



**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

**EFEITO DA TEMPERATURA DE SECAGEM NAS
CARACTERÍSTICAS DO BAGAÇO DE ABACAXI E SUA APLICAÇÃO
EM BISCOITOS AMANTEIGADOS**

VANESSA GABRIELA ALVES MOURA

PAU DOS FERROS - RN

2026

VANESSA GABRIELA ALVES MOURA

**EFEITO DA TEMPERATURA DE SECAGEM NAS CARACTERÍSTICAS DO
BAGAÇO DE ABACAXI E SUA 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

Coorientadora: Profa. Dra. Adalva Lopes Machado

PAU DOS FERROS - RN

2026

Moura, Vanessa Gabriela Alves.

M929e Efeito da temperatura de secagem nas características do bagaço de abacaxi e sua aplicação em biscoitos amanteigados. / Vanessa Gabriela Alves Moura. – 2026.
41 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): Profa. Dr. Dyego da Costa Santos.

Coorientador(a): Prof. Dra. Adalva Lopes Machado.

1. Aproveitamento industrial. 2. Desidratação convectiva. 3. Produto de panificação. I Título.

SIBi/IFRN

CDU: 664.8:664.047

EFEITO DA TEMPERATURA DE SECAGEM NAS CARACTERÍSTICAS DO BAGAÇO DE ABACAXI E SUA 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:

Dr. Dyego da Costa Santos – Orientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Dra. Adalva Lopes Machado – Coorientadora
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Dr. Gleison Silva Oliveira – Examinador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Esp. Jânio Eduardo de Araújo Alves – Examinador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

A Deus.

A minha amada mãe, Marcia Fontes.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por essa conquista. Como pai zeloso que é, sempre me carregou em seus braços em todos os momentos. A Ele dedico tudo o que tenho, tudo o que sou, e que meu coração jamais esqueça do Seu cuidado.

À minha mãe, Marcia Fontes, minha eterna gratidão por estar ao meu lado em todos os momentos, me apoiando e incentivando. Agradeço por ser meu alicerce e meu bem mais precioso.

Aos meus avós, Maria Fontes e Valdecio Fontes, por terem moldado quem sou com seu exemplo, carinho e valores, e por serem minha inspiração.

Ao meu namorado, Eduardo Bessa, agradeço pela parceria, paciência e compreensão em cada momento. Você foi quem mais acreditou em mim, mesmo quando eu mesma duvidei do meu potencial.

Às minhas amigas Sara, Cristina e Isadora, agradeço por tornarem essa caminhada mais leve.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Dyego da Costa Santos, minha eterna gratidão pela orientação impecável, pelo exemplo de dedicação e profissionalismo, e por me conduzir com paciência e clareza ao longo deste percurso, tê-lo como orientador foi um verdadeiro presente.

À minha coorientadora, Profa. Dra. Adalva Lopes Machado, agradeço pela valiosa contribuição no desenvolvimento deste trabalho.

À banca examinadora, Dr. Gleison Silva Oliveira e Esp. Jânio Eduardo de Araújo Alves, agradeço pelas valiosas contribuições e pelas considerações que enriqueceram este trabalho.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia o Rio Grande do Norte (IFRN), *Campus* Pau dos Ferros, agradeço pela formação de qualidade, pela estrutura oferecida e por todas as oportunidades de crescimento acadêmico e pessoas proporcionando ao longo desta jornada.

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 do bagaço de abacaxi	3
2.4 - Caracterização físico-química do bagaço de abacaxi.....	3
2.5 - Produção e caracterização dos bagaços de abacaxi desidratados.....	4
2.6 - Processamento dos biscoitos amanteigados adicionados do bagaço de abacaxi desidratado.....	4
2.7 - Caracterização nutricional dos biscoitos amanteigados	5
2.8 - Análise estatística.....	5
3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	6
3.1 - Caracterização físico-química do bagaço de abacaxi.....	6
3.2 - Caracterização do bagaço de abacaxi desidratado	9
3.3 - Caracterização nutricional dos biscoitos amanteigados adicionados do bagaço de abacaxi desidratado.....	14
4 - CONCLUSÃO.....	20
REFERÊNCIAS	21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Bagaço de abacaxi <i>in natura</i>	9
Figura 2. Bagaços de abacaxi desidratados com ar quente em diferentes temperaturas.....	14
Figura 3. Biscoitos amanteigados processados com o bagaço de abacaxi desidratado	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Formulações utilizadas no processamento dos biscoitos amanteigados adicionados do bagaço de abacaxi desidratado	4
Tabela 2. Características físico-químicas do bagaço de abacaxi <i>in natura</i>	6
Tabela 3. Características físico-químicas dos bagaços de abacaxi secados com ar quente em diferentes temperaturas	10
Tabela 4. Características nutricional de biscoitos amanteigados processados com diferentes proporções do bagaço de abacaxi desidratado	14

RESUMO

O processamento do abacaxi para a produção de polpa gera uma grande quantidade de resíduo, o bagaço, que após ser desidratado pode servir como insumo em produtos de panificação. Assim, objetivou-se estudar o efeito da temperatura de secagem nas características do bagaço de abacaxi e utilizá-lo na elaboração de biscoitos amanteigados. O resíduo foi secado por convecção às temperaturas de 70, 80 e 90 °C e caracterizado físico-quimicamente. A melhor amostra desidratada foi selecionada para a incorporação nos biscoitos nas concentrações de 0, 3, 6 e 9%, os quais, após o forneamento, passaram por análises nutricionais. Os resultados indicaram que a temperatura de secagem influenciou significativamente ($p < 0,05$) a maioria dos parâmetros do bagaço, reduzindo a umidade e concentrando os macro e microelementos. O teor de ácido ascórbico aumentou até 80 °C, permanecendo constante ($p > 0,05$) na temperatura seguinte. A acidez total titulável (ATT), os sólidos solúveis totais (SST), os açúcares totais e os não redutores aumentaram progressivamente, enquanto o pH, a relação SST/ATT e os açúcares redutores mantiveram-se estáveis ($p > 0,05$). A amostra seca a 80 °C foi considerada a melhor por reter mais ácido ascórbico, sugerindo a preservação de outros compostos termolábeis. Nos biscoitos, a adição do bagaço reduziu os teores de umidade, lipídeos, proteínas, o valor energético e o diâmetro das amostras, mas aumentou os teores de cinzas e carboidratos. A coloração também foi afetada, exibindo tons mais amarelados e escuros com o aumento do teor de resíduo. Concluiu-se que a utilização do bagaço de abacaxi em biscoitos amanteigados é viável, configurando uma alternativa sustentável para o aproveitamento desse subproduto.

Palavras-chave: *Ananas comosus*, aproveitamento agroindustrial, desidratação convectiva, produto de panificação.

ABSTRACT

Pineapple processing for pulp production generates a large amount of residue — specifically, the pomace — which, once dehydrated, can serve as an ingredient in bakery products. Thus, this study aimed to investigate the effect of drying temperature on the characteristics of pineapple pomace and to utilize it in the production of butter cookies. The residue was dried via convection at temperatures of 70, 80, and 90°C and subjected to physicochemical characterization. The optimal dehydrated sample was selected for incorporation into cookies at concentrations of 0%, 3%, 6%, and 9%; following baking, the cookies underwent nutritional analysis. The results indicated that drying temperature significantly influenced ($p < 0.05$) most pomace parameters, reducing moisture content and concentrating macro- and micro-elements. Ascorbic acid content increased up to 80°C, remaining constant ($p > 0.05$) at the subsequent temperature. Total titratable acidity (TTA), total soluble solids (TSS), total sugars, and non-reducing sugars increased progressively, whereas pH, the TSS/TTA ratio, and reducing sugars remained stable ($p > 0.05$). The sample dried at 80°C was deemed the best due to higher ascorbic acid retention, suggesting the preservation of other heat-sensitive compounds. In the cookies, the addition of pomace reduced moisture, lipid, and protein content, as well as energy value and sample diameter, while increasing ash and carbohydrate content. Color was also affected, exhibiting more yellowish and darker tones as the residue content increased. It was concluded that the use of pineapple bagasse in butter cookies is feasible, representing a sustainable alternative for the utilization of this by-product.

Key-words: *Ananas comosus*, agro-industrial use, convective dehydration, bakery product.

1 - INTRODUÇÃO

O abacaxi [*Ananas comosus* (L.) Merr.] é uma planta monocotiledônea perene pertencente à família Bromeliaceae (POLANÍA et al., 2023), amplamente cultivado em regiões tropicais e subtropicais do mundo (TRAN et al., 2023). Zhang et al. (2022) destacaram que o abacaxi é a terceira fruta tropical mais importante em produção, ficando atrás apenas da banana e de frutas cítricas (HUANG et al., 2021). Estima-se que em 2018 a produção global de abacaxi atingiu cerca de 28 milhões de toneladas (ZAMPAR et al., 2022; LIU et al., 2023), com expectativa de crescimento da quantidade produzida para 37 milhões de toneladas em 2030 (TRAN et al., 2023). Os principais países produtores são Costa Rica, Filipinas e Brasil, sendo que este último deteve uma produção de 2,35 mil toneladas em 2019 (POLANÍA et al., 2023). Zampar et al. (2022) relataram que a alta produtividade no Brasil se deve às condições climáticas favoráveis.

Essa fruta é saborosa e suculenta, sendo bastante consumida em virtude de suas características sensoriais, além de possuir em sua composição carboidratos (sacarose, glicose e frutose), minerais, vitaminas (A, C, B3, B6 e B12) e fibras alimentares (HUANG et al., 2021; VIEIRA et al., 2022; TRAN et al., 2023). Além das características sensoriais e nutricionais, Polanía et al. (2023) afirmaram que o abacaxi possui propriedades terapêuticas e antioxidantes devido à presença de ácido ascórbico, flavonoides, compostos fenólicos e ácidos orgânicos como o ácido málico, importantes para a saúde (LIU et al., 2023).

O abacaxi é geralmente consumido *in natura* ou processado em uma infinidade de produtos, como geleias, doces, produtos minimamente processados, polpa congelada e sucos concentrados (ZAMPAR et al., 2022). Entretanto, após processamento são geradas grandes quantidades de resíduos, principalmente formado por coroa, casca, núcleo central e bagaço (RIVERA et al., 2023; TRAN et al., 2023), cada um com uma composição característica que varia de acordo com o tipo de processamento (SANTOS et al., 2023) e da parte do abacaxi que origina o resíduo (TRAN et al., 2023).

A eliminação dos resíduos é um dos principais problemas enfrentados pela maioria das indústrias de processamento de alimentos (SALAFIA et al., 2022). Por isso, nos últimos anos, muitos esforços têm sido dedicados à utilização dos resíduos do abacaxi, especialmente porque os mesmos possuem quantidades substanciais de nutrientes, como carboidratos e proteínas, o que permite seu uso em diversos processos e bioprocessos (VIEIRA et al., 2022; SANTOS et al., 2023). Dentre os resíduos produzidos pela industrialização do abacaxi, o bagaço obtido a partir do processamento de polpas tem chamado a atenção do setor alimentício, em virtude do seu potencial e versatilidade de utilização e de aplicação. Segundo Tran et al. (2023), esse

bagaço pode ser destinado para a extração de fibras dietéticas, de ácidos orgânicos, de compostos fenólicos e de antioxidantes, produção de compostos fenólicos e recuperação de açúcares residuais (ZAMPAR et al., 2022; SALAFIA et al., 2022; TRAN et al., 2023), podendo inclusive constituir-se em matéria-prima no desenvolvimento de novos produtos (SANTOS et al., 2023), a exemplo de produtos de panificação, como biscoitos, bolos e pães.

O bagaço do abacaxi pode ser utilizado como ingrediente para a produção de pães e outros produtos de panificação, em virtude da alta quantidade de fibra alimentar, compostos bioativos e baixo teor de gordura, esse resíduo também pode ser utilizado como ingrediente em alimentos extrusados. Apesar do potencial alimentar e agroindustrial do bagaço do abacaxi, esse resíduo apresenta elevado conteúdo de umidade que limita a sua utilização (VIEIRA et al., 2022). Nessa perspectiva, com o intuito de aumentar a vida útil desse resíduo, técnicas que aumentem a sua estabilidade durante a estocagem devem ser aplicadas, a exemplo da secagem convectiva. Este é um fenômeno complexo que consiste na transferência simultânea de calor e de massa, transporte de líquido e de vapor, transformações estruturais e químicas no interior do material, entre outros (CHANDRAMOHAN, 2020; VIDINAMO et al., 2022).

Existem grandes perspectivas de uso da secagem com ar quente – também chamada de convectiva – em resíduos de frutas, especialmente por pequenas e médias agroindústrias, em virtude do seu baixo custo e acessibilidade, sendo eficiente para remover o excedente de umidade desses produtos (SANTOS et al., 2019). Por reduzir o volume, a secagem convectiva promove economia de embalagens e áreas para a estocagem dos resíduos desidratados, além de possibilitar melhor dinâmica logística para a distribuição. Entretanto, as condições térmicas do processo podem alterar as características físico-químicas e nutricionais dos produtos, tornando imprescindível o estudo do impacto da temperatura sobre a sua qualidade global. Ante o exposto, objetivou-se estudar o efeito da temperatura de secagem nas características do bagaço de abacaxi e sua aplicação em 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 abacaxi cv. Pérola, 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 do bagaço de abacaxi

As frutas e os insumos foram transportados em caixas plásticas ao laboratório, em que os abacaxis foram submetidos à remoção manual da coroa, lavados em água corrente e imersos em solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm de cloro ativo por 15 min. Após o tempo de sanitização, os mesmos passaram por enxágue em água corrente, procedendo-se o descasque manual com uso de facas de aço inoxidável. O mesocarpo carnudo e o eixo central foram cortados em tamanhos irregulares e desintegrados em liquidificador industrial (Modelo LS-04MB-N, Busque, SC, Brasil) por 5 min, procedendo-se o refino em peneiras com malha de 1,0 mm. O material retido na peneira, denominado de bagaço, foi acondicionado em embalagens de polietileno de baixa densidade (PEBD) e mantido em freezer a -18 °C até início dos experimentos.

2.4 - Caracterização físico-química do bagaço de abacaxi

O bagaço produzido foi submetido 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) e 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 - Produção e caracterização dos bagaços de abacaxi desidratados

O bagaço do abacaxi foi previamente descongelado sob refrigeração (4 °C) e, na sequência, deixado em bancada de laboratório para equilíbrio térmico com o ambiente. Posteriormente, cerca de 100 g do resíduo foi espalhado em bandeja de aço inoxidável até espessura de ~0,24 cm e secada 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 305, 245 e 115 min.

Os bagaços de abacaxi desidratados (BAD) foram desintegrados 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 do bagaço de abacaxi desidratado

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

Tabela 1. Formulações utilizadas no processamento dos biscoitos amanteigados adicionados do bagaço de abacaxi desidratado

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
BAD (%)*	0,00	3,00	6,00	9,00

BAD: bagaço de abacaxi desidratado; *a ser adicionada com base no somatório das massas de farinha de trigo, açúcar e margarina.

Para a obtenção dos biscoitos, inicialmente, os ingredientes foram separados e pesados. A posterior foi adicionada a margarina e o açúcar em uma batedeira para homogeneização por 15 minutos. Em seguida, a farinha de trigo foi acrescentada aos poucos e quando se obteve uma massa homogênea, foi adicionada a farinha do bagaço de abacaxi, de acordo com as porcentagens estabelecidas (Tabela 1), misturando-se até a incorporação total. Posteriormente, a massa foi fracionada em tamanhos padronizados com aproximadamente 6 g que foram moldados em formato de esferas e achatadas com um garfo para melhor aparência. Por último, os biscoitos foram forneados a 180 °C por 18 min em forno elétrico e, na sequência, foram resfriados até temperatura ambiente em bancada do laboratório. O acondicionamento foi feito em embalagens laminadas dispostas de 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 dos bagaços de abacaxi desidratados 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 do bagaço de abacaxi

Têm-se na Tabela 2 os resultados da caracterização físico-química do bagaço de abacaxi *in natura*. O teor de umidade apresentou-se elevado, com mais de 83%, indicando que a amostra possui alto nível de água livre, característica comum em resíduos agroindustriais provenientes de frutas frescas, o que pode favorecer o crescimento de micro-organismos e a ocorrência de reações enzimáticas, reduzindo a estabilidade do material (MAZZIERO et al., 2023). Assim, devem ser aplicadas tecnologias de preservação, a exemplo do congelamento ou da secagem como alternativa de utilização do produto a longo prazo. Resultados convergentes foram reportados por Souza et al. (2021) e Wee et al. (2022), que encontraram teor de umidade de 79,66% e 87,04% em resíduos de abacaxi *in natura*, respectivamente.

Tabela 2. Características físico-químicas do bagaço de abacaxi *in natura*

Parâmetro	Valor médio	Parâmetro	Valor médio
Umidade (%)	83,64 ± 0,32	ATT em ácido cítrico (%)	0,73 ± 0,02
Sólidos totais (%)	16,36 ± 0,32	pH	4,14 ± 0,02
Cinzas (%)	0,12 ± 0,00	SST (°Brix)	14,50 ± 0,16
Lipídeos (%)	0,10 ± 0,01	Relação SST/ATT	19,78 ± 0,76
Proteínas (%)	0,71 ± 0,01	Açúcares totais (%)	10,63 ± 0,07
Carboidratos (%)	15,43 ± 0,33	Açúcares redutores (%)	6,61 ± 0,03
Valor energético (kcal/100 g)	65,49 ± 1,28	Açúcares não redutores (%)	3,82 ± 0,08
Ácido ascórbico (mg/100 g)	44,54 ± 0,78	-	-

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

Apesar da elevada umidade do bagaço, observou-se quantidade expressiva de sólidos totais, os quais eram constituídos em sua maior parte por carboidratos (94,32%) que, por sua vez, considerando o método analítico empregado, eram formados por glicídios e fibras. Meena et al. (2022) afirmaram que o bagaço de abacaxi apresenta elevado teor de fibras alimentares, componentes que integram a fração estrutural do resíduo e influenciam diretamente o incremento dos sólidos totais. No processamento da polpa dessa fruta, os tecidos de xilema, floema, parênquima e esclerênquima são rompidos, e o bagaço terá em sua composição fibras lignocelulósicas, tais como holocelulose (α -celulose e hemicelulose), α -celulose, hemicelulose e lignina Klason (BITENCOURT et al. 2022; WEE et al., 2022).

Ainda que baixo, o conteúdo de cinzas do bagaço pode enriquecer com os minerais cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K) e fósforo (P) (SENGAR et al., 2022) novos produtos alimentícios aos quais é adicionado. Como os valores diários de referências (VDR) para esses microelementos são relativamente pequenos (BRASIL, 2020), mesmo em baixas proporções a fração mineral pode contribuir com a melhoria da dieta. A literatura especializada frequentemente reporta baixos níveis cinzas para o bagaço de abacaxi (NAGARAJIAH; PRAKASH, 2016; MONTALVO-GONZÁLEZ et al., 2018).

Em contrapartida, as proteínas e os lipídios apresentaram conteúdos inferiores a 1,0%, o que permite afirmar que o bagaço não é fonte potencial desses elementos. De acordo com Sousa et al. (2011), o resíduo de abacaxi possui baixos conteúdos de proteínas e lipídeos, com níveis em torno de 1,05% e 0,69%, respectivamente. Apesar disso, Khan (2026) destacou que a fração lipídica dos resíduos de abacaxi contém uma grande quantidade de ácidos graxos saturados, incluindo ácido palmítico e ácido esteárico, ácidos graxos monoinsaturados, como ômega-9 e ácidos graxos poli-insaturados, como ômega-6 e ômega-3. Ademais, podem ser estudadas tecnologias de enriquecimento dos resíduos, com o intuito de aumentar seu valor nutricional, a fim de atender demandas específicas de mercado.

O valor energético foi inferior a 66 kcal/100 g, em virtude da presença de grande quantidade de água que diluiu os componentes energéticos da amostra. Esse resultado foi inferior ao registado por Sousa et al. (2011) que, ao investigarem as características nutricionais e compostos antioxidantes em resíduos de polpa de frutas, verificaram conteúdo energético de 77 kcal/100 g no bagaço de abacaxi. Flutuações nas características químicas do bagaço de abacaxi podem ser decorrentes das condições de cultivo e características edafoclimáticas da região de produção, uma vez que fatores como solo, clima e manejo agrícola podem influenciar essas variáveis (KRUMREICH et al., 2015).

Apesar do ácido ascórbico ser altamente suscetível à degradação durante o processamento do abacaxi para transformação em polpa, o seu bagaço é fonte desse constituinte (KHAN, 2026). Neste estudo, o conteúdo de ácido ascórbico encontrado foi superior de 44 mg/100 g, correspondendo a quase metade do VDR dessa vitamina, que é de 100 mg/100 g (BRASIL, 2020). A literatura consultada apresenta uma grande faixa de variação para o ácido ascórbico no bagaço de abacaxi, de 19,95 mg/100 g (NAGARAJIAH, S. B.; PRAKASH, 2016) a 40,83 mg/100 g (SOUSA et al., 2011), podendo ser afetado pelas condições de processamento, tais como descasque, trituração, homogeneização, etc. As características de cultivo também podem estar relacionadas a tais variações, inclusive à época do ano em que o abacaxi foi produzido (BRITO et al., 2008).

A acidez total titulável (ATT) em torno de 0,73% evidencia que o bagaço contém ácidos orgânicos naturalmente presentes, mesmo após o processamento, de modo que há manutenção da composição química do fruto com potencial para aplicações na indústria de alimentos (MEENA et al., 2022). Essa hipótese confirma-se na medida em que a ATT encontrada situa-se na faixa de 0,52 a 0,81% de ácido cítrico, conforme relatado por Berilli et al. (2014) em diferentes genótipos de abacaxi. Em relação ao pH, observou-se valor inferior a 4,5, indicando que o material possui natureza ácida, característica já esperada para resíduos de frutas cítricas e particularmente importante por questões de preservação. Resultado similar foi encontrado por Nunes et al. (2017) em resíduos de abacaxi, com pH de 4,18.

O teor de sólidos solúveis totais (SST) do bagaço de abacaxi foi elevado, relacionando-se a presença de compostos solúveis constituído sobretudo por glicídios e ácidos orgânicos que ficaram retidos na matriz do resíduo após despolpa (RODA; LAMBRI, 2019). Micanquer-Carlosama, Cortés-Rodríguez e Serna-Cock (2020) encontraram SST convergente ao analisarem resíduos de abacaxi, com valor de 13,3 °Brix. Por conseguinte, a relação SST/ATT de quase 20,0 aproxima-se daquela encontrada para a polpa de abacaxi por Oliveira et al. (2012), cujo valor foi de 20,24. Essa informação é particularmente relevante, pois permite inferir que o bagaço possui característica sensorial de doçura semelhante à da polpa, o que pode aumentar a aceitação do resíduo em preparações nas quais seja adicionado.

Os açúcares totais foram elevados, correspondendo a 68,89% do total de carboidratos da amostra, sendo que a maior parte correspondeu aos açúcares redutores, enquanto os açúcares não redutores tiveram um teor abaixo de 4%. Nesse sentido, pode-se inferir que a grande maioria dos glicídios do bagaço de abacaxi são a glicose e a frutose, que são facilmente metabolizados pelo organismo humano (SINGH et al., 2025). Esses resultados estão alinhados aos encontrados por Hita et al. (2025) ao caracterizarem o bagaço fresco de abacaxi obtido por extração mecânica, que reportaram valores aproximados de açúcares totais (12,46-12,20%), de açúcares redutores (8,14-8,21%) e de açúcares não redutores (3,99-4,32%). Diferenças na composição podem ser atribuídas a vários outros fatores, como diferenças nas condições geográficas, condições de crescimento, espécies utilizadas para os testes (MEENA et al., 2022), maturação dos frutos utilizados (SOUZA et al., 2021), época do ano (VALENTE, 2007), etc.

A Figura 1 apresenta o aspecto visual do bagaço de abacaxi *in natura*. Observou-se que a amostra apresentava coloração esbranquiçada e levemente amarelada. De acordo com Khan (2026), os compostos bioativos são responsáveis pelas cores de frutas e seus resíduos, sendo cruciais para a saúde das plantas e dos seres humanos devido às suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antitumorais e antidiabéticas. Nesse sentido, a cor levemente

amarelada do bagaço do abacaxi pode indicar a presença de compostos bioativos amarelos, como os carotenoides, a exemplo do β -caroteno (NASCIMENTO et al., 2025) e de flavonoides (ZHENG et al., 2025). Ademais, constatou-se a presença de uma fina camada superficial de água e de partículas marrom-avermelhada que correspondem aos tecidos mais externos e pigmentados do abacaxi, popularmente denominada de 'olhaduras', incorporados uniformemente após desintegração mecânica.



Figura 1. Bagaço de abacaxi *in natura*.

3.2 - Caracterização do bagaço de abacaxi desidratado

Na Tabela 3 estão dispostos os dados das características físico-químicas dos bagaços de abacaxi secados em diferentes temperaturas. A umidade situou-se abaixo de 15%, que é o limite máximo estabelecido pela legislação brasileira para amidos, farelos e farinhas (BRASIL, 2022), garantindo, independente da temperatura, a qualidade tecnológica e a estabilidade microbiológica do bagaço desidratado, minimizando a ocorrência de reações enzimáticas e a deterioração do material durante o armazenamento. Ademais, houve uma redução significativa ($p < 0,05$) nos teores de umidade do bagaço, com decréscimo de 20,86% nessa variável comparando-se os extremos de temperatura (70 e 90 °C). Esse comportamento está relacionado à maior taxa de transferência de calor para o material à medida que a condição térmica era ampliada, acelerando a evaporação da água livre presente na matriz do bagaço (MIERZWA et al., 2026; ZHANG et al., 2026), sendo corroborado por Souza et al. (2021), que discutiram que a redução de umidade em resíduos de frutas como o abacaxi é importante para a segurança alimentar. Ao secarem resíduos de romã (cascas de sementes) nas temperaturas de 50 °C, 60

°C e 70 °C, Wanderley et al. (2023) observaram resultados similares, com decréscimo progressivo da umidade quanto maior era a temperatura.

Tabela 3. Características físico-químicas dos bagaços de abacaxi secados com ar quente em diferentes temperaturas

Parâmetro	Temperatura (°C)		
	70	80	90
Umidade (%)	10,64 ± 0,28 a	9,39 ± 0,19 b	8,42 ± 0,30 c
Sólidos totais (%)	89,36 ± 0,28 c	90,61 ± 0,19 b	91,58 ± 0,30 a
Cinzas (%)	0,91 ± 0,02 c	1,02 ± 0,03 b	1,15 ± 0,03 a
Lipídeos (%)	0,42 ± 0,01 c	0,47 ± 0,01 b	0,54 ± 0,01 a
Proteínas (%)	3,53 ± 0,04 b	3,74 ± 0,02 a	3,70 ± 0,03 a
Carboidratos (%)	84,51 ± 0,25 c	85,38 ± 0,18 b	86,19 ± 0,30 a
Valor energético (kcal/100g)	355,93 ± 1,07 c	360,72 ± 0,90 b	364,43 ± 1,20 a
Ácido ascórbico (mg/100 g)	136,82 ± 2,56 b	146,45 ± 2,84 a	148,95 ± 2,79 a
ATT em ácido cítrico (%)	4,49 ± 0,02 c	4,80 ± 0,02 b	4,89 ± 0,02 a
pH	4,05 ± 0,02 a	4,06 ± 0,02 a	4,07 ± 0,02 a
SST (°Brix)	82,25 ± 0,25 c	87,50 ± 0,50 b	90,00 ± 0,30 a
Relação SST/ATT	18,30 ± 0,12 a	18,24 ± 0,14 a	18,42 ± 0,14 a
Açúcares totais (%)	60,96 ± 0,34 c	64,32 ± 0,53 b	67,40 ± 0,44 a
Açúcares redutores (%)	38,49 ± 0,62 a	37,50 ± 0,59 a	37,30 ± 0,26 a
Açúcares não redutores (%)	21,34 ± 0,87 c	25,48 ± 0,26 b	28,60 ± 0,62 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.

Os sólidos totais apresentaram comportamento inversamente relacionado à umidade, sendo aumentado ($p < 0,05$) à medida que a temperatura de secagem era elevada, denotando concentração de constituintes nutricionais e estruturais da matriz alimentar, a exemplo das cinzas, dos lipídeos e dos carboidratos que também foram elevados significativamente ($p < 0,05$). Isso, possibilita a obtenção de insumos alimentícios com maior potencial para enriquecimento de novos produtos que deles forem adicionados, ampliando a viabilidade do bagaço investigado. Apesar dos carboidratos corresponderem à maior parte dos sólidos totais das amostras, deve-se considerar que os baixos VDR dos minerais (BRASIL, 2020) e as concentrações próximas ou superiores a 1,0% consolidam o uso do material como uma excelente estratégia de fortificação nutricional. Essa aplicação se alinha ao cenário apontado por Fisberg et al. (2024), que verificaram uma alta probabilidade de deficiências de cálcio e

magnésio na população brasileira, com uma tendência de agravamento para outros minerais conforme o avanço da idade. Por outro lado, ainda que em baixas concentrações, os lipídeos das amostras desidratadas podem trazer benefícios à saúde intestinal (CAMPOS et al., 2020). Na literatura especializada, diversos estudos tiveram comportamento consoante ao observado ao investigarem a secagem de diferentes matrizes alimentícias, a exemplo da farinha dos frutos do juazeiro (*Sarcomphalus joazeiro*) (SILVA et al., 2026), polpa de acerola (MANÇANO et al., 2026), cascas de abacaxi (CARVALHO et al., 2025) e sementes de melão germinadas (ARAÚJO et al., 2025).

Quanto ao teor de proteínas, houve elevação desse nutriente ($p < 0,05$) comparando-se as secagens de 70 °C e 80 °C, seguindo de estabilidade ($p > 0,05$) na temperatura mais alta (90 °C). A concentração inicial deveu-se à redução da umidade da amostra que possibilitou o acúmulo de matéria seca, incluindo as proteínas, enquanto que a posterior estabilidade sinalizou um provável consumo de aminoácidos livres ou desnaturação proteica. De acordo com Silva (2021), em condições de temperatura mais elevadas as proteínas tendem a sofrer desnaturação, processo que altera sua estrutura e pode reduzir seu teor aparente. Adicionalmente, reações de escurecimento não enzimático que são catalisadas pela temperatura poderiam acelerar o consumo de aminoácido na condição térmica de 90 °C, resultando em consumo de proteínas (SHI et al., 2026). Fenômeno semelhante foi observado por Reis et al. (2023) que, ao caracterizarem farinhas das cascas de abacaxi obtida em diferentes temperaturas de secagem (50 °C, 60 °C, 70 °C e 80 °C), verificaram um aumento inicial no teor de proteínas, seguido de uma redução na temperatura mais elevada.

Apesar do valor energético ter aumentado significativamente ($p < 0,05$) com a elevação da temperatura de secagem, observou-se que o incremento real de energia foi de apenas 2,39% (na condição de 90°C), demonstrando pouco impacto em uma dieta de 2.000 kcal (BRASIL, 2020). De modo geral, todas as amostras fornecem quantidades consideráveis de calorias ao organismo (> 350 kcal/100 g), especialmente pela concentração de nutrientes, como já relatado. Esse resultado está de acordo com o estudo de Kamal et al. (2024) que ao estudarem os impactos da secagem nas propriedades físico-químicas da farinha de semente de jaca evidenciaram aumento no valor energético em decorrência da concentração dos nutrientes após a secagem.

Verificou-se um comportamento termo-dependente para o ácido ascórbico, com aumento significativo ($p < 0,05$) a 80 °C. Esse incremento decorre da concentração do micronutriente em razão da evaporação da água, além do melhor equilíbrio entre o aquecimento intermediário e o tempo de desidratação mais curto (PAIVA et al., 2023), seguido pela estabilização ($p > 0,05$) desse teor na temperatura mais elevada, indicando provável oxidação

térmica. De acordo com Albuquerque Júnior et al. (2025), o ácido ascórbico é altamente sensível, podendo ser degradado por diversos fatores, incluindo temperatura, presença de oxigênio, luz, umidade, pH e a duração do tratamento a que o alimento foi submetido (FERNANDES et al., 2014). Apesar disso, todas as amostras revelaram altos teores de ácido ascórbico, sendo necessários apenas cerca de 70 g das mesmas para suprimir a VDR (BRASIL, 2020). Alibas e Yilmaz (2022) reportaram comportamento semelhante em fatias de laranja desidratadas consecutivamente em diferentes temperaturas (50 °C, 75 °C, 100 °C e 125 °C); os autores evidenciaram concentração do ácido ascórbico a 75 °C, seguido de degradação nas condições mais extremas.

A ATT do bagaço de abacaxi aumentou ($p < 0,05$) com a elevação da temperatura de secagem, evidenciando uma concentração progressiva dos ácidos orgânicos no material desidratado. Apesar dessa tendência, a variação da ATT não foi suficiente para promover alteração significativa nos valores de pH, que se mantiveram estáveis ($p > 0,05$) em qualquer condição térmica, provavelmente devido à presença de complexos tamponantes na amostra. Os valores de pH inferiores a 4,5 permitem classificar as amostras desidratadas como ácidas (SRIKAEAO, 2024). Segundo Plocina e Beitane (2026), as condições mais ácidas limitam o crescimento microbiano e prolongam a vida útil da matriz alimentar, constituindo-se em mais um obstáculo para a deterioração. Resultados semelhantes foram reportados por Nunes et al. (2017) e Reis et al. (2023), que, ao caracterizarem resíduos de abacaxi submetidos à secagem em diferentes temperaturas, também observaram aumento da ATT com a elevação da temperatura de secagem. Ademais, Polat (2024) relatou estabilidade do pH em fatias de morango submetidas à secagem por ar quente em duas diferentes temperaturas.

Em relação aos SST, verificou-se um incremento significativo ($p < 0,05$) em seus teores face à elevação da temperatura de secagem, com valores compreendidos entre 82,25 °Brix (70 °C) e 90 °Brix (90 °C). Esse perfil evidencia a concentração gradual de compostos solúveis induzida pelo aporte térmico. Conforme reportado por Zzaman, Biswas e Hossain (2021), esse fenômeno é justificado pela eliminação progressiva da água intertextural, que por sua vez propicia a supersaturação de açúcares e outros solutos na matriz do bagaço. Por sua vez, mesmo havendo variações significativas da ATT e dos SST, a relação SST/ATT manteve-se estável ($p > 0,05$) em qualquer condição de secagem, indicando que a sensação de doçura das amostras é mantida, mesmo após o aumento da temperatura. Isso é importante, pois indica a manutenção da palatabilidade da matriz alimentar em qualquer método de produção. Tendência similar foi descrita por Monteiro et al. (2020) para cubos de berinjela desidratados a 70, 80 e 90 °C. No

referido estudo, pequenas oscilações na relação SST/ATT confirmaram que o aporte térmico não desestabiliza o equilíbrio entre os compostos determinantes da doçura e da acidez.

Observou-se que os teores de açúcares totais e não redutores aumentaram significativamente ($p < 0,05$) com a elevação da temperatura de secagem. De acordo com Elias et al. (2008), esse comportamento não decorre da síntese de novos compostos, mas sim de um fenômeno físico de concentração: à medida que o calor intensifica a evaporação da água livre, a proporção de sacarídeos eleva-se na matéria seca remanescente. Esse efeito também foi constatado por Sellami et al. (2026) na secagem convectiva de cascas de limão, e por Lima et al. (2026) na secagem convectiva de cascas de maracujá amarelo e doce. Em contrapartida, os teores de açúcares redutores permaneceram estáveis ($p > 0,05$) sob todas as condições térmicas avaliadas, a despeito do efeito de concentração mencionado. Essa estabilidade sugere o consumo concomitante de glicídios simples, como glicose e frutose, pela reação de Maillard; do contrário, a redução progressiva da umidade já relatada resultaria no efeito de concentração e aumento desse constituinte. Conforme Phongphisutthinant et al. (2024), essa reação consiste em uma transformação química complexa de glicação não enzimática entre aminoácidos e açúcares redutores, desencadeada pelo calor. De maneira análoga, Wanderley et al. (2023), ao desidratar cascas e sementes de romã a 50 °C, 60 °C e 70 °C, também não observaram variações significativas ($p > 0,05$) nos teores de açúcares redutores.

Os aspectos visuais dos bagaços de abacaxi desidratados sob diferentes temperaturas estão apresentados na Figura 2. Verifica-se que a coloração das amostras foi diretamente influenciada pela condição térmica: sob a temperatura mais baixa, o material manteve-se mais claro, enquanto o incremento térmico promoveu o escurecimento progressivo da matriz alimentar. Esse comportamento indica a ocorrência de reações de escurecimento não enzimático, o que corrobora as alterações nos teores de proteínas e de açúcares redutores previamente discutidas. Conforme Zzaman et al. (2021), resíduos de abacaxi tendem a escurecer com o avanço da secagem em decorrência da reação de Maillard, a qual culmina na síntese de pigmentos escuros conhecidos como melanoidinas (WANG et al., 2026). Adicionalmente, a oxidação de pigmentos pode ter intensificado o escurecimento observado na temperatura de 90 °C (NAZIR et al., 2026). Resultados semelhantes foram relatados por Silva et al. (2026), que observaram o escurecimento progressivo da farinha do fruto do juazeiro com o aumento da temperatura de secagem, corroborando os achados deste estudo.

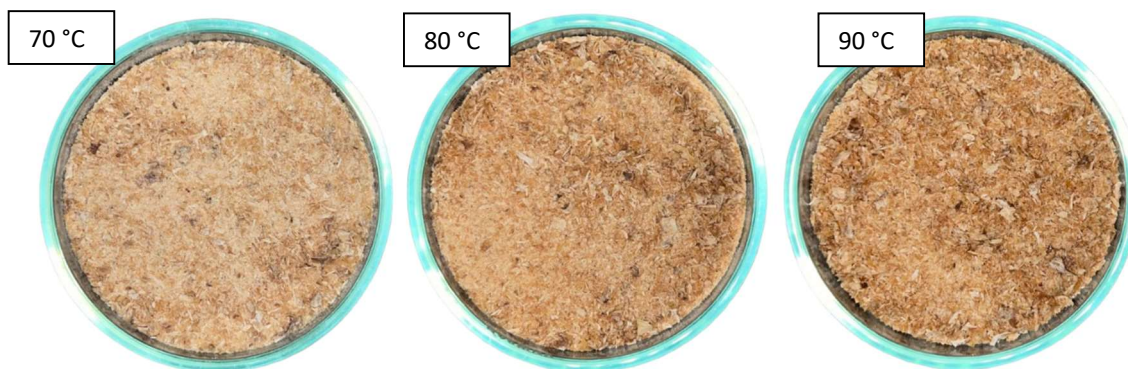


Figura 2. Bagaços de abacaxi desidratados com ar quente em diferentes temperaturas

3.3 - Caracterização nutricional dos biscoitos amanteigados adicionados do bagaço de abacaxi desidratado

Os resultados da caracterização nutricional dos biscoitos amanteigados processados com diferentes níveis de bagaço de abacaxi desidratado (BAD) são apresentados na Tabela 4. A amostra de BAD produzida a 80 °C foi selecionada para a formulação dos biscoitos por ter apresentado boa retenção de ácido ascórbico, o que sinaliza a preservação de constituintes termolábeis. Assim, além de reduzir os custos de produção pela substituição parcial da farinha de trigo, a incorporação desse subproduto pode elevar a bioatividade do produto final (NITISUK et al., 2025).

Tabela 4. Características nutricional de biscoitos amanteigados processados com diferentes proporções do bagaço de abacaxi desidratado

Parâmetro	Formulação			
	F1	F2	F3	F4
Umidade (%)	5,43 ± 0,15 a	4,13 ± 0,10 b	4,98 ± 0,14 a	3,76 ± 0,11 b
Sólidos totais (%)	94,57 ± 0,15 b	95,87 ± 0,10 a	95,02 ± 0,32 b	96,24 ± 0,11 a
Cinzas (%)	0,25 ± 0,01 d	0,34 ± 0,00 c	0,44 ± 0,02 b	0,53 ± 0,01 a
Lipídeos (%)	17,60 ± 0,37 a	16,02 ± 0,39 b	15,10 ± 0,22 c	14,71 ± 0,35 c
Proteínas (%)	6,15 ± 0,05 a	6,09 ± 0,06 ab	5,97 ± 0,02 bc	5,94 ± 0,05 c
Carboidratos (%)	70,57 ± 0,28 c	73,42 ± 0,31 b	73,51 ± 0,42 b	75,07 ± 0,36 a
Valor energético (kcal/100g)	465,27 ± 2,35a	462,20 ± 2,26a	453,83 ± 1,54b	456,40 ± 1,62b

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

Observou-se que o teor de umidade diminuiu significativamente ($p < 0,05$) com o aumento da proporção de BAD, apresentando uma redução de 30,76% na amostra com 9% de resíduo (F4) em comparação ao controle (F1). Esse comportamento deve-se à adição do insumo residual, que possui menor umidade (9,39%) que a farinha de trigo, estimada em 12,62% por Parvez et al. (2025), reduzindo progressivamente a água da massa. Além disso, a composição da fibra alimentar do BAD pode ter influenciado esse resultado. Segundo Nguyen et al. (2024), a maior parte dessas fibras é insolúvel (~97,83%). Frações como celulose e lignina absorvem e retêm menos água que os demais ingredientes, resultando em produtos com menor teor de umidade geral, além de texturas mais firmes ou crocantes (AKTER; MAHIN; MREDUL, 2025). Embora a crocância seja uma característica desejável em biscoitos, adições elevadas de resíduo podem torná-los excessivamente quebradiços (EJAZ et al., 2026).

Resultados semelhantes foram reportados por Alkay et al. (2026) e Nga et al. (2026) ao desenvolverem biscoitos enriquecidos com farinhas da casca de laranja (0% a 5%) e da semente de abacate (0% e 10%), respectivamente. Nesses estudos, o teor de umidade também reduziu progressivamente com a adição dos resíduos agroindustriais, apresentando decréscimos de 28,4% e 16,96%, valores que corroboram os achados desta pesquisa. Essa variação nos percentuais de redução pode estar relacionada à interação de múltiplos fatores, como a temperatura de forneamento, a espessura da massa, o tempo de cozimento, entre outros. Do ponto de vista tecnológico, essa diminuição é benéfica, pois favorece a estabilidade dos biscoitos durante a estocagem. Conforme relatado por Biswas et al. (2025), produtos com baixo teor de umidade apresentam maior vida de prateleira quando armazenados sob condições controladas, como em locais secos e frescos, utilizando embalagens com barreira contra umidade, gases e luz.

Os sólidos totais foram aumentados ($p < 0,05$) nas formulações conforme se elevou o nível de adição de BAD, reflexo direto da redução da umidade, como discutido anteriormente. De modo geral, o incremento na matéria seca reflete a concentração de nutrientes e componentes inorgânicos, a exemplo das cinzas, que apresentaram comportamento crescente ($p < 0,05$) com o acréscimo do subproduto. Esse perfil é amplamente descrito na literatura, visto que resíduos de frutas desidratados possuem maior teor e diversidade de minerais em comparação à farinha de trigo. Enquanto a farinha de trigo refinada apresenta cerca de 0,61% de cinzas (PARAMITASARI et al., 2026), o BAD utilizado continha um percentual de minerais 67,21% superior a essa referência. De acordo com Hita et al. (2026), o bagaço de abacaxi é rico em minerais, o que justifica o aumento do teor de cinzas em formulações enriquecidas com subprodutos desse fruto.

Comportamento semelhante foi observado por Galindo-Corona et al. (2026), que obtiveram teores de cinzas de 0,30%, 1,05% e 1,26% para biscoitos enriquecidos com 0%, 15% e 20% de farinha do bagaço de uva, respectivamente. Do mesmo modo, ao incorporarem farinha do bagaço de pera (0% a 25%) em biscoitos, Krajewska e Dziki (2025) constataram um aumento progressivo nas cinzas, que variaram de 0,207% na formulação controle a 0,651% na amostra com 25% de resíduo. Além disso, o enriquecimento de produtos panificados com minerais é nutricionalmente relevante, visto que esses elementos são essenciais para a homeostase e desempenham papéis cruciais em diversas funções metabólicas (PARAMITASARI et al., 2026). Diante dos valores de VDR estabelecidos pela legislação brasileira (BRASIL, 2020), a incorporação do BAD pode contribuir significativamente para o aporte de micronutrientes, auxiliando os consumidores a atingirem as recomendações diárias, sobretudo de potássio, cálcio, magnésio e fósforo (SENGAR et al., 2022).

Os teores de lipídeos reduziram significativamente ($p < 0,05$) com o aumento da concentração do BAD, caindo de 17,60% na formulação controle (F1) para 14,71% na amostra com 9% de resíduo (F4). Esse comportamento converge com os achados de Parvez et al. (2025), que também relataram redução nos lipídeos à medida que aumentavam os níveis de enriquecimento de biscoitos com farinha de casca de manga (0% a 8%). Como o BAD possui baixo teor lipídico (0,47%), sendo inclusive inferior ao da farinha de trigo (1,25%) (PARAMITASARI et al., 2025), sua adição dilui esse macronutriente na massa. Esse fator exige monitoramento, pois a redução de gordura pode afetar a textura dos biscoitos (KRAJEWSKA; DZIKI, 2023), já que os lipídeos exercem efeito lubrificante que melhora a sensação na boca, o sabor e a palatabilidade (ALKAY et al., 2026). Apesar disso, Krajewska e Dziki (2023) destacam que resíduos de frutas contêm antioxidantes naturais que podem retardar a oxidação e melhorar a estabilidade da fração lipídica remanescente.

Assim como observado para os lipídeos, os teores de proteínas reduziram significativamente ($p < 0,05$) com o aumento da concentração de BAD. Esse comportamento decorre do efeito diluidor do subproduto sobre as proteínas da farinha de trigo, afetando principalmente o teor de glúten (MANDACHE et al., 2025), visto que resíduos de frutas geralmente apresentam baixas quantidades desse nutriente (PARVEZ et al., 2026). Como o glúten confere estabilidade estrutural a produtos de panificação (PARAMITASARI et al., 2026), sua diluição torna a massa menos extensível e mais rígida; consequentemente, os biscoitos tornam-se progressivamente mais duros em concentrações mais altas do resíduo (PARVEZ et al., 2025; KRAJEWSKA; DZIKI, 2023). Resultados semelhantes foram relatados por Nga et al. (2026), Biswas et al. (2025) e Hita et al. (2025), que observaram reduções

proteicas em biscoitos enriquecidos com farinhas de semente de abacate (0% a 10%), casca de pitaya vermelha (0% a 9%) e bagaço de abacaxi (0% a 25%), respectivamente. Apesar do decréscimo, a formulação com 3% de BAD (F2) ainda se enquadra como 'fonte de proteínas', pois apresentou teor superior a 6% (BRASIL, 2012).

Os teores de carboidratos aumentaram ($p < 0,05$) com a elevação da proporção de BAD. Esse comportamento está relacionado ao enriquecimento da massa pelos hidratos de carbono do resíduo, cujo macronutriente principal corresponde a 85,38% de sua composição. Assim, os valores passaram de 70,57% na formulação controle (F1) para 75,07% na amostra com 9% de BAD (F4), representando um aumento de 6,38%. Ejaz et al. (2026) também constataram que os teores de carboidratos aumentaram de 5,69 g/g para 6,59 g/g em biscoitos adicionados de casca de banana (0% a 33,33%). De forma semelhante, Biswas et al. (2025) desenvolveram biscoitos enriquecidos com farinha de casca de pitaya vermelha (0% a 9%) e observaram um incremento nos carboidratos conforme a proporção do resíduo aumentava, variando de 63,91% na formulação controle para 65,13% na formulação com 9% do subproduto.

O valor energético apresentou relação inversa com o teor de carboidratos, reduzindo-se ($p < 0,05$) com o incremento de BAD. Esse comportamento decorre principalmente da diluição dos lipídeos, conforme discutido anteriormente. No presente estudo, essa redução variou de 465,27 kcal/100 g na formulação controle para 456,40 kcal/100 g na amostra com 9% de BAD. Visto que as gorduras constituem fontes concentradas de energia (NGA et al., 2026), a diminuição de seu teor na massa acarreta menor densidade calórica. Resultados convergentes foram reportados por Silva et al. (2026) em biscoitos adicionados de farinha da casca de pupunha (0% a 20%), cujos valores energéticos decresceram de 466,3 kcal/100 g (controle) para 458,5 kcal/100 g (maior nível de adição). De forma semelhante, Nitisuk et al. (2025) incorporaram 5% de farinha de casca de manga em biscoitos e observaram declínio no valor energético da amostra enriquecida (390,16 kcal/100 g) em comparação ao controle (397,18 kcal/100 g). Apesar dessa redução, os biscoitos formulados com BAD mantêm-se como alimentos energeticamente densos, sobretudo devido ao teor residual de gordura e à baixa umidade, que concentra os demais nutrientes. Por conseguinte, recomenda-se a moderação em seu consumo (KRAJEWSKA; DZIKI, 2023).

A Figura 3 apresenta as imagens dos biscoitos amanteigados processados com diferentes níveis de BAD. Observou-se redução no diâmetro das amostras com o aumento do enriquecimento do produto. Esse comportamento está possivelmente relacionado à menor umidade durante a mistura da massa, o que reduziu sua maciez e fluidez durante o forneamento; somada a isso, a menor proporção de proteínas formadoras de glúten limitou o espalhamento

do produto (PARVEZ et al., 2025). Comportamento semelhante foi reportado por Mandache et al. (2025), os quais observaram redução no diâmetro de biscoitos conforme a proporção (0% a 15%) das farinhas de bagaço de maçã e de cereja ácida era elevada. De igual modo, Sayem et al. (2024) relataram que biscoitos formulados com diferentes concentrações de farinha da casca de banana (0% a 15%) apresentaram diâmetros menores à medida que a proporção do resíduo aumentava, o que foi justificado pelo impacto do subproduto na reologia da massa e, consequentemente, na sua capacidade de expansão.



Figura 3. Biscoitos amanteigados processados com o bagaço de abacaxi desidratado

F1: formulação controle, sem adição de bagaço de abacaxi desidratado (BAD); F2: formulação com adição de 3% de BAD; F3: formulação com adição de 6% de BAD; F4: formulação com adição de 9% de BAD.

Os biscoitos apresentaram coloração levemente amarelada, a qual foi intensificada com o incremento de BAD, comportamento possivelmente relacionado ao enriquecimento das amostras com carotenoides. Sayem et al. (2024) afirmaram que resíduos de frutas desidratados contêm pigmentos naturais que contribuem diretamente para as alterações visuais em produtos de panificação. Parvez et al. (2025), por exemplo, evidenciaram que a incorporação de farinha de casca de manga (0% a 8%) ocasionou aumento linear no teor de carotenoides de biscoitos. Além dos pigmentos, a adição desses subprodutos eleva o valor funcional do alimento; Mandache et al. (2025) reportaram que a substituição parcial da farinha de trigo por bagaços de maçã e cereja ácida resultou em aumento progressivo e significativo de compostos bioativos. De igual forma, Krajewska e Dziki (2025) relataram que a incorporação de farinha de bagaço de pera em biscoitos de trigo correlacionou-se com a melhoria das propriedades antioxidantes e o incremento de compostos fenólicos totais.

O acréscimo de BAD nas formulações de biscoitos intensificou o escurecimento do produto, o que pode estar relacionado à ocorrência de reações de escurecimento não enzimático. De acordo com Krajewska e Dziki (2023), a incorporação de resíduos de frutas pode potencializar os processos de caramelização e a reação de Maillard durante o forneamento em

alta temperatura, sobretudo devido à presença de açúcares livres (MALLEK-AYADI; BAHLOUL, 2026; BISWAS et al., 2025). Comportamento semelhante foi descrito no processamento de biscoitos adicionados de farinhas residuais de diferentes origens, a exemplo das cascas de pupunha (SILVA et al., 2026), banana (EJAZ et al., 2026), laranja (ALKAY et al., 2026) e manga (PARVEZ et al., 2026), além do bagaço de pera (KRAJEWSKA; DZIKI, 2025). Em todos esses estudos, relatou-se o escurecimento dos biscoitos conforme o nível de resíduo aumentava.

Sob a ótica comercial, Paramitasari et al. (2026) alertam que o escurecimento acentuado das amostras pode ser considerado um atributo negativo, haja vista que parte dos consumidores associa biscoitos de cor mais clara a frescor e alta qualidade. Por outro lado, deve-se considerar a atual tendência de busca por uma alimentação mais saudável, na qual o público prioriza produtos formulados com insumos integrais, fibras e minerais, motivado principalmente pelo cuidado com a saúde (PREDANÓCYOVÁ; ŠEDÍK; POCOL, 2026). Hu et al. (2022), por exemplo, evidenciaram que o maior consumo de alimentos integrais está associado a um risco significativamente menor de doença coronariana. Assim, a coloração mais escura dos biscoitos adicionados de BAD poderia denotar visualmente a presença de ingredientes benéficos, alinhando-se às expectativas de indivíduos interessados na maior ingestão de alimentos funcionais. Por conseguinte, torna-se necessária a realização de testes complementares para estimar o impacto real de cada nível de substituição na aceitação sensorial do produto.

4 - CONCLUSÃO

O bagaço de abacaxi apresenta alto potencial nutricional e tecnológico para a panificação devido aos elevados teores de carboidratos, açúcares e fibras alimentares, além de minerais e ácido ascórbico. Por possuir baixos teores de proteínas e lipídeos, deve atuar como ingrediente complementar nas formulações, e não como substituto desses macronutrientes. Adicionalmente, a alta umidade do resíduo in natura torna o processo de desidratação indispensável para garantir a estabilidade microbiológica, estender a vida útil e viabilizar sua aplicação industrial.

A secagem nas temperaturas de 70, 80 e 90 °C promove a concentração progressiva dos constituintes nutricionais do bagaço devido à remoção de água. Embora a temperatura de 90 °C tenha concentrado mais macronutrientes e minerais, os teores de proteínas e ácido ascórbico nessa condição não diferiram estatisticamente ($p>0,05$) dos obtidos a 80 °C, indicando degradação térmica e escurecimento por reações de Maillard no limite mais alto. Portanto, a secagem a 80 °C foi selecionada por garantir o melhor equilíbrio entre eficiência nutricional e preservação de compostos termolábeis, sendo a matéria-prima escolhida para a produção dos biscoitos.

A incorporação do BAD nos biscoitos amanteigados reduz a umidade, favorecendo a estabilidade do produto, e aumenta os teores de cinzas e carboidratos. Em contrapartida, ocorre redução gradual de proteínas, lipídeos, valor energético e diâmetro, além de escurecimento e da intensificação da tonalidade amarela nas maiores concentrações. A formulação com 3% de BAD destaca-se pelo equilíbrio físico e preservação proteica, enquanto as de 6% e 9% priorizam o apelo nutricional, confirmando que o uso desse subproduto é uma estratégia sustentável e viável para a 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.; YILMAZ, A. Microwave and convective drying kinetics and thermal properties of orange slices and effect of drying on some phytochemical parameters. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v.147, n.15, p.8301-8321, 2022. <https://doi.org/10.1007/s10973-021-11108-3>
- ALKAY, Z.; DOĞAN, Ş. N.; ARIOGLU TUNCIL, S.; TUNÇIL, Y. E. Utilizations of sourdough and orange peel powder for the production of cookies with increased bioactive value. **Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences**, v.40, n.1, 87-101, 2026. <https://doi.org/10.15316/selcukjafsci.1743642>
- 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>
- 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.
- BERILLI, S. S.; FREITAS, S. J.; SANTOS, P. C.; OLIVEIRA, J. G.; CAETANO, L. C. S. Avaliação da qualidade de frutos de quatro genótipos de abacaxi para consumo *in natura*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, n.2, p.503-508, 2014. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-100/13>
- 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>

BITENCOURT, B. S.; CORRÊA, J. L. G.; CARVALHO, G. R.; AUGUSTO, P. E. D. Valorization of pineapple pomace for food or feed: effects of pre-treatment with ethanol on convective drying and quality properties. **Waste and Biomass Valorization**, v. 13, n. 4, p. 2253-2266, 2022. <http://dx.doi.org/10.1007/s12649-021-01659-9>

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. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução-RDC Nº 711, de 1º de julho de 2022. Dispõe sobre os requisitos sanitários dos amidos, biscoitos, cereais integrais, cereais processados, farelos, farinhas, farinhas integrais, massas alimentícias e pães. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2022.

BRITO, C. A. K.; SIQUEIRA, P. B.; PIO, T. F.; BOLINI, H. M. A.; SATO, H. H. Caracterização físico-química, enzimática e aceitação sensorial de três cultivares de abacaxi. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 2, n.2: p.1-14, 2008.
<http://dx.doi.org/10.3895/S1981-36862008000200001>

CAMPOS, D. A.; COSCUETA, E. R.; VILAS-BOAS, A. A.; SILVA, S.; TEIXEIRA, J. A.; PASTRANA, L. M.; PINTADO, M. M. Impact of functional flours from pineapple by-products on human intestinal microbiota. **Journal of Functional Foods**, v.67, p.103830, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103830>

CARVALHO, R. D. O.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. D. M.; SANTOS, F. S.; GREGÓRIO, M. G.; AMADEU, L. T. S.; MOURA, H. V.; ALBUQUERQUE JUNIOR, N. D. M.; ANDRADE, F. S.; CRUZ, E. B. C.; LARA, E. Z.; GOMES, J. P.; MADRUGA, M. S. Dynamic modeling of convective drying of pineapple peels: Bioactive, physical, and thermal properties. **Agriculture**, v.15, n.6, p.609, 2025.
<https://doi.org/10.3390/agriculture15060609>

CHANDRAMOHAN, V. P. Convective drying of food materials: An overview with fundamental aspect, recent developments, and summary. **Heat Transfer**, v.49, n.3, p.1281-1313, 2020. <https://doi.org/10.1002/htj.21662>

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>

ELIAS, N. F.; BERBERT, P. A.; MOLINA, M. A. B.; VIANA, A. P.; DIONELLO, R. G.; QUEIROZ, V. A. V. Avaliação nutricional e sensorial de caqui cv Fuyu submetido à desidratação osmótica e secagem por convecção. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.2, p.322-328, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000200009>

FERNANDES, R. V. B.; QUEIROZ, F.; BOTREL, D. A.; ROCHA, V. V.; SOUZA, V. R.; LIMA, C. F. Estudo da adição de albumina e da temperatura de secagem nas características de polpa de tomate em pó. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.3, p.1267, 2014. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n3p1267>

FISBERG, M.; DUARTE BATISTA, L.; PREVIDELLI, A.; FERRARI, G.; FISBERG, R. Exploring diet and nutrient insufficiencies across age groups: Insights from a population-based study of brazilian adults. **Nutrients**, v.16, n.5, p.750, 2024. <https://doi.org/10.3390/nu16050750>

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>

HITA, K.; PATEL, D.; SINGH, P.; PANIGRAHI, H. K.; LAXMANEE, P. P.; NASIM, A.; JANGAM, S.; SHUKLA, S. Chemical and nutrient composition of cookies enriched with pineapple pomace and ragi flour. **Archives of Current Research International**, v.25, n.8, p.834-839, 2025. <https://doi.org/10.9734/acri/2025/v25i81463>

HITA, K.; PATEL, D.; SINGH, P.; VERMA, A.; KAUSHAL, A. Compositional study of pineapple and ragi flour as a basis for pineapple pomace based cookies. **International Journal of Advanced Biochemistry Research**, v. 9, n. 7, p. 1791-1793, 2025. <http://dx.doi.org/10.33545/26174693.2025.v9.i7w.5045>

HU, Y.; WILLETT, W. C.; MANSON, J. A. E.; ROSNER, B.; HU, F. B.; SUN, Q. Intake of whole grain foods and risk of coronary heart disease in US men and women. **BMC Medicine**, v.20, n.1, p.192, 2022. <https://doi.org/10.1186/s12916-022-02396-z>

HUANG, Y.; BRENNAN, M. A.; KASAPIS, S.; RICHARDSON, S. J.; BRENNAN, C. S. Maturation process, nutritional profile, bioactivities and utilisation in food products of red pitaya fruits: A review. **Foods**, v.10, n.11, p.2862, 2021. <https://doi.org/10.3390/foods10112862>

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

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>

KHAN, R. Valorization of pineapple waste: Functional and biotechnological applications- A comprehensive review. **Current Food Science and Technology Reports**, v.4, n.2, p.1-21, 2026. <https://doi.org/10.1007/s43555-026-00077-z>

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, 2023. <https://doi.org/10.31545/intagr/165803>

KRAJEWSKA, A.; DZIKI, D. Utilização do bagaço de pera como aditivo funcional na produção de biscoitos: avaliação físico-química e sensorial. **International Agrophysics**, v.39, n.1, p.53-60, 2025. <https://doi.org/10.31545/intagr/195660>

KRUMREICH, F. D.; CORRÊA, A. P. A.; SILVA, S. D. S.; ZAMBIAZI, R. C. Composição físico-química e de compostos bioativos em frutos de *Bromelia antiacantha* Bertol. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, n.2, p.450-456, 2015. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-127/14>

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>

LIU, W.; LIU, T.; ZENG, T.; MA, R.; CHENG, Y.; ZHENG, Y.; QIU, J.; QI, L. Prediction of internal mechanical damage in pineapple compression using finite element method based on Hooke's and Hertz's laws. **Scientia Horticulturae**, v.308, p.111592, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111592>

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>

MANDACHE, M. B.; TOPALĂ, C. M.; VIJAN, L. E.; COSMULESCU, S. Enhancing biscuit nutritional value through apple and sour cherry pomace fortification. **Applied Sciences**, v.15, n.21, p.11823, 2025. <https://doi.org/10.3390/app152111823>

- MAZZIERO, P. G. S.; DE LIMA, B. I.; DE OLIVEIRA, J. B.; STRZYBNY, M. L.; FERNANDES, V. R.; D'AMELIO, M. T. S. Estudo da secagem do abacaxi. **Revista Ensaios Pioneiros**, v. 6, n. 2, p. 11-20, 2023. <https://doi.org/10.24933/rep.v6i2.274>
- MEENA, L; SENGAR, A. S.; NEOG, R.; SUNIL, C. K. Pineapple processing waste (PPW): bioactive compounds, their extraction, and utilisation. **Journal of Food Science and Technology**, v. 59, n. 11, p. 4152-4164, 2022. <http://dx.doi.org/10.1007/s13197-021-05271-6>
- MICANQUER-CARLOSAMA, A.; CORTÉS-RODRÍGUEZ, M.; SERNA-COCK, L. Formulation of a fermentation substrate from pineapple and sachu inchi wastes to grow *Weissella cibaria*. **Heliyon**, v. 6, n. 4, p. e03790, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03790>
- 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>
- MONTALVO-GONZÁLEZ, E.; AGUILAR-HERNÁNDEZ, G.; HERNÁNDEZ-CÁZARES, A. S.; RUIZ-LÓPEZ, I. I.; PÉREZ-SILVA, A.; HERNÁNDEZ-TORRES, J.; VIVAR-VERA, M. Á. Production, chemical, physical and technological properties of antioxidant dietary fiber from pineapple pomace and effect as ingredient in sausages. **Cyta - Journal of Food**, v. 16, n. 1, p. 831-839, 2018. <http://dx.doi.org/10.1080/19476337.2018.1465125>
- MONTEIRO, S. S.; MONTEIRO, S. S.; SANTOS, N. C.; BARROS, S. L.; CRUZ, O. N.; MARTINS, L. P.; GOMES, J. P. Aplicação de processos combinados osmótico e secagem em air fryer em berinjelas condimentadas com hibisco. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 3, p. e07932267, 2020. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i3.2267>
- NAGARAJAIAH, S. B.; PRAKASH, J. Chemical Composition and bioactivity of pomace from selected fruits. **International Journal of Fruit Science**, v. 16, n. 4, p. 423-443, 2016. <http://dx.doi.org/10.1080/15538362.2016.1143433>
- NASCIMENTO, R. S.; SILVA, S. M.; SOUSA, A. S. B.; SILVA, M. C. A.; LIMA, R. P.; GUIMARÃES, G. H. C.; MENDONÇA, R. M. N.; RODRIGUES, E. N. S. Quality, bioactive compounds and enzymatic metabolism of cv. Vitória pineapple during maturation. **Revista Ciência Agronômica**, v. 56, p. 1-13, 2025. <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20250044>
- NAZIR, A.; BEIGH, M. A.; BHAT, T. A.; BASHIR, I.; AMIN, Q. A.; WANI, T.; ZARGAR, I. A.; QADRI, T.; CHAUDHARY, A. A.; ALI, M. A. M.; RUDAYNI, H. A. Freeze-drying and amber glass: A superior synergy for preserving the vitamin C and bioactive wealth of green chilli powder. **Food Chemistry: X**, v.36, p.103897, 2026. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2026.103897>
- 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>

NGUYEN, T. T. A.; NGUYEN, H. H.; TON, N. M. N.; TRAN, T. T. T.; LE, V. V. M. Enzymatic treatment of pineapple pomace and its application into fiber-rich biscuit making. **Journal of Agriculture and Food Research**, v.15, p.100936, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100936>

NITISUK, P.; WANYO, P.; CHAMSAI, T.; CHAROENJIT, K. Sustainable valorization of tropical fruit peels for sustainable production of natural antioxidants and functional food ingredients. **Sustainable Food Technology**, v.3, n.4, p.1189-1202, 2025. <https://doi.org/10.1039/D4FB00371C>

NUNES, J. S.; LINS, A. D. F.; GOMES, J. P.; SILVA, W. P.; SILVA, F. B.. Influência da temperatura de secagem nas propriedades físico-química de resíduos abacaxi. **Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 1, p. 41-46, 2017. <http://dx.doi.org/10.25066/agrotec.v38i1.29991>

OLIVEIRA, J. A. R.; CARVALHO, A. V.; MARTINS, L. H. S.; MOREIRA, D. K. T. Elaboração e caracterização físico-química e sensorial de estruturados de polpa concentrada de abacaxi. **Alimentos e Nutrição**, v.23, n.1, p.23-31, 2012.

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.; PUDJIANTO, 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>

PARVEZ, M.; ALAM, S. M. S.; RANA, M. S.; KHALED, B. M.; SAIFULLAH, M.; JAHAN, I.; MAZUMDER, M. A. R. Utilization of mango peel dietary fiber to enhance the nutritional, physical, and sensory properties of biscuits. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.2025, n.1, p.5553024, 2025. <https://doi.org/10.1155/jfpp/5553024>

PHONGPHISUTTHINANT, R.; WIRIYACHAREE, P.; BOONYAPRANAI, K.; OUNJAIJEAN, S.; TAYA, S.; PITCHAKARN, P.; PATHOMRUNGSIYOUNGGUL, P.; UTARAT, P.; WONGWATCHARAYOTHIN, W.; SOMJAI, C.; CHAIPOOT, S. Effect of conventional humid-dry heating through the maillard reaction on chemical changes and enhancement of in vitro bioactivities from soy protein isolate hydrolysate-yeast cell extract conjugates. **Foods**, v.13, n.3, p.380, 2024. <https://doi.org/10.3390/foods13030380>

PLOCINA, L.; BEITANE, I. Microbiological safety and pH stability of autoclaved pea protein-based beverages during short-term storage. **Frontiers in Nutrition**, v.13, 1795658, 2026. <https://doi.org/10.3389/fnut.2026.1795658>

POLANÍA, A. M.; · LONDOÑO, L.; · RAMÍREZ, C.; BOLIVAR, G.; AGUILAR, C. N. Valorization of pineapple waste as novel source of nutraceuticals and biofunctional compounds. **Biomass Conversion and Biorefinery**, v.13, p.3593–3618, 2023. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02811-8>

POLAT, A. Drying strawberry slices: a comparative study of electrohydrodynamic, hot air, and electrohydrodynamic-hot air techniques. **Food Science & Nutrition**, v.12, n.11, p.9621–9631, 2024. <http://dx.doi.org/10.1002/fsn3.4541>

PREDANÓCYOVÁ, K.; ŠEDÍK, P.; POCOL, C. B. Consumer trends in bakery market: Understanding of consumer perspectives and preferences for functional bakery products in Slovakia. **Ekonomika poľjoprivredy**, v.73, n.2, p.619-632, 2026. <https://doi.org/10.59267/ekoPolj2602619P>

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>

RIVERA, A. M. P.; TORO, C. R.; · LONDOÑO, L.; · BOLIVAR, G.; ASCACIO, J. A.; AGUILAR, C. N. Bioprocessing of pineapple waste biomass for sustainable production of bioactive compounds with high antioxidant activity. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v.17, p.586-606, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01627-4>
RODA, A.; LAMBRI, M. Food uses of pineapple waste and by-products: a review. **International Journal of Food Science and Technology**, v.54, n. 4, p.1009-1017, 2019. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14128>

SALAFIA, F.; FERRACANE, A.; TROPEA, A. Pineapple waste cell wall sugar fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* for second generation bioethanol production. **Fermentation**, v.8, n.3, p.100, 2022. <https://doi.org/10.3390/fermentation8030100>

SANTOS, C. V. M.; VIEIRA, I. M. M.; SANTOS, B. L. P.; SOUZA, R. R.; RUZENE, D. S.; SILVA, D. P. Biosurfactant production from pineapple waste and application of experimental design and statistical analysis. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v.195, p.386-400, 2023. <https://doi.org/10.1007/s12010-022-04159-1>

SANTOS, D. C.; LEITE, D. D. F.; LISBÔA, J. F.; FERREIRA, J. P. L.; SANTOS, F. S.; LIMA, T. L. B.; FIGUEIREDO, R. M. F.; COSTA, T. N. Modelling and thermodynamic properties of the drying of acuri slices. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.22, p.e2018031, 2019. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.03118>

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>

SENGAR, A. S.; SUNIL, C. K.; RAWSON, A.; VENKATACHALAPATHY, N. Identification of volatile compounds, physicochemical and techno-functional properties of pineapple processing waste (PPW). **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 16, n. 2, p. 1146-1158, 2022. <http://dx.doi.org/10.1007/s11694-021-01243-8>

SHI, M.; CUI, Y.; DU, Z.; ZHANG, Q.; LIU, H.; WU, J.; ZHENG, M.; LIU, J. Nutritional quality changes and non-enzymatic browning reactions in corn during hot-air drying and their correlation study. **Food Chemistry**, v.517, p.149539, 2026. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2026.149539>

SILVA, J. L.; RODRIGUES, M. H. B. S.; SILVA, T. I.; COSTA, F. B.; SALES, G. N. B.; SOUSA, V. F. D. O.; NASCIMENTO, A. M.; MACÊDO, L. F.; GADELHA, T. M.; ALCÂNTARA, C. M.; SILVA, O. S. Bioactive compounds and antioxidants of *Sarcomphalus joazeiro* fruit flour under processing methods and drying temperatures. **Waste and Biomass Valorization**, v.17, n.2, p.697-715, 2026. <https://doi.org/10.1007/s12649-025-03134-1>

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>

SINGH, M. K.; HAN, S.; JU, S.; RANBHISE, J. S.; AKTER, S.; KIM, S. S.; KANG, I. Fruit carbohydrates and their impact on the glycemic index: A study of key determinants. **Foods**, v.1, n.4, p. 646, 2025. <https://doi.org/10.3390/foods14040646>

SOUSA, M. S. B.; VIEIRA, L. M.; SILVA, M. J. M.; LIMA, A. Caracterização nutricional e compostos antioxidantes em resíduos de polpas de frutas tropicais. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 3, p. 554-559, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-70542011000300017>

SOUZA, L. S.; ALBUQUERQUE JUNIOR, N. M.; LIMA, D. A.; AMORIM, T. A.; SILVA, A. B. M.; VILAR, S. B. O.; PACHECO, C. S.; G. R.; ARAÚJO, A. J. B. Aproveitamento do resíduo agroindustrial de abacaxi submetido ao processo de secagem para elaboração de barra de cereais. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, p. e33101421713, 2021. R <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.21713>

SRIKAEAO, K. Clean label approach for thai-style condiment sauces and pastes. **Food Studies: An Interdisciplinary Journal**, v.15, n.1, p.25-42, 2024. <https://doi.org/10.18848/2160-1933/CGP/v15i01/25-42>

TRAN, T. V.; NGUYEN, D. T. C.; NGUYEN, T. T. T.; NGUYEN, D. H.; ALHASSAN, M.; JALIL, A. A.; NABGAN, W.; LEE, T. A critical review on pineapple (*Ananas comosus*) wastes for water treatment, challenges and future prospects towards circular economy. **Science of the Total Environment**, v.856, p.158817, 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158817>

VALENTE, P. P. S. S. **Desidratação osmótica e secagem de abacaxi (*Ananás Comosus* (L.) Merrill), variedade pérola**. 2007. 183 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) –Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

VIDINAMO, F.; FAWZIA, S.; KARIM, M. A. Investigation of the effect of drying conditions on phytochemical content and antioxidant activity in pineapple (*Ananas comosus*). **Food and Bioprocess Technology**, v.15, p.72-81, 2022. <https://doi.org/10.1007/s11947-021-02715-x>

VIEIRA, I. M. M.; SANTOS, B. L. P.; SANTOS, C. V. M.; RUZENE, D. S.; SILVA, D. P. Valorization of pineapple waste: A review on how the fruit's potential can reduce residue generation. **BioEnergy Research**, v.15, p.924-934, 2022. <https://doi.org/10.1007/s12155-021-10318-9>

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>

WANG, X.; LI, X.; SUN, M.; LIU, H.; LENG, Y.; JIANG, B.; ZHAO, J.; REN, D.; WANG, J. Ultrasound-assisted maillard reaction: A novel strategy for debittering, flavor enhancement, and antioxidant activity improvement of walnut peptides. **Food Chemistry: X**, v.36, p.103958, 2026. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2026.103958>

WEE, M. Y. J.; AZELEE, N. I. W.; PACHELLES, S.; MURAD, A. M. A.; BAKAR, F. D. A.; ILLIAS, R. M. Bioconversion of pineapple pomace for xylooligosaccharide synthesis using surface display of xylanase on *Escherichia coli*. **Biomass Conversion And Biorefinery**, v. 12, n. 12, p. 6003-6014, 2022. <http://dx.doi.org/10.1007/s13399-020-01041-0>

ZAMPAR, G. G.; ZAMPAR, I. C.; SOUZA, S. B. S.; SILVA, C.; BARROS, B. C. B. Effect of solvent mixtures on the ultrasound-assisted extraction of compounds from pineapple by-product. **Food Bioscience**, v.50, p.102098, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102098>

ZHANG, Q.; WANG, Y.; HE, X.; MENG, W.; WANG, L.; ZHANG, Y.; MU, G.; ZHANG, G. Impact of heat transfer modes on drying kinetics, thermodynamics, and quality attributes of kelp (*Saccharina japonica*). **Journal of Food Process Engineering**, v.49, n.5, p.e70583, 2026. <https://doi.org/10.1111/jfpe.70583>

ZHANG, Y.; XU, Z.; XIE, T.; ZHANG, W.; HE, Y.; LIU, C. In vitro selection and identification of a cold-tolerant variant in pineapple (*Ananas comosus*). **Horticulture**,

Environment, and Biotechnology, v.63, p.275-286, 2022. <https://doi.org/10.1007/s13580-021-00396-1>

ZHENG, P.; WU, J.; LI, D.; XIE, S.; CAI, X.; XIAO, Q.; WANG, J.; YAO, Q.; CHEN, S.; LIU, R.; LIANG, Y.; ZHANG, Y.; DENG, B.; QIN, Y.; WANG, X. Comparative metabolomics analysis of four pineapple (*Ananas comosus* L. Merr) varieties with different fruit quality. **Plants**, v.14, n.15, p.2400, 2025. <https://doi.org/10.3390/plants14152400>

ZZAMAN, W.; BISWAS, R.; HOSSAIN, M. A. Application of immersion pre-treatments and drying temperatures to improve the comprehensive quality of pineapple (*Ananas comosus*) slices. **Heliyon**, v. 7, n. 1, p. e05882, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05882>