que a condição térmica de secagem era ampliada, fenômeno relacionado à concentração dos macronutrientes por porção (LODI et al., 2026), o qual já foi discorrido. Ademais, independente da amostra, constatarem-se densidades energéticas superiores a 330 kcal/100 g, permitindo classificar o produto desidratado como de alto valor energético, uma vez que apresenta mais de 40 kcal/100 g (BRASIL, 2012). Ao investigarem a secagem convectiva de cascas e sementes de romã, Wanderley et al. (2023) também reportaram aumento da densidade energética dos resíduos à medida que a temperatura de secagem era elevada.

O teor de ácido ascórbico variou de forma distinta conforme a temperatura de secagem. Constatou-se um incremento ($p<0,05$) nessa variável ao se ampliar a condição térmica de 70

°C para 80 °C. Esse comportamento decorre do menor tempo de exposição ao calor, minimizando a degradação termo-oxidativa (ALIBAS; IPEK, 2026; WEI et al., 2026). De fato, Mieszcakowska-Fraç, Celejewska e Płocharski (2021) sugerem que processos mais curtos podem ser mais eficientes na retenção desse nutriente do que secagens prolongadas sob temperaturas amenas. Essa dinâmica corrobora os achados de Paiva et al. (2023), que observaram maior preservação de ácido ascórbico em um *blend* de frutas tropicais (acerola, goiaba e pitanga) submetido a uma secagem convectiva mais rápida em temperatura intermediária.

Posteriormente, houve redução ($p<0,05$) de ácido ascórbico ao se elevar a temperatura de secagem para 90 °C. Esse decréscimo está associado à termoinstabilidade do composto em condições térmicas mais severas, o que intensificou a sua oxidação (MIERZWA et al., 2026), a despeito do menor tempo de exposição ao calor. Conforme relatado por Rumicha et al. (2025), a exposição a altas temperaturas promove a oxidação do ácido ascórbico a ácido desidroascórbico, o qual sofre posterior hidrólise irreversível, gerando o ácido dicetogulônico e outros compostos biologicamente inativos. Resultados convergentes foram reportados por Kamal et al. (2024) ao avaliarem o impacto da secagem convectiva em farinha de sementes de jaca, na qual o nutriente também foi severamente reduzido na condição térmica mais extrema.

Os valores de ATT aumentaram ($p<0,05$) até os 80 °C, seguido de redução ($p<0,05$) na temperatura de 90 °C. A elevação inicial decorreu da concentração dos ácidos orgânicos provocada pela evaporação da água da pasta (SILVA et al., 2021). Por outro lado, o decréscimo posterior é explicado pela degradação parcial desses compostos em temperaturas mais elevadas (MANÇANO et al., 2026). Na literatura, o comportamento da ATT em função da temperatura de desidratação pode variar, constatando-se tendência de aumento em cascas de abacaxi (REIS et al., 2023) e redução em farinhas de sementes germinadas de melão (ARAÚJO et al., 2025).

Apesar da oscilação registrada na ATT, observou-se que o pH permaneceu estável ($p>0,05$) em qualquer condição térmica, sugerindo que a pasta possui componentes tamponantes, ou seja, substâncias que evitam flutuações do pH. Comportamento similar também foi registrado na secagem convectiva de outros resíduos de frutas, a exemplo de cascas de figo da índia (BELKHIR; ABDESSEMED; REFAS, 2025) e cascas do fruto do cacau (MARTÍNEZ-GIRALDO; ROA-ACOSTA; AGUDELO-LAVERDE, 2026). De modo geral, independente da condição térmica, as amostras foram classificadas como de baixa acidez (FRANCO; LANDGRAF, 2008), o que segundo Yikilkan et al. (2025) pode ajudar a preservar certos compostos bioativos que são geralmente mais estáveis em meios ácidos, além de não resultar, quando incorporados em alimentos, em um sabor excessivamente ácido ou pungente,

sendo improvável que afete negativamente a aceitação pelo consumidor, o que constitui um indicador positivo.

Os SST apresentaram aumento significativo ($p < 0,05$) quando a temperatura foi elevada de 70 °C para 80 °C, permanecendo estável ($p > 0,05$) na condição térmica de 90 °C. De acordo com Sonkar, Mobin e Sonkar (2025), esse incremento inicial decorre da remoção de água, que concentra os compostos solúveis do alimento - majoritariamente glicídios -, influenciando positivamente a textura, a vida útil e o sabor. Em contrapartida, a estabilidade subsequente sugere a ocorrência de oxidação térmica de compostos solúveis; caso contrário, o parâmetro continuaria a aumentar em resposta à contínua redução da umidade. Sellami et al. (2026) reportaram comportamento similar durante a secagem convectiva de cascas de limão, aumentando os SST nas temperaturas mais baixas, seguido de posterior redução na condição térmica mais elevada.

Quanto a relação SST/ATT, percebeu-se que a mesma reduziu ($p < 0,05$) quando se aumentou a temperatura de secagem de 70 °C para 80 °C, com posterior aumento ($p < 0,05$) na condição térmica mais alta. Visto que essa variável mensura o equilíbrio entre os sólidos solúveis e os ácidos orgânicos, as oscilações observadas no processo de desidratação podem repercutir diretamente na palatabilidade das pastas, tornando-se recomendável a realização de análises sensoriais para ratificar tal hipótese. A oscilação desse índice decorreu das reações concomitantes de oxidação térmica dos ácidos orgânicos e dos sólidos solúveis, conforme discutido anteriormente. Comportamento semelhante foi reportado por Silva et al. (2025) ao desidratarem a mistura de casca e polpa de juazeiro (*Ziziphus joazeiro*) sob diferentes temperaturas, constatando que a relação SST/ATT foi fortemente influenciada pela temperatura.

Os açúcares totais e os açúcares redutores tiveram comportamentos semelhantes, aumentando ($p < 0,05$) ao se elevar a temperatura de secagem de 70 °C para 80 °C, seguido de redução ($p < 0,05$) na temperatura de 90 °C; como a maior parte dos açúcares totais é composta pelos açúcares redutores (cerca de 94%), é de se esperar comportamentos convergentes. Essa convergência de comportamento era esperada, uma vez que a fração redutora representa a maior parte dos açúcares totais (cerca de 94%). O incremento inicial decorreu da concentração dos glicídios na pasta devido à remoção de água, fenômeno já discutido e corroborado pela literatura para a secagem de cascas de maracujá amarelo e doce (LIMA et al., 2026) e de uvas-passas (CANDEMIR et al., 2024). Por outro lado, o decréscimo subsequente - que atingiu teores inferiores aos registrados a 70 °C - deveu-se ao provável consumo desses monossacarídeos pela reação de Maillard.

Segundo Chaiwong, Phimolsiripol e Gavahian (2026), a reação de Maillard é induzida pelo calor e envolve a interação de açúcares redutores com aminoácidos, gerando compostos que moldam o perfil sensorial do alimento. Similarmente ao verificado para a pasta de cascas de pitaya vermelha, Reis et al. (2023) observaram um maior consumo de açúcares redutores em cascas de abacaxi na temperatura mais elevada de secagem, o que aponta para a potencialização dessa via reacional. Em contrapartida, a estabilidade ($p>0,05$) dos açúcares não redutores reflete a menor suscetibilidade térmica desses compostos. Essa tendência corrobora os achados de Silva et al. (2025), que não detectaram efeito significativo da temperatura sobre os açúcares não redutores durante a secagem convectiva da mistura de cascas e polpa de juazeiro.

As imagens das pastas de cascas de pitaya vermelha, desidratadas sob diferentes temperaturas, estão apresentadas na Figura 2. Observou-se a manutenção da coloração avermelhada em todas as condições térmicas de secagem, o que sinaliza a provável retenção de pigmentos. De acordo com Kang et al. (2026), o acúmulo de betalainas é o principal determinante da cor vermelha na casca da pitaya. Embora esses compostos sejam reconhecidamente termolábeis (LEAL-ALCAZAR et al., 2025), períodos mais curtos de secagem sob temperaturas elevadas podem ter minimizado os efeitos da degradação térmica. Dessa forma, infere-se que houve a preservação desses bioativos em todas as condições avaliadas, qualificando as pastas desidratadas como potenciais ingredientes para o incremento visual de novos produtos alimentícios.



Figura 2. Pasta de cascas de pitaya vermelha desidratada em diferentes temperaturas

Por outro lado, o incremento térmico também favoreceu o escurecimento das amostras, decorrente de reações não enzimáticas, como a de Maillard. Segundo Qi et al. (2026), essa reação compreende um processo de múltiplas etapas que culmina na síntese de melanoidinas, além de compostos aromáticos e intermediários que modificam os atributos cromáticos, sensoriais e o valor nutricional dos alimentos. Por ser uma via catalisada pelo calor, o

escurecimento tendeu a ser mais pronunciado nas condições de secagem mais severas. Além disso, deve ser considerado que a oxidação de compostos bioativos, como os polifenóis, pode contribuir com o escurecimento das amostras (HU et al., 2023). Comportamento semelhante foi relatado por Albuquerque Junior et al. (2025), os quais observaram que a secagem convectiva escureceu resíduos de acerola verde quando comparados à amostra fresca, sendo esse efeito discretamente acentuado nas maiores temperaturas. De igual forma, Rudy et al. (2025) evidenciaram escurecimento de alcachofra-de-jerusalém (*Helianthus tuberosus* L.) à medida que a temperatura de secagem convectiva era aumentada.

3.3 - Caracterização nutricional dos biscoitos amanteigados adicionados da pasta de cascas de pitaya vermelha desidratada

A Tabela 4 apresenta o perfil nutricional dos biscoitos amanteigados formulados com diferentes proporções de PCPVD. Para o desenvolvimento do produto, optou-se pela farinha processada a 80 °C, que se destacou pelos melhores parâmetros físico-químicos. Essa escolha justificou-se pela maior retenção de ácido ascórbico, o que evidencia a preservação de constituintes termolábeis e a mitigação de processos oxidativos.

Tabela 4. Características nutricional de biscoitos amanteigados processados com diferentes proporções de pasta de cascas de pitaya vermelha desidratada

Parâmetro	Formulação			
	F1	F2	F3	F4
Umidade (%)	1,64 ± 0,09 a	1,50 ± 0,05 ab	1,44 ± 0,05 b	1,19 ± 0,03 c
Sólidos totais (%)	98,36 ± 0,09 c	98,50 ± 0,05bc	98,56 ± 0,05 b	98,81 ± 0,03 a
Cinzas (%)	0,82 ± 0,02 d	1,26 ± 0,03 c	1,59 ± 0,04 b	2,12 ± 0,03 a
Lipídeos (%)	18,71 ± 0,20 a	17,50 ± 0,17 b	15,87 ± 0,11 c	14,56 ± 0,16 d
Proteínas (%)	5,62 ± 0,02 a	5,58 ± 0,04 ab	5,51 ± 0,04 bc	5,47 ± 0,01 c
Carboidratos (%)	73,21 ± 0,20 d	74,16 ± 0,13 c	75,59 ± 0,17 b	76,65 ± 0,18 a
Valor energético (kcal/100g)	483,73 ± 1,19a	476,47 ± 0,82b	467,18 ± 0,39c	459,57 ± 0,73d

F1: formulação controle, sem adição de pasta de cascas de pitaya vermelha desidratada (PCPVD); F2: formulação com adição de 3% de PCPVD; F3: formulação com adição de 6% de PCPVD; F4: formulação com adição de 9% de PCPVD; médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Esse fenômeno corrobora estudos similares de biscoitos formulados com resíduos agroindustriais, nos quais a adição de farinha de semente de abacate (NGA et al., 2026) e de

farinha de casca de laranja (MAKHZANGY et al., 2024) também promoveu a redução da umidade do produto. De acordo com Krajewska e Dziki (2023a), o baixo teor de água em biscoitos estende sua vida útil, principalmente devido à redução da atividade de água. Sob o aspecto tecnológico, menores teores de umidade conferem maior nível de dureza e, consequentemente, maior crocância ao produto (KRAJEWSKA; DZIKI, 2023b). Desse modo, o enriquecimento de biscoitos com subprodutos de frutas altera suas propriedades físicas de forma favorável para essa categoria de produto. Contudo, o enriquecimento de biscoitos com proporções elevadas de farinhas residuais pode torna-los mais quebradiços (EJAZ et al., 2026), sendo importante ajustar o nível de adição à formulação.

Esse comportamento decrescente da umidade com o acréscimo de PCPVD deve-se, provavelmente, ao menor teor de água do resíduo utilizado em comparação à farinha de trigo (KAUSAR et al., 2024), aliado à incorporação de fibras à matriz do biscoito. Silva et al. (2026) relataram que a fração de fibras alimentares de farinhas residuais de frutas pode restringir a disponibilidade de água na matriz da massa. Isso ocorre devido à sua capacidade de retenção de água que, por estar ligada de forma mais fraca, é facilmente evaporada durante a etapa de fornecimento. Ademais, Krajewska e Dziki (2023a) destacaram que, embora não haja um limite de umidade rigidamente definido na legislação para biscoitos, eles devem manter sua crocância e firmeza, características sensoriais essenciais diretamente influenciadas pelo teor de água final do produto.

Os sólidos totais tiveram comportamento inversamente relacionado à umidade, aumentando ($p < 0,05$) à medida que aquele diminuía, atingindo valores superiores a 98% e todos os biscoitos, expressando a riqueza do produto em macro e microcomponentes. Nessa perspectiva, o conteúdo de cinzas elevou-se significativamente ($p < 0,05$) com o incremento de PCPVD, resultado atribuído à riqueza mineral do coproduto utilizado. Como a farinha de trigo possui baixo teor mineral (PARAMITASARI et al., 2026), a adição da PCPVD - que apresenta uma fração inorgânica de quase 11% - contribuiu diretamente para o aumento das cinzas nos biscoitos.

Comportamento semelhante foi relatado por Galindo-Corona et al. (2026) ao utilizarem farinha de bagaço de uva (0%, 15% e 20%) no processamento de biscoitos, observando um incremento na fração mineral de 0,30% (amostra controle) para 1,26% no maior nível de adição. Da mesma forma, Biswas et al. (2025) constataram a elevação progressiva das cinzas (0,71%, 1,02%, 1,69% e 2,27%) em biscoitos formulados com farinha de casca de pitaya vermelha (0%, 3%, 6% e 9%) conforme a concentração do resíduo aumentava. No presente estudo, a incorporação de PCPVD promoveu um enriquecimento mineral de 158,54% nos biscoitos, ao

comparar os teores de cinzas da amostra controle (F1) com a formulação contendo 9% do subproduto (F4).

Quanto aos lipídeos e proteínas, verificou-se uma redução progressiva ($p < 0,05$) nessas frações à medida que a PCPVD era incorporada à massa. Esse comportamento está possivelmente relacionado ao efeito de diluição provocado pelo resíduo, o qual reduziu a proporção desses macronutrientes por unidade de massa do biscoito (CHOUDHARY; SINGH; SOOD, 2023). Considerando que a maioria dos coprodutos de frutas, mesmo desidratados, não apresenta teores expressivos de lipídeos e proteínas, sua adição em formulações de biscoitos contribui diretamente para a redução dessas frações (NWOSU; NWEZE; ONWUCHEKWA, 2022).

Todas as amostras apresentaram concentrações proteicas inferiores a 6%, não sendo consideradas fontes desse nutriente perante a legislação brasileira (BRASIL, 2012). Por outro lado, embora os teores lipídicos sejam intrinsecamente elevados em biscoitos amanteigados, a redução observada abre espaço para a obtenção de produtos com menor densidade lipídica, atendendo a consumidores que buscam opções alimentares mais equilibradas. Na literatura especializada, encontram-se resultados semelhantes, a exemplo do estudo de Ramashia et al. (2024), que reportaram decréscimos nos valores de lipídeos em biscoitos formulados com farinha de casca de laranja e milho malteado conforme se elevava a proporção do subproduto. Do mesmo modo, Jose et al. (2022) evidenciaram uma tendência de menores teores de proteínas em biscoitos processados com maiores proporções de farinha do bagaço de abacaxi.

Embora os teores de carboidratos tenham aumentado ($p < 0,05$) com o incremento de PCPVD, o valor energético dos biscoitos reduziu progressivamente. Esse perfil está diretamente associado à redução no teor de lipídeos descrita anteriormente. Como os lipídeos possuem maior densidade energética (9 kcal/g) do que os carboidratos (4 kcal/g), a redução desse macronutriente nas formulações sobrepôs-se ao aumento dos carboidratos, resultando em menor valor calórico total (JA'AFAR; QUAN; SEOW, 2026). Contudo, a densidade energética permaneceu elevada em todas as formulações, reforçando a recomendação de consumo moderado do produto.

Nesse contexto, Sayem et al. (2024) destacaram que o teor calórico de biscoitos é fortemente influenciado pelo uso de ingredientes convencionais (farinha de trigo, açúcar refinado e margarina), de modo que alterações nas proporções desses componentes repercutem diretamente no valor energético global. No presente estudo, a substituição parcial pela PCPVD atuou de forma positiva ao mitigar a fração lipídica. Ademais, Akter, Mahin e Mredul (2025) relataram que a adição de cascas de pitaya em produtos panificáveis enriquece a matriz

alimentar com carboidratos estruturais, especificamente fibras alimentares, que são componentes amplamente reconhecido no resíduo e essencial para a manutenção da saúde digestiva.

Ao avaliarem o efeito de coprodutos agroindustriais, Kausar et al. (2024) observaram um comportamento similar em biscoitos enriquecidos com farinha de bagaço de uva (0, 5, 10 e 15%), relatando um aumento significativo ($p < 0,05$) nos carboidratos (de 67,90% para 68,90%) e uma redução expressiva no valor energético (de 461,69 kcal/100 g para 427,82 kcal/100 g) à medida que a proporção do subproduto aumentava. Da mesma forma, Biswas et al. (2025) constataram a elevação linear dos carboidratos com o incremento da farinha de casca de pitaya vermelha na massa de biscoitos, embora com uma amplitude de variação ligeiramente menor (63,91% a 65,13%).

A Figura 3 apresenta o aspecto visual dos biscoitos amanteigados enriquecidos com PCPVD. Verificou-se que as amostras exibiram uma coloração avermelhada discreta, o que pode estar associado às baixas proporções do resíduo adicionadas - insuficientes para intensificar a cor característica da matéria-prima - ou à degradação térmica das betalaínas. Esse processo de oxidação dos pigmentos foi potencializado pelas condições de forneamento aplicadas (180 min por 22 min). Nesse sentido, para minimizar o efeito deletério da temperatura, uma alternativa tecnológica seria modelar os biscoitos com menor espessura, o que reduziria o tempo de assamento e, por conseguinte, a extensão das reações oxidativas. Essa hipótese é sustentada por Krajewska e Dziki (2023b), que esclarecem que o tempo de exposição térmica influencia diretamente a retenção de compostos bioativos durante o forneamento de biscoitos enriquecidos resíduos de frutas.



Figura 3. Biscoitos amanteigados processados com a pasta de cascas de pitaya vermelha desidratada

F1: formulação controle, sem adição de pasta de cascas de pitaya vermelha desidratada (PCPVD); F2: formulação com adição de 3% de PCPVD; F3: formulação com adição de 6% de PCPVD; F4: formulação com adição de 9% de PCPVD.

Ademais, constatou-se que as amostras se tornaram progressivamente mais escuras à medida que a proporção de PCPVD aumentava. Esse perfil pode estar associado ao escurecimento não enzimático via reação de Maillard e caramelização de açúcares, processos que frequentemente ocorrem de forma simultânea e interdependente no forneamento (LEE et al., 2022). Ao desenvolverem biscoitos incorporados com farinha de casca de banana, Ejaz et al. (2026) observaram comportamento semelhante, caracterizado pelo escurecimento acentuado das formulações. Da mesma forma, Mallek-Ayadi e Bahloul (2026) constataram que o índice de escurecimento dos biscoitos produzidos era diretamente proporcional ao nível de adição da farinha de casca de melão.

Visto que a maior parte dos carboidratos que constituem o subproduto é composta por açúcares redutores, estes substratos podem ter reagido com os aminoácidos da massa durante a cocção, favorecendo a reação de Maillard proporcionalmente ao nível de inserção do material na matriz. Por outro lado, os monossacarídeos são os principais precursores das reações de caramelização; logo, a incorporação de um insumo rico nesses compostos pode ter intensificado o processo, somado ao efeito de diluição induzido na farinha de trigo (SENGAR; SHARMA, 2014). De acordo com Chan, Mokhtar e Hong (2025), a etapa inicial da reação de Maillard envolve a interação reversível de açúcares com aminoácidos, gerando os compostos de Amadori. A degradação subsequente desses intermediários resulta na produção de polímeros complexos de alto peso molecular e coloração escura, denominados melanoidinas. Em paralelo, a caramelização - que ocorre sob elevadas temperaturas de forneamento - promove a degradação térmica de açúcares sem a participação de compostos nitrogenados, gerando intermediários voláteis e não voláteis, incluindo compostos α -dicarbonílicos e furânicos.

4 - CONCLUSÃO

A pasta de casca de pitaya vermelha *in natura* apresenta alta perecibilidade, o que torna a secagem indispensável para reduzir a água livre e garantir uma aplicação segura na panificação. De modo geral, o resíduo possui baixa acidez e uma composição sólida constituída majoritariamente por carboidratos e cinzas. Como os açúcares representam apenas uma pequena fração desses sólidos, constata-se uma presença expressiva de fibras alimentares, o que qualifica o subproduto como um ingrediente promissor para o enriquecimento de alimentos.

A secagem convectiva nas temperaturas de 70, 80 e 90 °C reduz o teor de umidade e concentra os sólidos totais, com destaque para as cinzas e os carboidratos. Em contrapartida, ocorre redução no teor de proteínas, efeito intensificado a 90 °C. O consumo de açúcares redutores, também potencializado na temperatura mais alta, promove um maior escurecimento da farinha; contudo, a tonalidade avermelhada permanece parcialmente preservada em todas as condições térmicas, o que é uma característica visual vantajosa para aplicações futuras.

A incorporação da pasta de cascas de pitaya desidratada nos biscoitos amanteigados nas proporções de 0, 3, 6 e 9% reduz os teores de umidade, lipídeos, proteínas e o valor energético, enquanto eleva as concentrações de cinzas e carboidratos. Fisicamente, o aumento do teor do resíduo confere aos biscoitos uma coloração mais escura e tons relativamente mais avermelhados. Por apresentar o melhor equilíbrio entre os parâmetros nutricionais e visuais, a formulação com 3% de farinha destaca-se como a melhor opção, exibindo um aspecto atraente e teor mineral superior a 1%. Desse modo, o subproduto confirma seu potencial tecnológico e consolida-se como um insumo viável para a indústria de panificação.

REFERÊNCIAS

- AKTER, Z.; MAHIN, M. I.; MREDUL, A. R. Effects of incorporating dragon fruit peel powder into cookies on their nutritional composition, microbial quality, and sensory properties. **Food Agricultural Sciences and Technology**, v.11, n.3, p.257-271, 2025. <https://doi.org/10.14456/fast.20.25.1>
- ALBUQUERQUE JUNIOR, N. M.; SILVA, W. P.; LIMA, D. A.; SILVA, R. S.; MOURA, H. V.; SILVA, A. P. F.; CARVALHO, R. O.; ANDRADE, F. S.; AMADEU, L. T. S. Thermodynamic, bioactive, and antioxidant potential of green acerola residue as influenced by convective drying. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v.150, n.7, p.5213-5226, 2025. <https://doi.org/10.1007/s10973-025-14057-3>
- ALIBAS, I.; IPEK, S. S. Effects of major drying methods on the stability and retention of vitamin C, B group vitamins, fat-soluble vitamins, and carotenoids in kiwifruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.150, p.108880, 2026. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2026.108880>
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. USA, 14a ed, Arlington, 1997. 1041p.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. USA, 18a ed, 3ª Review, Washington, 2010. 1094p.
- ARAÚJO, K. T. A.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; SILVA, R. C.; SARAIVA, M. M. T.; GOMES, J. P.; SILVA, W. P. Germinated melon seed flours: Physical and physicochemical characteristics, bioactive compounds and technological properties. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v.19, n.1, p.467-479, 2025. <https://doi.org/10.1007/s11694-024-02982-0>
- BAKAR, J.; EE, S.C.; MUHAMMAD, K.; HASHIM, D. M.; ADZAHAN, N. Spray-drying optimization for red pitaya peel (*Hylocereus polyrhizus*). **Food and Bioprocess Technology**, v.6, p.1332-1342, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0842-5>
- BELKHIR, S.; ABDESSEMED, D.; REFAS, I. Impact of drying methods on physicochemical properties, bioactive content, and antioxidant activity of *Opuntia ficus-indica* fruits. **Journal of Food Quality and Hazards Control**, v.12, p.46-60, 2025. <https://doi.org/10.18502/jfqhc.12.1.18366>
- BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.31, n.4, p.507-503, 1998.
- BISWAS, M.; ALAM, M.; AKHTARUZZAMAN, MD.; AHMED, S.; UDDIN, M. S.; TALUKDER, A. R.; ALAM, A.; BISWAS, B. Valorization of red dragon fruit peel (*Hylocereus polyrhizus*) as a functional ingredient for fortified biscuits: Physicochemical, nutritional, and sensory implications. **Future Foods**, v.12, p.100768, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2025.100768>
- BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Introdução à química de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2003. 238p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 54, de 12 de novembro de 2012. Dispõe sobre o regulamento técnico sobre informação nutricional complementar. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa Nº 75, de 8 de outubro de 2020. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Instrução Normativa Nº 75, de 8 de outubro de 2020. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. **Diário Oficial da União**, 2020.

CHAIWONG, N.; PHIMOLSIRIPOL, Y.; GAVAHIAN, M. Emerging thermal and non-thermal technologies and their integrations to innovate Maillard reactions in sustainable food processing: Comparative analysis, challenges, and research needs. **Trends in Food Science & Technology**, v.172, p.105727, 2026. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2026.105727>

CHAN, A. C.; MOKHTAR, S. U.; HONG, P. K. A systematic review on the determination and analytical methods for furanic compounds in caramel models. **Journal of Food Science and Technology**, v.62, n.11, p.1999-2012, 2025. <https://doi.org/10.1007/s13197-025-06419-4>

CHEN, C.; XIE, F.; SHAH, K.; HUA, Q.; CHEN, J.; ZHANG, Z.; ZHAO, J.; HU, G.; QIN, Y. Genome-wide identification of WRKY Gene family in pitaya reveals the involvement of HmoWRKY42 in betalain biosynthesis. **International Journal of Molecular Sciences**, v.23, n.18, p.10568, 2022. <https://doi.org/10.3390/ijms231810568>

CHEN, R.; LUO, S.; WANG, C.; BAI, H.; LU, J.; TIAN, L.; GAO, M.; WU, J.; BAI, C.; SUN, H. Effects of ultra-high pressure enzyme extraction on characteristics and functional properties of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel pectic polysaccharides. **Food Hydrocolloids**, v.121, n.1, p.1-14, 2021.

CHOUDHARY, A.; SINGH, J.; SOOD, M. Waste utilization of mango peel as powder into biscuits using oat and wheat flour. **Plant Archives**, v.23, n.2, p.149-157, 2023. <https://doi.org/10.51470/PLANTARCHIVES.2023.v23.no2.025>

EJAZ, U.; ALI, T. M.; IMAM, S.; SHAHABUDDIN, S.; ALI, H.; SOHAIL, M. Transforming banana peel waste into functional cookies: A comprehensive evaluation. **Journal of Food Measurement and Characterization**, 2026. <https://doi.org/10.1007/s11694-026-04584-4>

ESQUIVEL, P.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Phenolic compound profiles and their corresponding antioxidant capacity of purple pitaya (*Hylocereus* sp.) genotypes. **Zeitschrift für Naturforschung C**, v.62, n.9-10, p.636-644, 2007. <https://doi.org/10.1515/znc-2007-9-1003>

FATHIMAH, R. N.; HERBERG, J.; MAJCHRZAK, T. Impact of extended wort cooking on the formation of volatile Maillard reaction products in jopejskie beer (Jopenbier). **Food Chemistry**, v.519, p.149372, 2026. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2026.149372>

FERREIRA, M. D. (Ed.). **Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 284p.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008. 196p.

GALINDO-CORONA, C. E.; MARTINEZ-MEDINA, G. A.; GÓMEZ-GARCÍA, R.; HERNÁNDEZ-ALMANZA, A. Y.; MEZA-VELÁZQUEZ, J. A.; QUINTANA-BURCIAGA, M. L.; MESTA-CORRAL, M.; TORRES-LEÓN, C.; RAMÍREZ-GUZMÁN, N. Grape pomace flour as a sustainable ingredient in cookie formulation for fiber, free, and bound phenols improvement. **Processes**, v.14, n.3, p.410, 2026. <https://doi.org/10.3390/pr14030410>

HACHEM, H.; TOUATI, J.; MIHOUBI, D. Thermal and energy analysis of intermittent strawberry drying. **Heat and Mass Transfer**, v.62, n.5, p.44, 2026. <https://doi.org/10.1007/s00231-026-03675-8>

HE, N.; XIA, M.; ZHANG, X.; HE, M.; LI, L.; LI, B. Quality attributes and functional properties of whole wheat bread baked from frozen dough with the addition of enzymes and hydrocolloids. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.104, n.4, p.1928-1941, 2024. <https://doi.org/10.1002/jsfa.13077>

HU, D.; LIU, X.; QIN, Y.; YAN, J.; LI, R.; YANG, Q. The impact of different drying methods on the physical properties, bioactive components, antioxidant capacity, volatile components and industrial application of coffee peel. **Food Chemistry: X**, v.19, p.100807, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100807>

IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 4ª ed., 1ª ed. Digital, São Paulo: IAL, 2008. 1020p.

JA'AFAR, H.; QUAN, T. H.; SEOW, E. K. Impact of mango kernel flour incorporation on the physicochemical and sensory properties of balady flatbread. **Exploration of Foods and Foodomics**, v.4, p.1010113, 2026. <https://doi.org/10.37349/eff.2026.1010113>

JAMILAH, B.; SHU, C. E.; KHARIDAH, M.; DZULKIFLY, M. A.; NORANIZAN, A. Physico-chemical characteristics of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel. **International Food Research Journal**, v.18, p.279-286, 2011.

JIANG, H.; ZHANG, W.; LI, X.; SHU, C.; JIANG, W.; CAO, J. Nutrition, phytochemical profile, bioactivities and applications in food industry of pitaya (*Hylocereus* spp.) peels: A comprehensive review. **Trends in Food Science & Technology**, v.116, p.199-217, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.040>

JIDEANI, V. A.; MPOTOKWANA, S. M. Modeling of water absorption of botswana bambara varieties using Peleg's equation. **Journal of Food Engineering**, v.92, n.2, p.182-188, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.10.040>

JOSE, M.; HIMASHREE, P.; SENGAR, A. S.; SUNIL, C. K. Valorization of food industry by-product (pineapple pomace): A study to evaluate its effect on physicochemical and textural properties of developed cookies. **Measurement: Food**, v.6, p.100031, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.meafoo.2022.100031>

KABA, B.; YIKILKAN, Y.; PASHAZADEH, H.; ALI REDHA, A.; KOCA, I. Production of cornelian cherry (*Cornus mas* L.) pulp powder by foam-mat drying: Analysis of physicochemical and antioxidant properties. **Biomass Conversion and Biorefinery**, v.15, n.3, p.3663-3678, 2025. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-05234-1>

KAMAL, M. M.; CHOWDHURY, M. G. F.; SHISHIR, M. R. I.; SABUZ, A. A.; ISLAM, M. M.; KHAN, M. H. H. Impacts of drying on physicochemical properties, bioactive compounds, antioxidant capacity, and microstructure of jackfruit seed flour. **Biomass Conversion and Biorefinery**, v.14, n.23, p.29337-29352, 2024. <https://doi.org/10.1007/s13399-023-04763-z>

KANG, S.; JIANG, S.; WANG, M.; WANG, Z.; DING, Y.; YANG, Z.; WEI, S.; TANG, H. Mecanismo molecular da formação da cor da casca da pitaya com base na análise combinada do transcriptoma e do metaboloma. **Plantas Tropicais**, v.5, p.e016, 2026. <https://doi.org/10.48130/tp-0026-0013>

KAUSAR, T.; SAEED, E.; HUSSAIN, A.; FIRDOUS, N.; BIBI, B.; KABIR, K.; UL AN, Q.; ALI, M. Q.; NAJAM, A.; AHMED, A.; YAQUB, S.; ELKHEDIR, A. E. Development and quality evaluation of cookies enriched with various levels of grapefruit pomace powder. **Discover Food**, v.4, n.1, p.65, 2024. <https://doi.org/10.1007/s44187-024-00148-x>

KIANI, A. K.; DHULI, K.; DONATO, K.; AQUILANTI, B.; VELLUTI, V.; MATERA, G.; IACONELLI, A.; CONNELLY, S. T.; BELLINATO, F.; GISONDI, P.; BERTELLI, M. Main nutritional deficiencies. **Journal of Preventive Medicine and Hygiene**, v.63 n.2S3, p.E93-E101, 2022. <https://doi.org/10.15167/2421-4248/JPMH2022.63.2S3.2752>

KRAJEWSKA, A.; DZIKI, D. Enrichment of cookies with fruits and their by-products: Chemical composition, antioxidant properties, and sensory changes. **Molecules**, v.28, n.10, p.4005, 2023b. <https://doi.org/10.3390/molecules28104005>

KRAJEWSKA, A.; DZIKI, D. Physical properties of shortbread biscuits enriched with dried and powdered fruit and their by-products: A review. **International Agrophysics**, v.37, n.3, p.245-264, 2023a. <https://doi.org/10.31545/intagr/165803>

LEAL-ALCAZAR, M. C.; BAUTISTA-PALESTINA, F.; ROCHA-PIZAÑA, M. D. R.; MOJICA, L.; HERNÁNDEZ-ÁLVAREZ, A. J.; LUNA-VITAL, D. A. Extraction, stabilization, and health application of betalains: An update. **Food Chemistry**, v.481, p.144011, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.144011>

LEE, J.; ROUX, S.; ROUX, E. L.; KELLER, S.; REGA, B.; BONAZZI, C. Unravelling caramelization and Maillard reactions in glucose and glucose + leucine model cakes: Formation and degradation kinetics of precursors, α -dicarbonyl intermediates and furanic compounds during baking. **Food Chemistry**, v.376, p.131917, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131917>

LEITE, D. D. F.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; LIMA, L. S. L.; PAIVA, Y. F.; SANTOS, D. C.; SILVA, S. N.; SANTOS SILVA, R.; C. COSTA, C. Citron melon peel flours: Drying kinetics and physicochemical evaluation. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v.51, n.1, p.12833, 2023. <https://doi.org/10.15835/nbha51112833>

LIAO, H.; ZHU, W.; ZHONG, K.; LIU, Y. Evaluation of colour stability of clear red pitaya juice treated by thermosonication. **LWT - Food Science and Technology**, v.121, 108997, p.2020. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108997>

LIMA, T. L. B.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; SANTOS, F. S.; FERREIRA, J. P. L.; PAIVA, Y. F.; SANTOS, N. C.; MADRUGA, M. S.; SANTOS, D. C.; GOMES, J. P.; CARVALHO, A. J. B. A.; LIMA, M. D. S. Thermal processing as a key to valorizing yellow and sweet passion fruit peels: Impact of temperature on nutritional attributes, bioactive retention, and antioxidant capacity. **Waste and Biomass Valorization**, v.17, n.4, p.1973-1987, 2026. <https://doi.org/10.1007/s12649-025-03226-y>

LIN, X.; LI, B.; WEN, J.; WU, J.; TANG, D.; YU, Y.; XU, Y.; XU, B. Storage stability and in vitro bioaccessibility of liposomal betacyanins from red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*). **Molecules**, v.27, n.4, p.1193, 2022. <https://doi.org/10.3390/molecules27041193>

LIU, Y.; MU, X.; WANG, H.; WANG, M.; ZHANG, L.; CHEN, G.; WANG, S. Extraction of betalaine from red pitaya peel using deep eutectic solvent and its research in films. **Food and Bioproducts Processing**, v.149, p.16-24, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2024.11.005>

LIU, Y.; TU, X.; LIN, L.; DU, L.; FENG, X. Analysis of lipids in pitaya seed oil by ultra-performance liquid chromatography–time-of-flight tandem mass spectrometry. **Foods**, v.11, n.19, p.2988, 2022. <https://doi.org/10.3390/foods11192988>

LODI, K. Z.; ROTINI, A. C. F. L.; RICHETTI, B.; CASSINI, C.; BRIDI, R.; BRANCO, C. S. Valorization of pitaya (*Selenicereus monacanthus*) peels: Proof of concept for food formulation. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.81, n.2, p.58, 2026. <https://doi.org/10.1007/s11130-026-01507-y>

MACHADO, F. G. A. **Densidades de plantio e ciclos de cultivo na produção e qualidade de frutos e fenologia reprodutiva da pitaia vermelha**. 2019. 97 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

MAKHZANGY, A. E.; HUSSEIN, A. M.; NEHAD, A.; A, E.-S. tilization of tomato pomace and orange peel powders with wheat flour for the production of biscuits. **Mathews Journal of Nutrition & Dietetics**, v.7, n.3, p.1-12, 2024. <https://doi.org/10.30654/MJND.10039>

MALLEK-AYADI, S.; BAHLOUL, N. Improvement of rheological, textural and sensorial properties of dough and enriched cakes by addition of *cucumis melo* L. peels powder. **Food Science & Nutrition**, v.14, n.6, p.e71313, 2026. <https://doi.org/10.1002/fsn3.71313>

- MANÇANO, L. F.; MARTINS, E. M. F.; BAPTESTINI, F. M.; OLIVEIRA, G. H. H. D. Mathematical modeling and physicochemical characterization of foam-mat drying of acerola (*Malpighia emarginata*) pulp. **Foods**, v.15, n.3, p.492, 2026. <https://doi.org/10.3390/foods15030492>
- MARTÍNEZ-GIRALDO, J.; ROA-ACOSTA, D. F.; AGUDELO-LAVERDE, L. M. Physicochemical, thermal, and structural properties of cocoa pod husk: An analysis of the convective drying effect as a valorization strategy. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v.10, p.1764336, 2026. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2026.1764336>
- MARTÍNEZ-RAMOS, A. R.; ABADÍA-GARCÍA, L.; MENDOZA, S.; ALONZO-MACÍAS, M.; CARDADOR-MARTÍNEZ, A.; AMAYA-LLANO, S. L. Instant controlled pressure drop-assisted extraction of betalains from dragon fruit (*Hylocereus undatus*) peel. **Journal of Food Process Engineering**, v.49, n.3, p.e70395, 2026. <https://doi.org/10.1111/jfpe.70395>
- MIERZWA, D.; ZEMBRZUSKA, J.; KOLIMECZKOW, K.; MISIAK, P.; MUSIELAK, G. Convective drying of apple peel as a preservation procedure in fruit waste valorization. **Applied Sciences**, v.16, n.11, p.5622 2026. <https://doi.org/10.3390/app16115622>
- MIESZCZAKOWSKA-FRĄC, M.; CELEJEWSKA, K.; PŁOCHARSKI, W. Impact of innovative technologies on the content of vitamin c and its bioavailability from processed fruit and vegetable products. **Antioxidants**, v.10, n.1, p.54, 2021. <https://doi.org/10.3390/antiox10010054>
- NGA, T. T. H.; THUY, N. T.; CONG, L. T. N.; VAN, N. N. K Bio-activities and application of avocado seed powder in soft biscuits. **VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology**, v.42, n.2, p.18-28, 2026. <https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.5807>
- NWOSU, A. N.; NWEZE, B. C.; ONWUCHEKWA, A. I. Chemical composition of biscuits supplemented with orange peel and pulp flours. **Agro-Science**, v.21, n.2, p.24-32, 2022. <https://doi.org/10.4314/as.v21i2.3>
- OLIVEIRA, G.; LIMA COSTA, I. H.; LIMA, M. S.; DANTAS, A. M.; DIAS, A. R. G.; BORGES, G. S. C. Pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel powder: A source of pigments, phenolic and antioxidants activity for use in food hydrocolloids. **Food Bioscience**, v.68, p.106512, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.106512>
- PAIVA, Y. F.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; AMADEU, L. T. S.; REIS, C. G.; SANTOS, F. S.; LIMA, A. G. B.; SILVA, W. P.; GOMES, J. P.; LEITE, D. D. F.; LIMA, T. L. B. Tropical red fruit blend foam mat drying: Effect of combination of additives and drying temperatures. **Foods**, v.12, n.13, p.2508, 2023. <https://doi.org/10.3390/foods12132508>
- PARAMITASARI, D.; PRAMANA, Y. S.; PUDJANTO, K.; MUSA, M.; PUTRA, O. N.; SUPRIYANTI, A.; YASSAROH, Y.; RUSTIATY, B. Transforming banana peel waste into fiber-enriched biscuits with reduced glycemic index: A sustainable approach. **IOP**

Conference Series: Earth and Environmental Science, v.1584, n.1, p.012094, 2026.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1584/1/012094>

POTTER, N. N.; HOTCHKISS, J. H. **Food Science**. 5th ed. New York: Springer, 1995.
608p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4985-7>

QI, T.; SONG, Y.; HE, X.; YANG, S.; REN, J.; PAN, S.; FAN, G.; LI, Z.; HU, Z. Non-enzymatic browning kinetics and browning factor path analysis of navel orange peel fillings under different sterilization and storage conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.106, n.10, p.5851-5867, 2026. <https://doi.org/10.1002/jsfa.70649>

QIN, Y.; LIU, Y.; ZHANG, X.; LIU, J. Development of active and intelligent packaging by incorporating betalains from red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel into starch/polyvinyl alcohol films. **Food Hydrocolloids**, v.100, p.105410, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105410>

RAMASHIA, S. E.; NTSANWISI, M. D.; ONIPE, O. O.; MASHAU, M. E.; OLAMITI, G. Nutritional, functional, and microbial quality of wheat biscuits enriched with malted pearl millet and orange peel flours. **Food Science & Nutrition**, v.12, n.12, p.10477-10493, 2024. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4562>

REIS, C. G.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; PAIVA, Y. F.; AMADEU, L. T. S.; SANTOS, F. S.; FERREIRA, J. P. L.; LIMA, T. L. B.; ANDRADE, F. S.; GOMES, J. P.; SILVA, W. P.; SANTOS, D. C. Pineapple peel flours: Drying kinetics, thermodynamic properties, and physicochemical characterization. **Processes**, v.11, n.11, p.3161, 2023. <https://doi.org/10.3390/pr11113161>

REIS, R. C.; VIANA, E. S.; SILVA, S. C. S.; MAMEDE, M. E. O.; ARAÚJO, I. M. S. Stability and sensory quality of dried papaya. **Food and Nutrition Sciences**, v. 9, n. 5, p. 489-501, 2018. <https://doi.org/10.4236/fns.2018.95038>

RORIZ, C. L.; HELENO, S. A.; ALVES, M. J.; OLIVEIRA, M. B. P. P.; PINELA, J.; DIAS, M. I.; CALHELHA, R. C.; MORALES, P.; FERREIRA, I. C. F. R.; BARROS, L. Red pitaya (*Hylocereus costaricensis*) peel as a source of valuable molecules: Extraction optimization to recover natural colouring agents. **Food Chemistry**, 372, 131344, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131344>

RUDY, S.; DZIKI, D.; BIERNACKA, B.; POLAK, R.; KRZYKOWSKI, A.; DOMIN, M.; RUDZKI, G.; KACHEL-GÓRECKA, M. Drying kinetics and physicochemical characteristics of dehydrated jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). **Processes**, v.13, n.8, p.2553, 2025. <https://doi.org/10.3390/pr13082553>

RUMICHA, T. D.; HIRKO, F.; FORSIDO, S. F.; TOLA, Y. B.; YIMER, A.; KUYU, C. G.; TEKA, T. A.; HAILU, A. Drying temperature and storage duration for the retention of bioactive compounds of selected wild edible plants from ethiopia. **Food Science & Nutrition**, v.13, n.8, p.e70782, 2025. <https://doi.org/10.1002/fsn3.70782>

SANTOS, A. L. Efeito da radiação gama nas características físico-químicas e compostos bioativos da farinha da casca de pitaya vermelha (*Hylocereus*

costaricensis). 2020. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2020.

SANTOS, N. C.; ALMEIDA, R. L. J.; PEREIRA, T. S.; QUEIROGA, A. P. R.; SILVA, V. M. A.; AMARAL, D. S.; ALMEIDA, R. D.; RIBEIRO, V. H. A.; BARROS, E. R.; SILVA, L. R. I. Mathematical modeling applied to the drying kinetics of pitomba bark (*Talisia esculenta*). **Research, Society and Development**, v.9, n.2, p.e46921986, 2020. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i2.1986>

SAYEM, A. S. M.; TALUKDER, S.; AKTER, S. S.; ALAM, M.; RANA, MD. R.; ALAM, M. M. Utilization of fruits and vegetables wastes for the dietary fiber enrichment of biscuits and its quality attributes. **Journal of Agriculture and Food Research**, v.15, p.101077, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101077>

SELLAMI, D.; HACHEM, H.; KOOLI, S.; SELMANI, L.; MIHOUBI, D. Drying kinetics and quality assessment of lemon peel using convective and infrared methods. **Journal of Food Process Engineering**, v.49, n.3, p.e70429, 2026. <https://doi.org/10.1111/jfpe.70429>

SILVA, A. B. S.; SILVA, E. G.; RIGO, L.; OLIVEIRA, M. P.; LOSS, R. A.; GUEDES, S. F.; PAULA, J. M.; GERALDI, C. A. Q. Techniques of drying fruits: A review. **Scientific Electronic Archives**, v.14, n.10, p.85-105, 2021. <https://doi.org/10.36560/141020211424>

SILVA, J. S.; ORTIZ, D. W.; GARCIA, L. G. C.; ASQUIERI, E. R.; BECKER, F. S.; DAMIANI, C. Effect of drying on nutritional composition, antioxidant capacity and bioactive compounds of fruits co-products. **Food Science and Technology**, v.40, n.4, p.810-816, 2020. <https://doi.org/10.1590/fst.21419>

SILVA, J. V. M.; MACHADO, A. M. R.; BASEGGIO, A. M.; CHISTÉ, R. C.; MARIUTTI, L. R. B. Sustainable valorization of peach palm (*Bactris gasipaes* kunth) peel flour to improve nutritional properties and carotenoid bioaccessibility in gluten-free cookies. **Sustainable Food Technology**, v.4, n.3, p.2657-2667, 2026. <https://doi.org/10.1039/D5FB00751H>

SONKAR, N.; MOBIN, S. A.; SONKAR, C. Studies on effects of drying methods on quality characteristics of tomato pulp leather. **BIO Web of Conferences**, v.178, p.03002, 2025. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202517803002>

SU, J.; XIONG, X.; XU, X.; WANG, Y.; CAO, X. The impact of nonthermal pretreatment methods on the drying of fruits and vegetables. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.25, n.3, p.e70488, 2026. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.70488>

TEPE, F. B.; TEPE, T. K. Comparative study of refractance window and hot air drying of apple pomace: Kinetics, modeling, and utilization in pancakes. **Journal of Food Process Engineering**, v.49, n.3, p.e70431, 2026. <https://doi.org/10.1111/jfpe.70431>

VAILLANT, F.; PÉREZ, A.; DAVILA, I.; DORNIER, M.; REYNES, M. Colorant and antioxidant properties of red-purple pitahaya (*Hylocereus* sp.). **Fruits**, v. 60, n. 1, p. 3-12, 2005. <https://doi.org/10.1051/fruits:2005007>

WANDERLEY, R. D. O. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; SANTOS, F. S.; PAIVA, Y. F.; FERREIRA, J. P. L.; LIMA, A. G. B.; GOMES, J. P.; COSTA, C. C.; SILVA, W. P.; SANTOS, D. C.; MARACAJÁ, P. B. The temperature influence on drying kinetics and physico-chemical properties of pomegranate peels and seeds. **Foods**, v.12, n.2, p.286, 2023. <https://doi.org/10.3390/foods12020286>

WEI, L.; LI, P.; LIU, Y.; XIE, Y. Effects of drying methods, temperature, and initial moisture content on drying characteristics, nutritional quality, texture, and oxidative stability of peanuts. **Foods**, v.15, n.7, p.1248, 2026. <https://doi.org/10.3390/foods15071248>

WU, Z.; DENG, H.; LIANG, G.; YE, X.; QIN, Y.; HUANG, L. Construction of a high-density genetic map for pitaya using the whole genome resequencing approach. **Horticulturae**, v.7, n.12, p.534, 2021. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7120534>

XIANG, J.; CHEN, S.; TAN, S. A comprehensive review of the Maillard reaction in solid pharmaceutical dosage forms: A focus on lactose. **Expert Opinion on Drug Delivery**, v.23, n.4, p.697-716, 2026. <https://doi.org/10.1080/17425247.2026.2613921>

XIE, F.; CHEN, C.; CHEN, J.; YUAN, Y.; HUA, Q.; ZHANG, Z.; ZHAO, J.; HU, G.; CHEN, J.; QIN, Y. Metabolic profiling of sugars and organic acids, and expression analyses of metabolism-associated genes in two yellow-peel pitaya species. **Plants**, v.11, n.5, p.694, 2022. <https://doi.org/10.3390/plants11050694>

YIKILKAN, Y.; ALI REDHA, A.; KABA, B.; PASAZADEH, H.; KOCA, I. Production of chokeberry pulp powder by convective and freeze-drying foam-mat techniques: Effects on physicochemical properties, bioactive content, and antioxidant activity. **Sustainable Food Technology**, v.3, n.5, p.1329-1340, 2025. <https://doi.org/10.1039/D5FB00150A>