



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DA VITÓRIA

AMANDA NAYANE DA SILVA RIBEIRO

**FARINHA DO RESÍDUO DO ABACAXI: CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA
BIOACESSIBILIDADE *IN VITRO* DE COMPOSTOS BIOATIVOS**

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DA VITÓRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO, ATIVIDADE FÍSICA E
PLASTICIDADE FENOTÍPICA - PPGNAFPF

AMANDA NAYANE DA SILVA RIBEIRO

FARINHA DO RESÍDUO DO ABACAXI: CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA
BIOACESSIBILIDADE *IN VITRO* DE COMPOSTOS BIOATIVOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Nutrição, Atividade Física e Plasticidade Fenotípica da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Nutrição.

Orientadora: Christine Lamenha Luna Finkler
Coorientadores: Thyago Moreira de Queiroz
Leandro Finkler

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO
2023

Catálogo na Fonte
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFPE. Biblioteca Setorial do CAV.
Bibliotecária Jaciane Freire Santana CRB-4/2018

Ribeiro, Amanda Nayane da Silva.

Farinha do resíduo do abacaxi: caracterização e avaliação da bioacessibilidade in vitro de compostos bioativos /Amanda Nayane da Silva Ribeiro - Vitória de Santo Antão, 2023.

100 f.; il., fig., tab.

Orientadora: Christine Lamenha Luna Finkler.

Coorientador:Thyago Moreira de Queiroz.

Coorientador: Leandro Finkler.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, CAV, Pós-graduação em Nutrição, Atividade Física e Plasticidade Fenotípica - PPGNAFPF, 2023.

Inclui referências, apêndices e anexo.

1. Ananas. 2. Antioxidantes 3.Tecnologia de Alimentos. 4. Compostos Fitoquímicos. I. Finkler, Christine Lamenha Luna (Orientadora). II. Queiroz, Thyago Moreira de (Coorientador). III. Finkler, Leandro (Coorientador). IV. Título.

664 CDD (23. ed.)

BIBCAV/UFPE - 01/2024

AMANDA NAYANE DA SILVA RIBEIRO

**FARINHA DO RESÍDUO DO ABACAXI: CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA
BIOACESSIBILIDADE *IN VITRO* DE COMPOSTOS BIOATIVOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Nutrição, Atividade Física e Plasticidade Fenotípica da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Nutrição.

Aprovado em: 28/11/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof^o. Dra. Christine Lamenha Luna Finkler (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dra. Mariane Cajuba de Britto Lira Nogueira (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dra. Roberta Albuquerque Bento da Fonte (Examinadora Externa)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dra. Viviane Lansky Xavier de Souza Leão (Examinadora Externa)
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho aos meus pais, Silvania Maria Silvestre da Silva Ribeiro e João Luna Ribeiro Filho, pelo amor, dedicação, educação, direcionamento e por serem o que tenho de mais importante nesta vida. Que Deus nos abençoe sempre.

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida, por nos condicionar por caminhos de conhecimento, pelo discernimento, apoio, por acreditar em nós e nunca nos fazer desistir, livrando-nos sempre e nos protegendo.

Aos meus pais, Silvania Maria e João Luna, exemplos de dignidade, esforço e amor, por sempre terem proporcionado a mim e aos meus dois irmãos, uma educação excelente e irretocável, por nos proporcionar condições de crescimento através da educação e, por sempre acreditarem em nosso potencial.

A minha irmã, Ayane Ribeiro, pelo seu carinho, suporte e apoio sempre presente. Por sempre torcer por mim e me fazer acreditar que seria possível.

Ao meu irmão, João Arthur, pelo companheirismo e apoio.

Ao meu noivo, Helder Vasconcelos, pelo amor, paciência e compreensão, por ser tranquilidade e se fazer sempre presente, acreditando em meus sonhos.

A minha orientadora, Prof. Dra. Christine Finkler, pelo suporte, oportunidade, confiança, paciência e direcionamento na construção deste trabalho.

Aos professores co-orientadores, Thyago Queiroz e Leandro Finkler, pelas contribuições e suporte.

Aos técnicos Gabriel e Silvio, pelo tempo dedicado, pela ajuda ao longo das realizações das análises e pelo conhecimento transmitido e compartilhado.

Aos amigos que contribuíram na construção desta etapa em minha formação.

A Amanda, pelo suporte nas análises na construção deste trabalho.

A todos os professores do Centro Acadêmico de Vitória, que me acolheram e me incentivaram ao longo do percurso.

Aos membros da banca, pelas valiosas contribuições e tempo dispensado.

Obrigada!

“Até aqui o Senhor nos ajudou”. (BÍBLIA, 1 Samuel 7:12).

RESUMO

O abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill) é uma fruta tropical rica em minerais, ácidos orgânicos, vitamina C e compostos fenólicos, e os resíduos gerados pelo seu processamento, como cascas, coroa e bagaço, são muitas vezes descartados de maneira inadequada, mas podem ser empregados na produção de aditivos alimentares. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi determinar a composição nutricional, parâmetros físico-químicos, os compostos bioativos e a capacidade antioxidante presentes em farinhas de resíduos do abacaxi e avaliar a sua bioacessibilidade *in vitro*. Os abacaxis utilizados foram adquiridos em supermercado localizado no município de Caruaru/PE e os resíduos foram coletados em indústria de processamento de polpas, em Agrestina/PE. Os resíduos da fruta (casca, coroa e bagaço) e da indústria foram processados para a obtenção das farinhas, sendo caracterizadas quanto a sua composição centesimal, pH, teor de sólidos solúveis, atividade de água, compostos fenólicos totais, flavonoides, capacidade antioxidante, teor de vitamina C e análise microbiológica. A bioacessibilidade dos compostos bioativos em condições simuladas de digestão gastrointestinal também foi investigada. Os resultados indicam que a maior fração percentual da fruta corresponde à polpa ($72,57 \pm 1,59$ %), enquanto os maiores rendimentos de farinha foram observados para a farinha da casca ($15,36 \pm 0,34$ %). As farinhas da casca e da coroa e do resíduo industrial apresentaram um teor de umidade inferior a 15 %, conforme padrão de qualidade estabelecido pela legislação vigente. As maiores concentrações de proteína foram observadas para as amostras de farinha de coroa ($7,27 \pm 0,91$ % e $7,03 \pm 0,25$ %), e a farinha da casca apresentou percentuais de lipídeos de $0,64 \pm 0,20$ % e $0,70 \pm 0,01$ %, similares ao encontrado para a farinha do resíduo ($0,70 \pm 0,01$ %). Para todas as amostras avaliadas, verificou-se uma quantidade acima de 70 % de carboidratos. Os valores de pH variaram de 3,78 a 4,39, e a atividade de água foi inferior a 0,60 para todas as farinhas estudadas, o que indica uma adequada estabilidade microbiológica. A maior concentração de compostos fenólicos foi encontrada na farinha de resíduo industrial ($1055,56 \pm 27,11$ mgAG/100 g de farinha), que também apresentou o maior teor de flavonoides (809 ± 53 mg de quercetina/100g de farinha). A farinha da casca foi a amostra que apresentou o maior valor de capacidade antioxidante ($38,7 \pm 2,5$ μ mol de Trolox/g de amostra). Os fenólicos apresentaram um elevado percentual de bioacessibilidade, variando de 89,7 % e 84,4 % para as farinhas do bagaço da polpa e do resíduo, respectivamente, enquanto que os percentuais de bioacessibilidade para os flavonoides variaram de 38,1 % para a farinha do bagaço da polpa a 51,0-55,2 % para as amostras de farinha do resíduo, casca e coroa. A concentração de ácido ascórbico na farinha do resíduo foi de $1185,02 \pm 198,25$ mg/100g, e após a digestão simulada a concentração diminuiu para $283,32 \pm 34,52$ mg/100g, resultando num percentual de bioacessibilidade de $23,9 \pm 1,7$ %. As capacidades antioxidantes pós-digestão foram de $7,82 \pm 0,35$, $10,7 \pm 0,92$ e $13,69 \pm 1,37$ μ mol Eq. Trolox (TE)/g amostra para as farinhas do bagaço da polpa, farinha da coroa e farinha do resíduo, respectivamente. Todas as amostras apresentaram qualidade microbiológica que atendem à legislação vigente. Os resultados indicam que as farinhas dos resíduos do abacaxi são importantes fontes naturais de compostos nutricionais e bioativos.

Palavras-chave. *Ananas comosus*; antioxidantes; biodisponibilidade; compostos bioativos.

ABSTRACT

Pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merrill) is a tropical fruit rich in minerals, organic acids, vitamin C and phenolic compounds, and the waste generated by its processing, such as peels, crown and pomace, are often discarded inappropriately, but can be used in the production of food additives. In this context, the objective of this study was to determine the nutritional composition, physicochemical parameters, bioactive compounds and antioxidant capacity in pineapple waste flour and evaluate their *in vitro* bioaccessibility. The pineapples used were purchased from a supermarket located in Caruaru/PE and the waste was collected from a pulp processing industry in Agrestina/PE. Fruit residues (peel, crown and pomace) and industrial residue were processed to obtain flour, being characterized in terms of their centesimal composition, pH, soluble solids content, water activity, total phenolic compounds, flavonoids, antioxidant capacity, vitamin C content and microbiological analysis. The bioaccessibility of bioactive compounds under simulated gastrointestinal digestion conditions was also investigated. The results indicate that the largest percentage fraction of the fruit corresponds to the pulp ($72.57 \pm 1.59\%$), while the highest flour yields were observed for the peel flour ($15.36 \pm 0.34\%$). The flours of peels, crown and industrial residue had a moisture content less than 15%, in accordance with the quality standard established by current legislation. The highest protein concentrations were observed for crown flour samples ($7.27 \pm 0.91\%$ and $7.03 \pm 0.25\%$), and peel flour presented lipid percentages of $0.64 \pm 0.20\%$ and $0.70 \pm 0.01\%$, similar to what was found for the residue flour ($0.70 \pm 0.01\%$). For all samples evaluated, an amount above 70% of carbohydrates was found. The pH values ranged from 3.78 to 4.39, and the water activity was less than 0.60 for all flours studied, which indicates adequate microbiological stability. The highest concentration of phenolic compounds was found in industrial waste flour (1055.56 ± 27.11 mgAG/100 g of flour), which also had the highest flavonoid content (809 ± 53 mg of quercetin/100g of flour). The peel flour was the sample that presented the highest value of antioxidant capacity (38.7 ± 2.5 μ mol of Trolox/g of sample). Phenolics showed a high percentage of bioaccessibility, varying from 89.7% and 84.4% for pulp pomace flour and industrial residue flour, respectively, while the percentages of bioaccessibility for flavonoids varied from 38.1% for pulp pomace flour at 51.0-55.2% for residue, peel and crown flour samples. The concentration of ascorbic acid in the residue flour was 1185.02 ± 198.25 mg/100g, and after simulated digestion the concentration decreased to 283.32 ± 34.52 mg/100g, resulting in a bioaccessibility percentage of $23.9 \pm 1.7\%$. The post-digestion antioxidant capacities were 7.82 ± 0.35 , 10.7 ± 0.92 and 13.69 ± 1.37 μ mol Trolox Eq. (TE)/g sample for pulp pomace flour, flour crown and residue flour, respectively. All samples presented microbiological quality that complied with current legislation. The results indicate that pineapple residue flours are important natural sources of nutritional and bioactive compounds.

Key words: *Ananas comosus*; antioxidants; bioavailability; bioactive compounds.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Segmentação das partes (polpa, coroa e casca) para o processamento e obtenção das farinhas.	36
Figura 2 – Cascas do abacaxi após o procedimento de trituração.	37
Figura 3 – Bagaço úmido extraído da polpa do abacaxi.	37
Figura 4 – Processamento da coroa do abacaxi.	37
Figura 5 – Distribuição das frações dos resíduos (casca, coroa e bagaço) para secagem em estufa a 55 °C.	38
Figura 6 – Amostra do resíduo industrial obtido de uma indústria de processamento de polpa de frutas.	39
Figura 7 – Condições encontradas no trato gastrointestinal e simulação <i>in vitro</i>	46
Figura 8 – Secagem de resíduo industrial de abacaxi submetido à desidratação em estufa na temperatura de 55 °C.	50
Figura 9 – Concentração de compostos fenólicos em amostras de farinha da casca, farinha do bagaço da polpa e farinha da coroa do abacaxi e da farinha do resíduo industrial do processamento da fruta.	54
Figura 10 – Concentração de flavonoides em amostras de farinha da casca, farinha do bagaço da polpa e farinha da coroa do abacaxi e da farinha do resíduo industrial do processamento da fruta.	54
Figura 11 – Capacidade antioxidante em amostras de farinha da casca, farinha do bagaço da polpa e farinha da coroa do abacaxi e da farinha do resíduo industrial do processamento da fruta.	55
Figura 12 – Concentração de compostos fenólicos totais em amostras de farinha da casca, farinha do bagaço da polpa e farinha da coroa do abacaxi e da farinha do resíduo industrial do processamento da fruta, antes e após a simulação da digestão gastrointestinal.	56
Figura 13 – Concentração de flavonoides em amostras de farinha da casca, farinha do bagaço da polpa e farinha da coroa do abacaxi e da farinha do resíduo industrial do processamento da fruta, antes e após a simulação da digestão gastrointestinal.	57
Figura 14 – Concentração de ácido ascórbico em amostras de farinha da casca, farinha do bagaço da polpa e farinha da coroa do abacaxi e da farinha do resíduo industrial do processamento da fruta.	58
Figura 15 – Capacidade antioxidante em amostras de farinha da casca, farinha do bagaço da polpa e farinha da coroa do abacaxi e da farinha do resíduo industrial do processamento da fruta, antes e após a simulação da digestão gastrointestinal.	60
Figura 16 – Aspecto visual dos frutos do abacaxi utilizados no presente estudo (Fonte: CEAGESP, 2003)	61
Figura 17 – Moléculas de Ácido ferúlico e Ácido p-cumárico	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Rendimento percentual do abacaxi das frações casca, polpa e coroa....	49
Tabela 2 – Rendimento percentual das farinhas de casca, bagaço da polpa e coroa.	49
Tabela 3 – Composição centesimal das farinhas da casca, bagaço da polpa e da coroa do abacaxi.	51
Tabela 4 – Composição centesimal da farinha do resíduo industrial do processamento do abacaxi.....	51
Tabela 5 – Valores de pH, °Brix e atividade de água para as farinhas da casca, bagaço da polpa e da coroa do abacaxi.....	53
Tabela 6 – Percentuais de bioacessibilidade para os compostos fenólicos, flavonoides e ácido ascórbico	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Ácido ascórbico
AG	Ácido gálico
ABTS	2,2-azinobis 3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico
ANOVA	Análise de variância
Aw	Atividade de água
CBAS	Compostos Bioativos
CEAGESP	Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo
DPPH	2,2-difenil-1-picril-hidrazil
HCl	Ácido clorídrico
IAL	Instituto Adolfo Lutz
LDL	Low density lipoprotein
NaHCO ₃	Hidrogenocarbonato de sódio
pH	Potencial hidrogeniônico
SST	Sólidos solúveis totais
TBCA	Tabela Brasileira de Composição de Alimentos
TGI	Trato gastrointestinal
UFC	Unidade formadora de colônia

LISTA DE SÍMBOLOS

ppm	Partes por milhão
rpm	Rotação por minuto
°C	graus Celsius

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 Abacaxi (<i>Ananas comusus L. Merril</i>).....	17
2.2 Cultivo de abacaxi no Brasil.....	18
2.3 Resíduos de frutas	20
2.4 Aplicações de farinhas de resíduos de frutas	23
2.5 Compostos bioativos	27
2.6 Bioacessibilidade de compostos bioativos	30
3 HIPÓTESE	33
4 OBJETIVOS.....	34
4.1 Objetivo geral	34
4.2 Objetivos específicos.....	34
5 MATERIAIS E MÉTODOS	35
5.1 Obtenção do abacaxi e processamento da fruta.....	35
5.2 Obtenção das farinhas da casca, coroa e bagaço do abacaxi	36
5.3 Obtenção do resíduo industrial do abacaxi e da farinha do resíduo.....	38
5.4 Caracterização físico-química das farinhas.....	39
5.4.1 Composição centesimal	39
5.4.2 Potencial hidrogeniônico (pH)	41
5.4.3 Atividade de água (Aw)	41
5.4.4 Sólidos solúveis totais	41
5.5 Extração dos compostos bioativos	42
5.6 Quantificação dos compostos bioativos.....	42
5.6.1 Compostos fenólicos totais.....	42
5.6.2 Vitamina C.....	43
5.6.3 Flavonoides	44
5.7 Capacidade antioxidante	44
5.8 Determinação da bioacessibilidade <i>in vitro</i> dos compostos bioativos.....	45
5.9 Análise microbiológica da farinha do resíduo.....	46
5.10 Análise estatística	47
6 RESULTADOS.....	48

6.1 Processamento das frutas e obtenção das farinhas.....	48
6.2 Caracterização físico-química das farinhas obtidas a partir das frações da fruta e do resíduo	50
6.2.1 <i>Composição centesimal</i>	50
6.2.2 <i>pH, Atividade de água e sólidos solúveis totais.....</i>	52
6.3 Determinação dos compostos fenólicos totais, flavonoides e capacidade antioxidante das farinhas dos resíduos da fruta e do resíduo industrial.....	53
6.4 Determinação da bioacessibilidade <i>in vitro</i> dos compostos bioativos.....	55
6.5 Caracterização da análise microbiológica da farinha do resíduo	60
7 DISCUSSÃO	61
7.1 Processamento das frutas e obtenção das farinhas.....	61
7.2 Caracterização físico-química das farinhas obtidas a partir das frações da fruta e do resíduo	64
7.3 Determinação dos compostos fenólicos totais, flavonoides e capacidade antioxidante das farinhas dos resíduos da fruta e do resíduo industrial.....	68
7.3.1 <i>Compostos fenólicos totais e flavonoides.....</i>	68
7.3.2 <i>Capacidade antioxidante</i>	72
7.4 Determinação da bioacessibilidade <i>in vitro</i> dos compostos bioativos.....	74
7.5 Caracterização da análise microbiológica da farinha do resíduo	77
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
REFERÊNCIAS.....	80
ANEXOS	96

1 INTRODUÇÃO

O abacaxi (*Ananas comosus* L. Merril) é uma planta tropical frutífera perene pertencente à família *bromeliaceae* e subfamília *bromeliodeae* (PACHECO *et al.*, 2022), seu consumo ocorre na forma *in natura* ou processada. O Brasil é um dos maiores centros produtores de abacaxi, tendo em 2020 sua maior exportação (FAOSTAT, 2022; VILLALOBOS; RODRÍGUEZ; GUTIÉRREZ, 2023), e os resíduos gerados do processamento apresentam altas concentrações de compostos bioativos, que asseguram efeitos antioxidantes, gastroprotetores e anticarcinogênicos (RIVERA *et al.*, 2022; MUNIZ *et al.*, 2023).

As frutas, vegetais e hortaliças são fontes naturais de um grande número de compostos bioativos (CBAs) (SAQUET; DE LIMA *et al.*, 2019; CHIM, 2020). Os CBAs presentes nesses alimentos vem sendo cada vez mais estudados para o entendimento da ação dessas substâncias como promotoras de benefícios à saúde (KARIMI *et al.*, 2021; CIRÍACO; MENDES; CARVALHO, 2023).

Um composto bioativo caracteriza-se pela habilidade de interação com componentes do tecido vivo, consideram-se não essenciais, pelo não desempenho, de forma simultânea, do papel nutricional e bioativo. No primeiro caso, é requerida a degradação do composto ou molécula para liberar energia para o funcionamento do organismo e seu desenvolvimento, no segundo, ocorre a interação do composto com o tecido vivo (ELIAS; PHILIPPI, 2019; KARIMI *et al.*, 2021).

Demonstra-se uma relação positiva entre componentes funcionais dos alimentos e a prevenção ou mesmo o tratamento de diversas doenças crônicas não transmissíveis, além de benefícios à saúde gastrointestinal e propriedades antienvhecimento (DHALARIA *et al.*, 2020; ALI *et al.*, 2022; KAMILOGLU;

CAPANOGLU; JAFARI, 2022; RIBAS *et al.*, 2023).

O abacaxi apresenta altos níveis de compostos fenólicos, carotenoides e vitamina C (LASUNON *et al.*, 2022; KUMAR; GARG; DUREJA, 2023). Os compostos fenólicos são responsáveis pelo amargor, adstringência, sabor, cor e estabilidade oxidativa (XU *et al.*, 2022). A vitamina C é um antioxidante natural considerado essencial ao organismo humano, sujeita à oxidação com facilidade quando exposta à luz, calor e oxigênio (ZHITKOVICH, 2020; PATEL *et al.*, 2020).

Os carotenoides são pigmentos lipossolúveis que condicionam a coloração laranja, amarela e vermelha presentes em vegetais, estão relacionados à amplas funções para a saúde humana, destacando-se atividade de provitamina A, atividade antioxidante, anti-inflamatória, anti-obesidade e anticancerígena, além de melhorar a saúde óssea (FERREIRA *et al.*, 2021).

A eficácia destes compostos é determinada pela biodisponibilidade e bioacessibilidade. Desta forma, entende-se que a quantidade total dessas moléculas presentes nos alimentos não reflete a quantidade absorvida e metabolizada pelo organismo (CARBONELL-CAPELLA *et al.*, 2014). As tecnologias de processamento e as condições de armazenamento dos alimentos, dentre outros fatores, podem influenciar e melhorar a biodisponibilidade de compostos bioativos (DIMA *et al.*, 2020; TCHABO *et al.*, 2022; DLUDLA *et al.*, 2023).

Considerando o potencial de aproveitamento dos resíduos gerados pelo processamento de frutas como aplicação em ingredientes funcionais, o objetivo deste estudo foi determinar a composição nutricional, os parâmetros físico-químicos, os compostos bioativos e a capacidade antioxidante presentes em farinhas de resíduos do abacaxi e avaliar a sua bioacessibilidade *in vitro*.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Abacaxi (*Ananas comusus L. Merril*)

O abacaxizeiro é uma planta perene de crescimento lento e de sistema radicular superficial, o que a torna mais suscetível à interferência de plantas daninhas, que são concorrentes por água, luz e nutrientes (MAIA *et al.*, 2018; VALVERDE; CHAVES, 2020; DA SILVA *et al.*, 2022; JOSHI; PATEL, 2022). A competição pode ocorrer em todos os estágios de desenvolvimento, afetando negativamente o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da planta. Esta se desenvolve predominantemente em locais com características de clima quente e seco ou com chuvas irregulares, e seu cultivo possui um ciclo entre 12 e 24 meses (SELHORST *et al.*, 2017; CARVALHO *et al.*, 2018; PRUDÊNCIO DOS SANTOS *et al.*, 2022).

O abacaxi (*Ananas comusus L. Merril*) é uma importante fonte de vitaminas, minerais e antioxidantes, e seu consumo é associado a benefícios à saúde (ALI *et al.*, 2022; SARKAR *et al.*, 2020a). Além do sabor delicioso, é uma fonte rica de nutrientes essenciais como potássio, cálcio, vitamina C, cobre, vitamina B9 e fibras (Nath *et al.*, 2023). Quanto a composição nutricional, o abacaxi apresenta, por 100 gramas de parte comestível, 0,9 g de proteína, 0,1 g de lipídeos, 12,3 g de carboidratos e 1 g de fibra alimentar, com um teor de umidade de 86,3 %. É uma fruta rica em minerais, ácidos orgânicos, bromelina e antioxidantes como os carotenoides, compostos fenólicos e vitamina C (TACO, 2011; MOHSIN *et al.*, 2020; LASUNON *et al.*, 2022; ADUMANYA, 2022).

Sendo uma boa fonte de carotenoides, a coloração da polpa do abacaxi é atribuída à presença do β -caroteno, sendo responsável por cerca de 35 % dos

pigmentos totais. Os carotenoides β -caroteno, α -caroteno e criptoxantina se destacam por sua atividade pró-vitamina A, sendo convertida em vitamina A ou retinol após ingestão (SARKAR, 2020b; KUMARA; HETTIGE, 2020; STEINGASS *et al.*, 2020; GOMEZ *et al.*, 2022).

Um estudo recente identificou a presença 26 tipos de compostos fenólicos em amostras de abacaxis desidratados, dentre eles os ácidos gálico, salicílico, cafeico e ferúlico, além de flavonoides como catequinas, kaempferol e naringenina, demonstrando uma quantidade relevante de compostos antioxidantes na fruta (JUNCAL-GUZMAN *et al.*, 2021). A vitamina C é um antioxidante natural considerado essencial ao organismo humano e que pode sofrer oxidação com facilidade quando exposta à luz, calor e oxigênio (GREGORY, 2019). Sharma *et al.* (2016) encontraram um teor de vitamina C em abacaxi de 51,97 mg/100 g da fruta.

O abacaxi é considerado a nível mundial uma das frutas de maior importância devido ao sabor e aroma singular, sendo consumida principalmente *in natura*, além de passar por processamento adicional para produção de sucos pasteurizados, derivados enlatados, lanches práticos desidratados, frutas em calda e geleias que geram resíduos primordialmente empregados para a alimentação animal (LANDAU; SILVA, 2020; DE SANTANA *et al.*, 2020; DE AZEVEDO MAIA *et al.*, 2020; PANDIT *et al.*, 2020).

2.2 Cultivo de abacaxi no Brasil

O Brasil é considerado um dos maiores produtores mundiais de frutas, com colheitas superiores a 40 milhões de toneladas por ano (VIDAL, 2021; KIRST *et al.*, 2021; DE OLIVEIRA *et al.*, 2022). De acordo com Statista (2020), os três maiores produtores mundiais de abacaxi são Costa Rica (3328,1 toneladas), Filipinas

(2747,86 toneladas) e Brasil (2426,53 toneladas). A área plantada com abacaxi no Brasil no ano de 2020 foi de cerca de 65 mil hectares, onde foram colhidos aproximadamente 2,45 milhões de toneladas (FAO, 2020). As regiões do Brasil que mais se destacam quanto à produção de abacaxis são Norte e Nordeste (BRASIL, 2020).

O abacaxi é um dos frutos tropicais mais importantes do mundo, cultivado principalmente em zonas entre os trópicos (YANFANG *et al.*, 2023). De acordo com Brasil (2020), na região Norte a produção de abacaxi predomina no estado do Pará que, na média do período 2012 e 2018, foi responsável pela colheita de 68,20% da produção regional, com crescimento produtivo no período de cerca de 35%, sobretudo devido ao aumento da área de plantio (77%).

Em virtude da grande extensão territorial, o Nordeste possui diferentes condições de clima e solo favoráveis à produção de grande diversidade de frutas e hortaliças durante o ano todo (OLIVEIRA *et al.*, 2019; VIDAL, 2021; BRAINER, 2021). Levando em consideração os polos de irrigação, o Vale do Submédio São Francisco é uma região que apresenta capacidade de produção de frutas durante os 12 meses do ano por contar com as águas do Rio São Francisco para a irrigação, e por isso é o maior polo produtor de frutas do país (LIMA; PEDROSO, 2020). Em relação à produção de abacaxi, a maior produção concentra-se no estado da Paraíba, que no período entre 2012 e 2018 produziu 51,49% do total regional.

O Estado de Pernambuco ocupa a 14ª posição no *ranking* de produção de abacaxis no país, com uma área colhida de 1.553 hectares e uma produção de 33.494 toneladas. As regiões produtoras que mais se destacaram no estado foram a Zona da Mata, com uma produção de 18.323 toneladas, e o Agreste, com uma produção de 13.116 toneladas. O cultivo da fruta nestas regiões fortalece a

agricultura familiar, sendo uma importante fonte de renda local. De acordo com o censo agropecuário de 2017 do IBGE (IBGE, 2017), a produção proveniente de agricultura familiar gerou R\$ 107 bilhões, o que corresponde a 23 % da produção agropecuária do país.

É importante destacar que as frutas e hortaliças são produtos altamente perecíveis, o que dificulta o armazenamento por períodos prolongados, mesmo sendo possível a utilização de câmaras frias para aumentar o tempo de vida útil. Em geral, demandam muita mão-de-obra durante a produção, a colheita, o acondicionamento, o transporte e a comercialização, e envolvem riscos relacionados ao clima que influenciam a safra, a concorrência do mercado internacional e o próprio funcionamento do mercado de frutas e hortaliças (RODRIGUES *et al.*, 2019; LIMA; PEDROSO, 2020; DA ROCHA, 2022).

Mesmo considerando estas dificuldades, as condições brasileiras para a produção de abacaxi, visando o mercado interno e externo, asseguram-lhe vantagens quando comparadas aos países concorrentes, devido ao clima favorável, grande disponibilidade de área e tecnologia associada ao cultivo. De fato, a cultura do abacaxi apresenta destaque na fruticultura, tanto pela qualidade do fruto, quanto pela sua alta rentabilidade e importância social, uma vez que representa uma atividade que requer elevada mão-de-obra na área rural (DIÓGENES *et al.*, 2019; SAMPAIO *et al.*, 2022).

2.3 Resíduos de frutas

No sistema de produção dos alimentos, o desperdício atinge cerca de um terço dos produtos aptos ao consumo humano, resultando no não aproveitamento de

1,3 bilhão de toneladas de alimentos no mundo, o que consequentemente gera prejuízos no âmbito econômico, social e ambiental. As variadas situações geradoras de perda e desperdício de alimentos estão associadas a todos os níveis do sistema produtivo, gerando perdas substanciais de alimentos (PATRA *et al.*, 2020; KUMAR *et al.*, 2022; SINGH *et al.*, 2022).

O dinâmico processamento de frutas e hortaliças no Brasil gera, além de variados produtos, um percentual de resíduos que pode chegar a 50% da matéria-prima total utilizada, considerando as partes não comestíveis (SOUSA, 2009; CAVALCANTI *et al.*, 2010; DOS SANTOS *et al.*, 2020). Estes resíduos são derivados das etapas dos processos industriais com potencial utilização para o desenvolvimento de insumos, ingredientes e produtos de interesse da indústria alimentícia, mantendo os nutrientes e compostos bioativos que não seriam aproveitados (EMBRAPA 2016; ALVES *et al.*, 2020; VASCONCELOS *et al.*, 2023).

As frutas provenientes de climas temperados são caracterizadas por maiores porções comestíveis e produção moderada de resíduos como cascas, talos, bagaços, sementes e caroços, o que pode ser verificado em uvas e maçãs, por exemplo. Em contrapartida, observa-se uma maior formação de resíduos em frutas nativas de climas tropical e subtropical, tais como laranja, banana, melancia, manga e abacaxi (VARZAKAS *et al.*, 2016; BISHT *et al.*, 2020).

Resíduos provenientes de frutas e hortaliças contém um teor substancial de proteínas, carboidratos, lipídeos poliinsaturados, fibras e antioxidantes importantes para a saúde humana (MARQUES *et al.*, 2013, AIN *et al.*, 2020; KUMAR *et al.*, 2020). Apresentam boas fontes de vitaminas, minerais, fibras e compostos bioativos que incentivam o interesse da utilização desses subprodutos no enriquecimento de alimentos, aplicando-se de forma sustentável na produção de aditivos alimentares

naturais (MELQUIADES *et al.*, 2013; SHIRAHIGUE; CECCATO-ANTONINI, 2020).

Durante o processamento do abacaxi, uma grande quantidade de resíduos sólidos biodegradáveis é gerada a partir da coroa, da casca, do talo central e da base, correspondendo a até 40% do peso total do fruto. Além destes resíduos, o manejo inadequado da fruta e a exposição a um ambiente adverso pode levar a um percentual de desperdício de 50% (NATH *et al.*, 2023).

Esse cenário representa um significativo desafio, sendo necessária a utilização eficiente e ecologicamente correta dos resíduos de abacaxi para agregação de valor aos resíduos. Devido à abundante disponibilidade de fitoquímicos, antioxidantes e compostos fenólicos, são necessárias abordagens biotecnológicas e robustas para o desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva da fruta (BHATIA *et al.*, 2021). De acordo com Ullah *et al.* (2022), é necessária a abordagem de uma economia circular baseada na integração de vários processos para converter resíduos de abacaxi em uma ampla gama de compostos e produtos industrialmente importantes, levando a um cenário de desperdício zero.

Estudos para o aproveitamento desses resíduos são realizados para o desenvolvimento de produtos acessíveis de alto valor nutricional, tanto na indústria alimentícia quanto na farmacêutica, uma vez que apresentam elevado teor de compostos bioativos (SOUZA *et al.*, 2020; BAIDHE *et al.*, 2021; MEENA *et al.*, 2021; RIVERA *et al.*, 2022).

A indústria alimentícia contemporânea tem demonstrado crescente interesse quanto ao aproveitamento de farinhas de resíduos de frutas, utilizando-os como ingredientes na fabricação de produtos de confeitaria, de panificação, destilados, entre outros, para melhorar suas propriedades tecnológicas. Esta estratégia visa a reformulação do processamento de alimentos geralmente consumidos com a

finalidade de modificar suas características nutricionais, a fim de incrementar os benefícios à saúde utilizando componentes de interesse a um baixo custo (RAMÍREZ-PULIDO *et al.*, 2021; MUNTEAN *et al.*, 2022; MOREIRA *et al.*, 2022).

2.4 Aplicações de farinhas de resíduos de frutas

Uma das alternativas potencialmente comerciais utilizadas para o aproveitamento de resíduos de frutas é o processamento em farinhas (BRITO *et al.*, 2019; LARROSA; OTERO, 2021; AMORIM *et al.*, 2022). Vários são os estudos que avaliam a utilização e as propriedades benéficas que as farinhas de resíduos de frutas proporcionam.

Storck *et al.* (2015) analisaram a composição centesimal de farinhas de resíduos de sucos de acerola, laranja, maçã e uva, e verificaram que a granulometria influenciou no valor nutricional, com potencial de interferir na aplicabilidade em diferentes produtos alimentícios. Foram identificados também elevados teores de fibras e proteínas em todas as farinhas analisadas. As farinhas dos resíduos de laranja e uva apresentaram os maiores teores de polifenóis totais, demonstrando o seu potencial para o enriquecimento de produtos alimentícios com antioxidantes e fibras.

Helm *et al.* (2014) desenvolveram uma farinha fibrosa de pupunheira a qual foi obtida do resíduo de talo do palmito em conserva. O rendimento dessa farinha foi considerado satisfatório, sendo observados altos valores de fibra alimentar e baixo teor de calorias. A concentração de fibras foi representada majoritariamente pelas insolúveis, as quais tem a função de estimular o movimento peristáltico e e proporcionar o melhoramento do trânsito intestinal. A farinha foi considerada uma

alternativa favorável para a formulação de alimentos funcionais e suplementos alimentares destinados ao funcionamento intestinal.

O interesse quanto à produção de farinha de resíduos de frutas e hortaliças se expande para matérias-primas que tem seu potencial de aplicabilidade pouco conhecido, e um exemplo disso é a feijoa. A feijoa (*Acca sellowiana*) é uma espécie frutífera exótica nativa da região Sul do Brasil (MORETTO; NODARI; NODARI, 2022) considerada uma superfruta devido aos seus elevados níveis de compostos bioativos como compostos fenólicos, flavonoides e carotenoides. Almeida *et al.* (2020) avaliaram as propriedades da farinha produzida a partir da casca de feijoa e identificaram elevados teores de fibras nas amostras, predominando as insolúveis, altas concentrações de minerais, ácidos galacturônico e glicurônico, flavonoides e carotenoides. O estudo evidenciou a viabilidade do uso da farinha de resíduo de feijoa como fonte de compostos bioativos para aplicação em produtos alimentícios sustentáveis e funcionais.

Nos estudos relacionados às farinhas obtidas a partir de resíduos da indústria de alimentos, as farinhas de resíduos de frutas recebem maior destaque. Como exemplo, tem-se a farinha de resíduo da casca de maracujá, pelas suas propriedades antioxidantes, com potencial utilização em barra de cereal ou outros produtos com o objetivo de aumentar a viscosidade, capacidade de gelificação e estabilização da emulsão (BORDIM *et al.*, 2018; LIMA *et al.*, 2018) assim como, as farinhas de resíduos de uva (TUFFI *et al.*, 2021; MONTEIRO *et al.*, 2021) e acerola (ZEGARRA *et al.* 2018; MONTEIRO *et al.*, 2020).

A farinha de resíduo de abacaxi também vem ganhando notoriedade (SOUZA *et al.*, 2020; FORTES *et al.*, 2020). Souza *et al.* (2020) obtiveram uma farinha de resíduo da casca desidratada de abacaxi para ser utilizada na produção de biscoitos

tipo *cookie*, visando substituir parcialmente a farinha de trigo comum para agregar valor nutricional. Os resultados de análise sensorial indicaram um bom índice de aceitação e satisfatórios atributos de aparência, cor, sabor e textura dos *cookies*, os quais foram obtidos com a utilização de até 10 % de farinha de resíduo de abacaxi no produto elaborado.

Toledo *et al.* (2019) produziram biscoitos com farinha de resíduos de abacaxi como uma alternativa para aumentar a capacidade antioxidante de *cookies*. Os resultados obtidos indicaram que a substituição parcial da farinha de trigo está associada a um efeito positivo sobre a concentração de fenólicos totais e capacidade antioxidante. Neste estudo, foi observado no produto elaborado maiores concentrações dos compostos fenólicos, ácido p-cumárico, ácido vanílico e ácido salicílico e do grupo dos flavonoides foi identificada a catequina.

Análises da caracterização físico-química da farinha de resíduos de abacaxi indicam alto teor de fibras, sobretudo as insolúveis, e essa concentração é influenciada pelo estágio de maturação do fruto e das partes tradicionalmente não comestíveis que foram utilizadas (SANTOS *et al.*, 2017; FORTES *et al.*, 2020). Outro componente importante presente no abacaxi e em seus resíduos é a enzima bromelina, utilizada como agente digestivo e anti-inflamatório, e presente em maior concentração na casca do abacaxi (RICO *et al.*, 2020; OWOEYE *et al.*, 2022; FABIYI, 2022; SARANGI *et al.*, 2022). Desse modo, a utilização da farinha de resíduos de abacaxi é promissora tendo em vista sua composição rica em compostos bioativos, vitaminas e minerais, somadas às suas propriedades benéficas a saúde como efeitos antidiabéticos, hipolipemiantes e prevenção de danos oxidativos (RICO *et al.*, 2020).

Freitas *et al.* (2014) destacaram o potencial da farinha de resíduo de abacaxi

como fonte de componentes bioativos com atividade antioxidante. Os resultados evidenciaram um teor de vitamina C maior na forma de ácido L-ascórbico na farinha de resíduo obtida da casca quando comparada à farinha obtida do talo central. A diferença na concentração da vitamina C entre a casca e o talo central do abacaxi pode estar relacionada às diferenças entre a composição e estruturas dos tecidos vegetais, bem como a uma melhor resposta da casca do abacaxi aos estresses externos do meio ambiente. Quanto aos carotenoides, o betacaroteno foi o principal composto encontrado em ambas as farinhas de resíduos, embora no resíduo da casca a concentração tenha sido maior. Essa diferença pode ser atribuída aos fitoquímicos serem produzidos pelas plantas com a finalidade de proteção contra agentes externos, e consequentemente a maior síntese ocorrer nos tecidos externos (FREITAS *et al.*, 2015).

Estudos recentes de farinha de resíduos de abacaxi incluem sua utilização para a fabricação de cookies (JOSE *et al.*, 2022), sorvete probiótico (CARNEIRO *et al.*, 2022) e avaliação de propriedades prebióticas (CAMPOS *et al.*, 2020; BYRESH *et al.*, 2023).

Dessa forma, as farinhas obtidas de partes não convencionais de alimentos têm potencial para serem alternativas na elaboração de diversos produtos, visando o enriquecimento nutricional de formulações alimentícias. Outra alternativa é a obtenção de extratos das farinhas dos resíduos, cuja composição de compostos fenólicos é de principal interesse para a indústria de alimentos. Esses compostos demonstram potencial aplicabilidade para a conservação de alimentos, podendo ser empregados como ingrediente funcional ou aditivo natural (SOUZA *et al.*, 2021).

2.5 Compostos bioativos

Os compostos bioativos são definidos como substâncias com atividade biológica que apresentam capacidade de modular processos metabólicos, promovendo melhores condições de saúde a partir da atividade antioxidante, inibição ou indução de enzimas e inibição de expressão gênica (SHIRAHIGUE; CECCATO-ANTONINI, 2020; CAPORALI *et al.*, 2022). As frutas e hortaliças possuem estes componentes protetores essenciais, fornecendo grandes quantidades de vitaminas, minerais, carboidratos, proteínas, fibra alimentar, entre outros compostos nutracêuticos com efeitos benéficos contra várias doenças (SEPTEMBRE-MALATERRE *et al.*, 2018; SHARMA *et al.*, 2021).

Nesse grupo de alimentos, as moléculas de interesse incluem fibras, vitaminas, minerais, flavonoides, fitoestrogênios, compostos sulfurados, monoterpenos e peptídeos bioativos. Os fitoquímicos, compostos sintetizados pelas plantas, compreendem os carotenoides, clorofila, betalaínas, polifenóis, terpenos, fitoesteróis, limonenos, glicosinolatos, flavonoides como antocianinas, flavonas e flavonóis, entre outros (SEPTEMBRE-MALATERRE *et al.*, 2018; SHARMA *et al.*, 2021; LIU; LI; HO, 2022; XU *et al.*, 2022; CARPENA *et al.*, 2022).

A maioria desses compostos ajuda na manutenção da boa saúde por estimularem o sistema imune ou modularem o funcionamento de outras reações metabólicas no organismo, com efeitos antioxidantes, antimicrobianos, hipolipemiantes, neuroprotetores, hepatoprotetores, anti-idade, diuréticos, antidiabéticos e imunomoduladores. Estudos indicam que uma dieta rica em frutas e hortaliças tem um impacto positivo em várias condições crônicas, como obesidade, diabetes, doenças cardiovasculares e neurodegenerativas (SEPTEMBRE-

MALATERRE *et al.*, 2018; SHARMA *et al.*, 2021; NYANCHOKA *et al.*, 2022).

Um fator importante considerado no aumento recente de consumo de frutas e hortaliças frescas é que os consumidores consideram que a ingestão desses nutrientes pode auxiliar no aumento da imunidade (LIMA; PEDROSO, 2020; KIRST *et al.*, 2021). Com isso, a relação entre alimentação e saúde recebeu maior notoriedade, pois, se sabe que frutas e hortaliças são ricas em vitaminas, sais minerais, fibras e fitoquímicos e o seu consumo diário traz vários benefícios para a saúde (THAKUR *et al.*, 2020; SARKAR *et al.*, 2022).

Os compostos bioativos presentes nos resíduos de frutas e hortaliças agregam o valor nutricional desses subprodutos e a sua ingestão regular está correlacionada a efeitos como um bom funcionamento intestinal, redução dos níveis de colesterol no sangue e melhores controles glicêmicos e resposta a insulina. Apesar de possuírem várias propriedades benéficas, as alternativas viáveis para utilização dos resíduos de plantas e hortaliças na indústria alimentícia ainda são escassas, sendo geralmente utilizados no final do sistema produtivo como fertilizantes ou como alimentação animal (TOLEDO *et al.*, 2019).

Estas substâncias presentes nos alimentos, principalmente os derivados de vegetais, podem agir de diferentes maneiras tanto considerando seus mecanismos de ação, como seus alvos no organismo. A ação mais comum desses compostos é a antioxidante, que se deve ao potencial de óxido-redução de determinadas moléculas, à capacidade dessas moléculas em competir por sítios ativos e receptores nas diversas estruturas celulares ou, ainda, à modulação da expressão de genes que codificam proteínas envolvidas em mecanismos intracelulares de defesa contra processos oxidativos degenerativos de estruturas celulares, tais como DNA e membranas (AGUILAR-MÉNDEZ *et al.*, 2020; DE OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Compostos bioativos como os compostos fenólicos e os carotenoides presentes nas frutas podem ser benéficos com relação à proteção das células do organismo. Dessa forma, os vegetais representam a maior fonte de antioxidantes naturais obtidos pela alimentação. Estes compostos têm demonstrado resultados promissores no combate ao estresse oxidativo, tanto em sistemas biológicos, como em alimentos e em modelos *in vitro* (BORGES *et al.*, 2020).

Os compostos fenólicos presentes nas frutas e hortaliças são derivados do metabolismo secundário das plantas e são relacionados à pigmentação da planta, à capacidade antioxidante e conferem características sensoriais aos alimentos, tais como cor, aroma, pungência e adstringência. Vários compostos fenólicos são descritos na literatura, predominando nas frutas os flavonoides e os ácidos fenólicos (TOLEDO *et al.*, 2019).

Os frutos do abacaxi contêm altos teores de carotenoides, destacando-se o α -caroteno, o β -caroteno e a criptoxantina devido a atividade provitamina A. Além disso, os carotenoides detêm ação antioxidante, protegendo células e tecidos dos danos causados pelos radicais livres, fortalecendo o sistema imunológico. O abacaxi apresenta também altos níveis de compostos fenólicos e vitamina C, o qual é um potente antioxidante. Os compostos fenólicos conferem amargor, adstringência, sabor, cor e estabilidade oxidativa em frutas e hortaliças, e sua atividade antioxidante confere propriedade anti-inflamatória em células humanas e inibição de enzimas hidrolíticas e oxidativas, além da capacidade de sequestrar os radicais livres. A vitamina C protege as membranas celulares e as lipoproteínas do dano oxidativo. Ao contrário dos compostos fenólicos, que são rapidamente metabolizados, a vitamina C possui alta biodisponibilidade, sendo assim, um dos antioxidantes mais importantes nas células (FERREIRA *et al.*, 2016; KUMAR; RIZVI, 2022).

Santos *et al.* (2021) avaliaram a atividade antioxidante pelos métodos DPPH – 2,2-difenil-1-picril-hidrazil, FRAP – método de redução do ferro, e ABTS – 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) de farinhas de resíduo de casca e talo de abacaxi, observando elevada atividade antioxidante da farinha de resíduo comparada as amostras de polpa. Também foi avaliada a atividade da bromelina, sendo verificado que a ingestão de 7 g da farinha de resíduo obtida a partir das cascas foi equivalente ao consumo de uma cápsula padrão de bromelina utilizada para facilitar a digestão.

Considerando suas propriedades e efeitos benéficos, os compostos bioativos tem demonstrado um potencial promissor para a indústria de alimentos, além disso, o interesse em optar por aditivos naturais aos sintéticos tornam os compostos bioativos uma alternativa cada vez mais atrativa.

2.6 Bioacessibilidade de compostos bioativos

Apesar dos compostos bioativos presentes na dieta atuarem na manutenção da saúde, faz-se necessário reconhecer que o efeito protetor às doenças crônicas parece não se repetir pela sua ingestão isolada, na forma de suplementos. Estudos clínicos em que a dieta foi suplementada com β -caroteno, vitamina C ou vitamina E demonstraram que essas substâncias isoladas na matriz do alimento não foram eficazes na redução de risco às doenças crônicas, indicando que fatores como a biodisponibilidade, bioacessibilidade e a ação sinérgica, entre outras condições, atuam nesse processo (BASTOS *et al.*, 2009).

Além disso, concentração total de um composto bioativo presente em um alimento não indica o seu valor nutricional real, uma vez que a concentração total de

um nutriente presente nesta matriz alimentar pode não ser liberada e utilizada durante a absorção pelo organismo durante a digestão. Além disso, componentes presentes na matriz alimentar também podem interferir na absorção (NARITA *et al.*, 2022).

Diante disso, os estudos sobre a bioacessibilidade dos nutrientes recebem destaque. A bioacessibilidade é definida como a quantidade ou fração de um componente ou composto bioativo específico presente na matriz dos alimentos que é liberada no trato gastrointestinal e torna-se disponível para absorção no organismo (RODRIGUEZ *et al.*, 2016; COSTA *et al.*, 2020).

A quantificação da fração de componentes liberados pela matriz alimentar que se torna disponível para absorção após o processo de digestão pode ser realizada por métodos *in vivo* e *in vitro*. Os métodos *in vitro* permitem um controle das etapas do processo de digestão gastrointestinal, possibilitando uma estimativa efetiva da fração bioacessível e posterior indicação de estudos *in vivo* (NARITA *et al.*, 2022).

As análises da bioacessibilidade de compostos fenólicos e outros antioxidantes de matrizes sólidas são importantes pois apenas os compostos liberados da matriz alimentar e/ou absorvidos no intestino delgado são biodisponíveis e aptos a serem utilizados para funções do organismo, exercendo efetivamente seus efeitos benéficos (DIAS *et al.*, 2020).

Em um estudo para avaliar a interferência da presença de fibra alimentar sobre a bioacessibilidade dos compostos fenólicos em polpa liofilizada de abacaxi, foi observado que as frações de fibra alimentar não representaram maior limitação em relação a bioacessibilidade dos compostos fenólicos em abacaxi a partir de ensaios de digestão *in vitro*. Todavia, a bioacessibilidade dos compostos fenólicos presentes na amostra ocorreu gradualmente durante as diferentes fases da digestão

in vitro, ou seja, a exposição dos compostos fenólicos a diferentes condições de pH do trato gastrointestinal representou um fator limitante das propriedades antioxidantes (VELDERRAIN-RODRIGUEZ *et al.*, 2016).

Campos *et al.* (2020) apresentaram a bioacessibilidade de frações presentes em farinha de resíduos de abacaxi obtidas da casca e talo central, através de modelo simulando o trato gastrointestinal *in vitro*. Os resultados obtidos para bioacessibilidade dos compostos fenólicos evidenciaram que após a fase de digestão duodenal, os compostos fenólicos diminuíram, levando ao aumento da atividade antioxidante total. Os autores concluíram que as farinhas de resíduos de abacaxi representam um sistema natural de liberação controlada de compostos fenólicos com alta capacidade antioxidante (CAMPOS *et al.*, 2020).

Em vista disso, o conhecimento sobre a bioacessibilidade dos compostos bioativos presentes nos produtos alimentares demonstra relevância. Ainda mais, considerando que na literatura há poucos achados científicos sobre a bioacessibilidade dos compostos bioativos de farinha de resíduos de abacaxi.

Desta forma, destaca-se a importância de integração de técnicas de processamento para o desenvolvimento de novos produtos e o aproveitamento integral dos alimentos, fortalecendo o crescimento sustentável e contribuindo para o emprego de resíduos alimentares como fontes de compostos promotores da saúde.

3 HIPÓTESE

As farinhas obtidas a partir dos resíduos de abacaxi contém compostos bioativos com propriedades antioxidantes e bioacessíveis, e podem ser uma alternativa tecnológica no enriquecimento de produtos alimentícios.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Determinar a composição nutricional, parâmetros físico-químicos e compostos bioativos, e avaliar a capacidade antioxidante e bioacessibilidade *in vitro* dos compostos bioativos de farinhas de resíduos do abacaxi.

4.2 Objetivos específicos

- Obter farinhas a partir de resíduos provenientes do abacaxi (casca, coroa e bagaço) e de resíduos do processamento de indústria produtora de polpa de frutas;
- Determinar a composição centesimal das farinhas;
- Caracterizar as farinhas em termos do pH, atividade de água, sólidos solúveis totais, vitamina C, flavonoides e compostos fenólicos totais;
- Determinar a capacidade antioxidante das farinhas dos resíduos;
- Avaliar as características microbiológicas da farinha do resíduo do processamento de indústria produtora de polpa de frutas;
- Determinar a bioacessibilidade *in vitro* de compostos bioativos presentes nas farinhas dos resíduos.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Obtenção do abacaxi e processamento da fruta

Os abacaxis (*Ananas comosus* L. Merril) foram adquiridos em supermercado local no município de Caruaru/PE, Brasil. As frutas foram processadas em duas amostras diferentes (amostra 1 em janeiro de 2022 e amostra 2 em maio de 2022). A amostra 1 contendo 3 unidades da fruta e amostra 2 com 5 unidades de abacaxi.

As frutas foram selecionadas com tamanhos semelhantes, com adequado aspecto visual, cor amarela escura uniforme, contendo em parte alguns pontos esverdeados. No laboratório de tecnologia dos alimentos, os abacaxis foram lavados em água corrente e, em seguida, mergulhados em solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm, por 15 minutos. Após este processo, as frutas foram lavadas novamente em água potável corrente para retirar o resíduo do produto. Posteriormente, os abacaxis foram descascados com auxílio de uma faca simples, separando-se as suas partes entre polpa, coroa e as cascas, conforme ilustra a Figura 1, e as porcentagens das frações foram determinadas pesando-se as amostras em triplicata. Em seguida, as amostras foram processadas imediatamente para a obtenção das farinhas.

Figura 1 – Segmentação das partes (polpa, coroa e casca) para o processamento e obtenção das farinhas.



Fonte: (Autora, 2023).

5.2 Obtenção das farinhas da casca, coroa e bagaço do abacaxi

As frações de casca e coroa foram submetidas separadamente a aquecimento em água a 90°C por 30 minutos, para eliminação de possíveis patógenos e inativação de enzimas proteolíticas (SAH *et al.*, 2015).

Posteriormente, as amostras das cascas foram trituradas em multiprocessador (Oster, MPR871) (Figura 2). Em relação à amostra da polpa, o suco foi extraído para a obtenção do bagaço (Figura 3) utilizando-se o multiprocessador (Oster, MPR871), enquanto para a manipulação da coroa, dispensou-se a utilização do processador, tendo a fração da coroa o seu fracionamento utilizando corte manual com faca de inox, conforme ilustra a Figura 4. Em seguida, as amostras do abacaxi (casca, coroa e bagaço) foram distribuídas em bandejas e levadas à estufa de secagem e esterilização (SOLAB, SL-100) a 55 °C no laboratório multifuncional II, em relação ao resíduo do abacaxi obtido da indústria, foi realizada a curva de secagem até peso constante, com amostras de 10g retiradas no intervalo de 12h, sendo submetidas a secagem em estufa em

tempo total para umidade de equilíbrio de 48 horas (Figura 5).

Figura 2 – Cascas do abacaxi após o procedimento de trituração.



Fonte: (Autora, 2023)

Figura 3 – Bagaço úmido extraído da polpa do abacaxi.



Fonte: (Autora, 2023).

Figura 4 – Processamento da coroa do abacaxi.



Fonte: (Autora, 2023).

Figura 5 – Distribuição das frações dos resíduos (casca, coroa e bagaço) para secagem em estufa a 55 °C.



Fonte: (Autora, 2023).

Após a secagem, as amostras foram moídas separadamente em moinho de facas (SOLAB, SL-32) para obtenção das farinhas. As frações foram quantificadas pela pesagem da massa antes e após cada etapa, e o rendimento das farinhas foi determinado pela razão entre a massa das amostras in natura e a massa das farinhas após o processamento em peneira de aço inox granulométrica com 48 mesh, resultando em uma farinha uniforme para os ensaios de extração de bioativos e bioacessibilidade.

As farinhas foram armazenadas em recipientes herméticos de vidro incolor com tampa de metal, capacidade de 500 mL, tamanho 8x5,3x5,3 cm e, acondicionadas sob refrigeração a 8 °C por 12 semanas para a realização das análises.

5.3 Obtenção do resíduo industrial do abacaxi e da farinha do resíduo

O resíduo industrial do abacaxi, conforme ilustrado na Figura 6, foi obtido a partir de uma indústria de processamento de polpas de frutas, localizada na cidade de Agrestina (PE, Brasil). O resíduo foi transportado sob refrigeração até o

laboratório de Tecnologia de Alimentos do Centro Acadêmico de Vitória da UFPE e congelado para posterior obtenção da farinha do resíduo.

O resíduo foi submetido à secagem a 55 °C por 48 h, de acordo com o mesmo procedimento descrito anteriormente, sendo retiradas amostras diárias para determinação do percentual de umidade residual.

Figura 6 – Amostra do resíduo industrial obtido de uma indústria de processamento de polpa de frutas.



Fonte: (Autora, 2023).

5.4 Caracterização físico-química das farinhas

5.4.1 Composição centesimal

A composição centesimal das farinhas dos resíduos (umidade, cinzas, lipídeos, proteínas e carboidratos) foi realizada de acordo com a metodologia do Instituto Adolpho Lutz (IAL, 2008), sendo os experimentos realizados em triplicata no laboratório de Bromatologia.

O teor de umidade foi determinado pelo método de secagem em estufa (SOLAB, SL-100) a 105°C, pesando-se as amostras em triplicata na balança

analítica (SHIMADZU, AUY 220), em cadinhos de porcelana previamente tarados até peso constante. Os resultados foram expressos em g/100g.

A determinação das cinzas foi realizada por incineração das amostras secas das farinhas em cadinhos de porcelana previamente tarados e aquecidos a 550°C em mufla (Jung® LF0613) durante 24 horas, as amostras foram carbonizadas e, em seguida, incineradas até a eliminação completa do carvão, restando um resíduo brando-acinzentado. Após essa etapa, as amostras foram acondicionadas em dessecador com sílica gel até atingir a temperatura ambiente, pesadas em balança analítica e calculado o percentual de cinzas.

Os lipídeos foram determinados em aparelho extrator Soxhlet, com extração contínua sob aquecimento por aproximadamente 6 horas. Após a evaporação do solvente, os balões foram aquecidos em estufa a 105 °C, pelo tempo mínimo de 3 horas, sendo devidamente acondicionados em dessecador até atingirem a temperatura ambiente, pesados em balança analítica e calculado o percentual lipídico.

A análise de proteínas foi realizada pelo método de Kjeldhal, a partir das etapas de digestão, destilação e titulação. Na etapa de digestão, a amostra é aquecida com ácido sulfúrico até que o carbono e o hidrogênio sejam oxidados. Nessa etapa, o nitrogênio da proteína é reduzido e transformado em sulfato de amônia. Segue-se com a destilação, adicionando-se hidróxido de sódio concentrado e aquecendo-se a amostra para a liberação da amônia dentro de 25 ml de solução de ácido bórico a 3,5 %, formando borato de amônia. O borato de amônia formado é então titulado com uma solução ácida de HCl padronizada, sendo realizada a leitura a partir do volume de ácido utilizado e calculado o percentual proteico.

As concentrações de carboidratos totais foram determinadas através de cálculo teórico (por diferença). Os resultados foram expressos em g/100g.

5.4.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

A determinação do pH das farinhas foi realizada utilizando-se um pH-metro (Tecnal modelo Tec-3MP) previamente calibrado, a partir da leitura direta do extrato obtido da suspensão de 10 g das amostras das farinhas em 100 mL de água destilada, imediatamente após a decantação (IAL, 2008). As análises foram realizadas em triplicata.

5.4.3 Atividade de água (Aw)

A atividade de água (Aw) foi determinada utilizando o equipamento portátil Pawkit Water Activity (Decagon®). As amostras das farinhas foram colocadas de forma homogênea no recipiente para amostras devidamente limpo. Em seguida, o recipiente foi acoplado ao equipamento e foi realizada a leitura direta no visor do dispositivo após 5 minutos. As análises foram realizadas em triplicata.

5.4.4 Sólidos solúveis totais

A quantificação dos sólidos solúveis totais (SST), expressa em °Brix, foi realizada por meio de leitura direta em refratômetro manual (VodexVx032SG) do extrato obtido de uma proporção de farinha/solvente de 1 g/100 ml, empregando-se como solvente uma mistura de etanol-água (80–20%), homogeneizadas, sendo posteriormente filtrados em papel filtro qualitativo 80 g/m². As análises foram

dispostas em lâmina de refração para leitura direta e realizadas em triplicata.

5.5 Extração dos compostos bioativos

A extração dos compostos bioativos das farinhas dos resíduos foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Lourenço et al (2021), com modificações. Foi utilizada uma proporção de farinha/solvente de 1 g/100 ml, empregando-se como solvente uma mistura de etanol-água (80–20%), homogeneizadas, sendo posteriormente filtrados em papel filtro qualitativo 80 g/m². A extração foi realizada colocando-se a amostra em repouso à temperatura ambiente (28 °C) por 25 min.

Após a extração, as amostras foram centrifugadas em uma centrífuga Marconi® por 10 minutos a 5.000 rpm. Em seguida, os sobrenadantes foram transferidos para frascos âmbar e congelados até o momento das análises.

5.6 Quantificação dos compostos bioativos

5.6.1 Compostos fenólicos totais

A determinação dos compostos fenólicos totais foi realizada utilizando-se a metodologia descrita por Mokrani & Madani (2016), pelo método de Folin-Ciocalteu. Um volume de 200 µL do extrato foi adicionado a tubos contendo 1 mL do reagente de Folin-Ciocalteu (previamente diluído 10x em água). Após adição de 0,8 mL de solução de carbonato de sódio (7,5 % p/v), os tubos foram imediatamente agitados em vórtice. A reação foi mantida por 30 min no escuro e a absorbância foi medida a 765 nm em espectrofotômetro (GENESYS 10S UV VIS), contra um branco de etanol 95 % (v/v). A concentração de compostos fenólicos foi

determinada a partir de uma curva de calibração empregando-se ácido gálico como padrão, na faixa de concentração de 10 a 100 $\mu\text{g/mL}$ (10 a 100 mg/L). Os valores de fenólicos totais foram expressos como equivalentes de ácido gálico (mg de ácido gálico/100 g de amostra em base eca). As análises foram realizadas em triplicata.

5.6.2 *Vitamina C*

O teor de vitamina C das amostras das farinhas foi determinado em triplicata pelo método de Tillmans, de forma que a vitamina C presente nas amostras fosse titulada com uma solução de 2,6-diclorofenol-indofenol, previamente padronizada com solução de ácido ascórbico.

A determinação de ácido ascórbico no extrato foi realizada a partir de uma amostra de 5 ml do extrato em Erlenmeyer de 125 mL, completando-se com 50 mL de água destilada e titulando-se a solução de Tillmans refrigerada, até o ponto de viragem. Realizou-se a titulação agitando-se constantemente até aparecimento de coloração ligeiramente rosada, permanente por 15 segundos. Anotou-se o volume de solução de Tillmans gasto que reagiu com a solução.

Para a aplicação do método, deve-se padronizar inicialmente a solução de Tillmans 0,02 % com 5 mL de solução de ácido ascórbico (50 mg/L) em Erlenmeyer de 125 mL, completar até 50 mL de água destilada e titular com a solução Tillmans refrigerada, até o ponto de viragem. O reagente é reduzido de azul a incolor e em meio ácido torna-se róseo. O teor de ácido ascórbico foi expresso em mg de ácido ascórbico/100 g de amostra em base seca.

5.6.3 Flavonoides

Para a determinação da concentração de flavonoides, foi empregado o método relatado por Phjimulyani et al. (2012). Um volume de 0,5 mL do extrato, bem como o padrão (quercetina), foi misturado com 1 mL de solução de tricloreto de alumínio/etanol a 2 % (m/v). O volume da mistura foi então completado para 25 mL com água em um balão volumétrico e deixado em repouso durante 40 minutos a 23 °C. A absorbância da amostra foi então medida a 415 nm (GENESYS 10S UV VIS). A concentração de flavonoides foi determinada a partir de uma curva de calibração empregando-se quercetina como padrão, na faixa de concentração de 0,1 a 2,0 g/L. Os resultados foram expressos em mg de equivalente de quercetina por 100 g de peso seco. As análises foram realizadas em triplicata.

5.7 Capacidade antioxidante

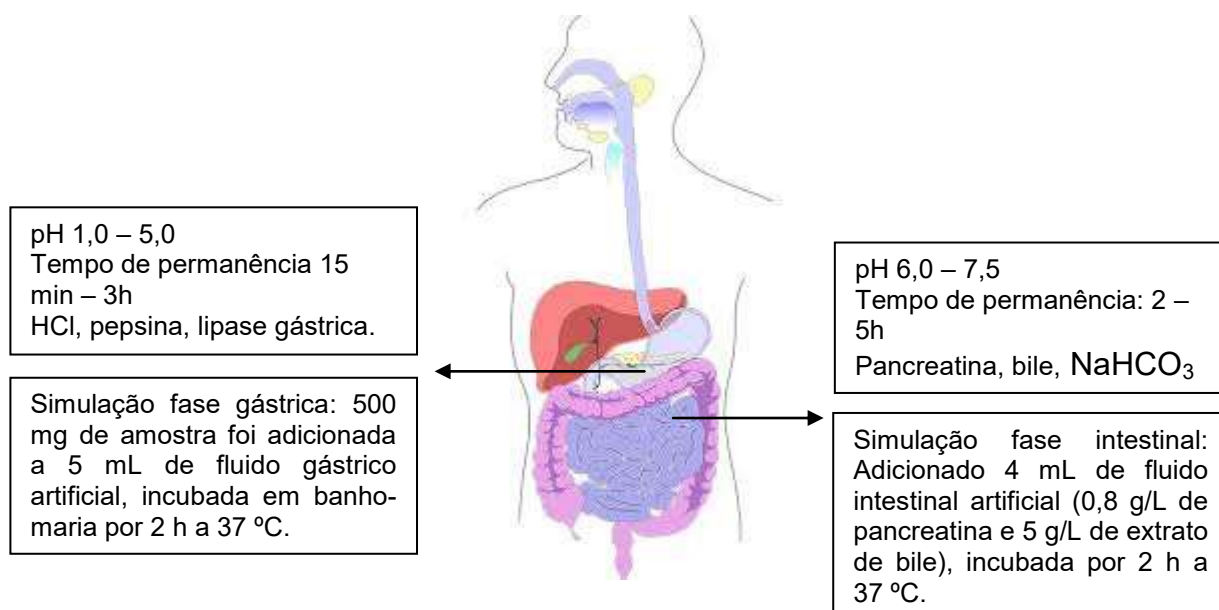
A atividade antioxidante foi quantificada pelo radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH), conforme descrito por Lourenço et al. (2020). Na ausência de luz, um volume de 0,1 mL do extrato foi adicionado a 3,9 mL da solução de DPPH, e a absorbância foi medida a 515 nm (GENESYS 10S UV VIS) após 40 min de repouso. A atividade antioxidante foi expressa como a capacidade antioxidante equivalente de Trolox (TE), quantificada como μmol de equivalentes de Trolox (TE)/g de amostra em base seca. As análises foram realizadas em triplicata. A curva padrão de Trolox foi construída com 5 pontos experimentais (50 a 600 μM de trolox).

5.8 Determinação da bioacessibilidade *in vitro* dos compostos bioativos

Os ensaios de bioacessibilidade *in vitro* foram realizados de acordo com a simulação da digestão gastrointestinal, conforme descrito por Helal *et al.* (2014), com modificações, tendo como objetivo simular os estágios oral, gástrico e intestinal da digestão com base na fisiologia humana.

Inicialmente, 500 mg de amostra foi adicionada a 5 mL de fluido gástrico artificial (pH 2,5; 300 U/mL de pepsina e 2 g/L de NaCl) em tubos de ensaio. A mistura foi incubada em banho-maria por 2 h a 37 °C. Em seguida, o pH foi ajustado para 7,5 com NaHCO₃ 0,1 M e então, 4 mL de fluido intestinal artificial (0,8 g/L de pancreatina e 5 g/L de extrato de bile) foram adicionados. A mistura foi novamente incubada por 2 h a 37 °C em banho-maria. A reação enzimática em cada fase foi interrompida por meio do resfriamento da mistura por 10 min em banho de gelo. Após a fase intestinal, obteve-se duas frações, uma fração sólida correspondente a parte metabolizada não absorvida, correspondente a fração que seria eliminada após passagem pelo intestino grosso e, uma fração líquida, após simulação digestória, estando apta para absorção, alíquotas foram retiradas para a determinação das concentrações de compostos bioativos. A digestão sem enzimas também foi realizada para distinguir o efeito do ambiente químico do efeito das enzimas digestivas. As análises foram realizadas em triplicata.

Figura 7 – Condições encontradas no trato gastrointestinal e simulação *in vitro*.



Fonte: Adaptado de Guerra *et al.* (2012).

O percentual de bioacessibilidade (B%) foi determinado de acordo com a equação abaixo:

$$B(\%) = \left(\frac{CBA_d}{CBA_a} \right) \times 100$$

Onde CBA_a e CBA_d são as concentrações dos compostos bioativos antes e depois da digestão *in vitro*, respectivamente.

5.9 Análise microbiológica da farinha do resíduo

A amostra da farinha do resíduo foi investigada quanto à possível presença de *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* e *Salmonella* sp. (APHA, 1992), conforme padrões microbiológicos para farinhas descritos na Instrução Normativa N° 161, de 1° de julho de 2022 – ANVISA (BRASIL, 2022). Os ensaios foram realizados em laboratório na empresa Aqualyse (Caruaru, PE, Brasil), em quintuplicata.

5.10 Análise estatística

Os resultados experimentais foram apresentados como médias $\pm$ desvio padrão (SD). O teste t de Student foi empregado para comparação entre duas médias, e a análise de variância simples (One way ANOVA) seguida do Teste de Tukey foi aplicada para múltiplas comparações. Uma diferença foi considerada estatisticamente significativa quando $p < 0,05$.

6 RESULTADOS

6.1 Processamento das frutas e obtenção das farinhas

Os resultados de rendimento percentual em casca, bagaço da polpa e coroa estão apresentados na Tabela 1 foram mensurados após o processamento da farinha em peneira, de acordo com as amostras estudadas. As análises foram realizadas no laboratório de Tecnologia de Alimentos do Centro Acadêmico de Vitória – CAV/UFPE.

Comparando-se os percentuais médios de rendimento obtidos para cada fração da fruta nas amostras 1 e 2, respectivamente, não foram observadas diferenças significativas para a casca ($21,26 \pm 1,46$ vs $21,47 \pm 1,92$; $p = 0,86$), bagaço da polpa ($72,50 \pm 1,24$ vs $72,62 \pm 1,91$; $p = 0,91$) e coroa ($5,83 \pm 1,40$ vs $5,19 \pm 1,15$; $p = 0,54$) de acordo com o teste t de *Student* para 95 % de confiança. Considerando as duas amostras em conjunto, a maior fração média da fruta corresponde ao bagaço da polpa ($72,57 \pm 1,59$) %, seguido da casca ($21,39 \pm 1,65$) % e da coroa ($5,43 \pm 1,20$) %.

Após a homogeneização das frações correspondentes à casca, bagaço da polpa e coroa de cada uma das amostras, estas foram pesadas em cada etapa do processamento, e os resultados de rendimento percentual das farinhas estão apresentados na Tabela 2. O tempo necessário para a secagem das amostras até peso constante foi de 4 dias.

Tabela 1 – Rendimento percentual do abacaxi das frações casca, polpa e coroa.

AMOSTRA 1*			
Fruta	% Casca	% Polpa	% Coroa
A	20,94	73,90	4,89
B	22,85	71,53	5,16
C	19,99	72,06	7,44
Média ± dp**	21,26 ± 1,46 ^a	72,50 ± 1,24 ^b	5,83 ± 1,40 ^c
AMOSTRA 2*			
Fruta	% Casca	% Polpa	% Coroa
A	22,37	72,83	4,01
B	23,87	69,26	6,05
C	19,63	73,80	6,29
D	22,11	73,73	3,89
E	19,37	73,46	5,73
Média ± dp**	21,47 ± 1,92 ^a	72,62 ± 1,91 ^b	5,19 ± 1,15 ^c

*Amostra 1 (janeiro de 2022) e amostra 2 (maio de 2022)

**Valores são expressos como média ± desvio padrão (dp) (n=3).

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de significância de 5% (p<0,05) quando aplicado o teste t de *Student*. Fonte: (Autora, 2023).

Após a homogeneização das frações correspondentes à casca, bagaço da polpa e coroa de cada uma das amostras, estas foram pesadas em cada etapa do processamento, e os resultados de rendimento percentual das farinhas estão apresentados na Tabela 2. O tempo necessário para a secagem das amostras até peso constante foi de 4 dias.

Tabela 2 – Rendimento percentual das farinhas de casca, bagaço da polpa e coroa.

Rendimento em farinha (%)		
Fração da fruta	Amostra 1*	Amostra 2*
Casca	15,60 ^a	15,12 ^a
Bagaço da polpa**	14,19 ^b	15,05 ^b
Coroa	12,28 ^c	10,63 ^c

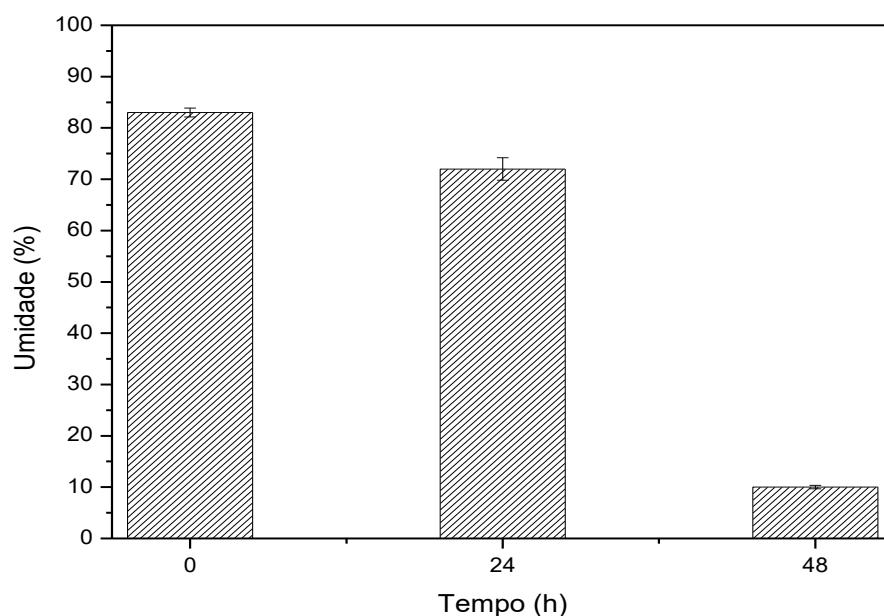
*Amostra 1 (janeiro de 2022) e amostra 2 (maio de 2022)

** A polpa foi processada para extração do suco e obtenção do bagaço.

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na mesma linha não diferem estatisticamente entre si ao nível de significância de 5% (p<0,05) quando aplicado o teste t de *Student*. Fonte: (Autora, 2023).

A Figura 8 mostra os percentuais de umidade obtidos durante a secagem do resíduo industrial de abacaxi a 55 °C.

Figura 8 – Secagem de resíduo industrial de abacaxi submetido à desidratação em estufa na temperatura de 55 °C.



Fonte: (Autora, 2023).

6.2 Caracterização físico-química das farinhas obtidas a partir das frações da fruta e do resíduo

As análises foram realizadas no laboratório de Bromatologia no Centro Acadêmico de Vitória – CAV/UFPE.

6.2.1 Composição centesimal

A Tabela 3 mostra a composição centesimal das farinhas da casca, do bagaço da polpa e da coroa do abacaxi nas duas amostras estudadas.

Pode-se observar uma variação na composição centesimal do teor de cinzas para a amostra de farinha da casca, assim como para os parâmetros de umidade,

cinzas, lipídeos e carboidratos para a amostra de farinha do bagaço da polpa. Por outro lado, não foram observadas diferenças na composição centesimal para as amostras de coroa.

A Tabela 4 mostra a composição centesimal da farinha do resíduo industrial do processamento do abacaxi.

Tabela 3 – Composição centesimal das farinhas da casca, bagaço da polpa e da coroa do abacaxi.

Parâmetro (base seca) (%)	AMOSTRA 1*	AMOSTRA 2*
Farinha da casca (média ± dp**)		
Umidade	8,88 ± 0,25 ^a	12,07 ± 1,26 ^a
Cinzas	9,23 ± 1,22 ^a	3,70 ± 0,00 ^b
Lipídeos	0,64 ± 0,20 ^a	0,70 ± 0,01 ^a
Proteínas	5,33 ± 0,38 ^a	4,70 ± 0,69 ^a
Carboidratos	75,91 ± 1,43 ^a	78,83 ± 1,87 ^a
Farinha do bagaço da polpa (média ± dp**)		
Umidade	17,79 ± 0,59 ^a	26,87 ± 1,51 ^b
Cinzas	4,26 ± 0,16 ^a	2,20 ± 0,00 ^b
Lipídeos	0,14 ± 0,09 ^a	0,43 ± 0,03 ^b
Proteínas	4,60 ± 0,44 ^a	4,47 ± 0,21 ^a
Carboidratos	73,21 ± 0,24 ^a	66,04 ± 1,47 ^b
Farinha da coroa (média ± dp**)		
Umidade	10,7 ± 0,3 ^a	10,4 ± 0,3 ^a
Cinzas	6,1 ± 0,9 ^a	5,2 ± 0,1 ^a
Lipídeos	1,65 ± 0,10 ^a	1,77 ± 0,06 ^a
Proteínas	7,27 ± 0,91 ^a	7,03 ± 0,25 ^a
Carboidratos	74,30 ± 1,29 ^a	75,53 ± 0,45 ^a

*Amostra 1 (janeiro de 2022) e amostra 2 (maio de 2022); **Valores são expressos como média ± desvio padrão (dp) (n=3); Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre si ao nível de significância de 5% (p<0,05) quando aplicado o teste t de Student. Fonte: (Autora, 2023).

Tabela 4 – Composição centesimal da farinha do resíduo industrial do processamento do abacaxi.

Parâmetro (base seca) (%)	Farinha do resíduo industrial (média ± dp*)
Umidade	12,47 ± 1,53
Cinzas	4,73 ± 0,12
Lipídeos	0,70 ± 0,01
Proteínas	5,07 ± 0,23
Carboidratos	77,04 ± 1,47

*Valores são expressos como média ± desvio padrão (dp) (n=3). Fonte: (Autora, 2023).

6.2.2. pH, Atividade de água e sólidos solúveis totais

A Tabela 5 mostra os resultados de pH, Sólidos Solúveis Totais (°Brix) e atividade de água para as farinhas da casca, bagaço da polpa e da coroa do abacaxi. Todas as farinhas apresentaram pH ácido, não sendo observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as amostras estudadas. Mas comparando-se os valores de pH entre as farinhas, os valores diferiram significativamente entre si ($p < 0,05$), sendo que o valor mais baixo de pH foi encontrado na farinha do bagaço.

A análise do teor de sólidos solúveis totais (°Brix) demonstrou que os valores diferiram tanto entre as amostras 1 e 2 quanto entre as amostras de farinha.

Os valores de atividade da água também se apresentaram estatisticamente distintos ($p < 0,05$) quando comparadas as amostras 1 e 2 e as amostras de farinha, exceto para as farinhas da casca e do bagaço da polpa para a amostra 2.

Todos os resultados obtidos de atividade de água estão adequados sob o ponto de vista de estabilidade microbiológica, pois valores inferiores a 0,60 limitam o crescimento microbiano (FRANCO; LANDGRAF, 2016). Dessa forma, pode-se afirmar que todas as farinhas apresentam baixa atividade de água e são pouco susceptíveis à degradação microbiológica.

Para a farinha do resíduo industrial, os resultados de pH, °Brix e atividade de água foram de $4,00 \pm 0,00$, $5,17 \pm 0,06$ e $0,39 \pm 0,00$, respectivamente.

Tabela 5 – Valores de pH, °Brix e atividade de água para as farinhas da casca, bagaço da polpa e da coroa do abacaxi.

	AMOSTRA 1*	AMOSTRA 2*
pH (média ± dp**)		
Farinha da casca	4,03 ± 0,06 ^{aA}	4,10 ± 0,01 ^{aA}
Farinha do bagaço da polpa	3,79 ± 0,01 ^{aB}	3,78 ± 0,00 ^{aB}
Farinha da coroa	4,23 ± 0,06 ^{aC}	4,56 ± 0,01 ^{bC}
°Brix (média ± dp**)		
Farinha da casca	6,07 ± 0,06 ^{aA}	4,37 ± 0,06 ^{bA}
Farinha do bagaço da polpa	1,87 ± 0,06 ^{aB}	8,90 ± 0,17 ^{bB}
Farinha da coroa	3,40 ± 0,17 ^{aC}	2,50 ± 0,00 ^{bC}
Aa (média ± dp**)		
Farinha da casca	0,56 ± 0,01 ^{aA}	0,49 ± 0,01 ^{bA}
Farinha do bagaço da polpa	0,53 ± 0,01 ^{aB}	0,48 ± 0,01 ^{bA}
Farinha da coroa	0,60 ± 0,01 ^{aC}	0,54 ± 0,00 ^{bB}

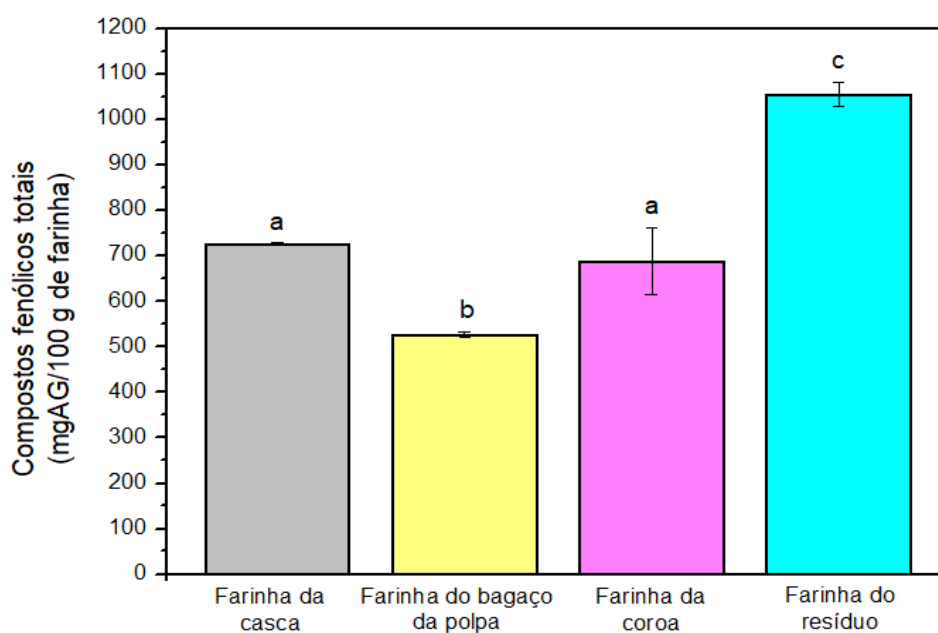
*Amostra 1 (janeiro de 2022) e amostra 2 (maio de 2022); **Valores são expressos como média ± desvio padrão (dp) (n=3); Médias seguidas de letras iguais minúsculas na mesma linha não diferem estatisticamente entre si ao nível de significância de 5% (p<0,05) quando aplicado o teste t de *Student*; Médias seguidas de letras iguais maiúsculas na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de significância de 5% (p<0,05) quando aplicado o teste de *Tukey*. Fonte: (Autora, 2023).

6.3 Determinação dos compostos fenólicos totais, flavonoides e capacidade antioxidante das farinhas dos resíduos da fruta e do resíduo industrial

De acordo com a Figura 9, os resultados obtidos evidenciam maior concentração de compostos fenólicos para as farinhas do resíduo industrial, seguido da farinha da casca e coroa (sem diferenças significativas entre si) e bagaço da polpa.

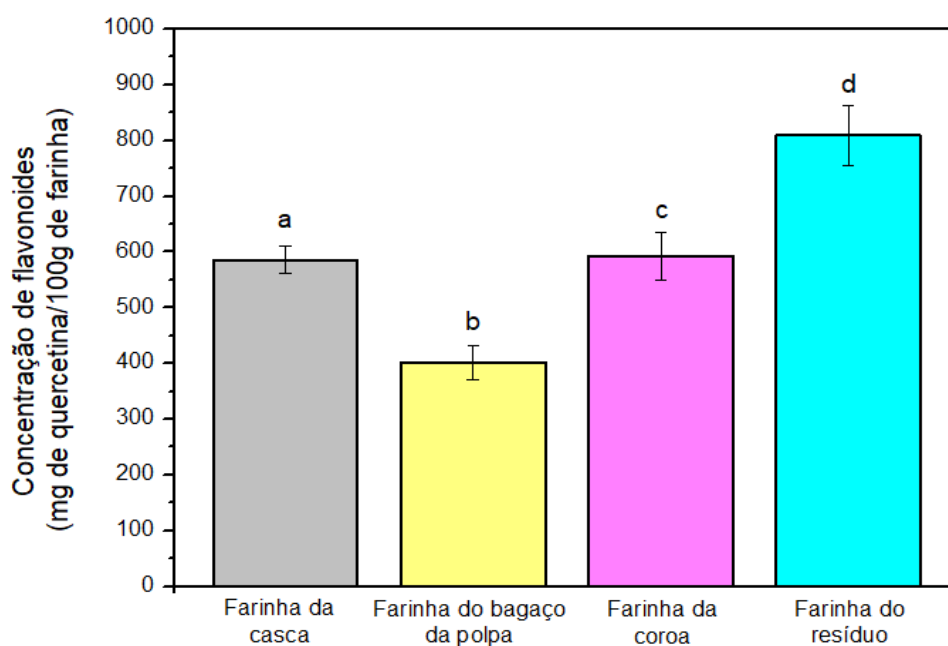
Entretanto, na Figura 10 pode-se observar que, para todas as frações analisadas, foi identificada uma concentração superior a 350 mg de quercetina, com valores que indicam diferença significativa entre as frações do abacaxi e resíduo da indústria, tendo-se maior concentração de flavonoides na farinha do resíduo quando comparada com as frações da fruta.

Figura 9 – Concentração de compostos fenólicos em amostras de farinha da casca, farinha do bagaço da polpa e farinha da coroa do abacaxi e da farinha do resíduo industrial do processamento da fruta.



Letras diferentes indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).
Fonte: (Autora, 2023).

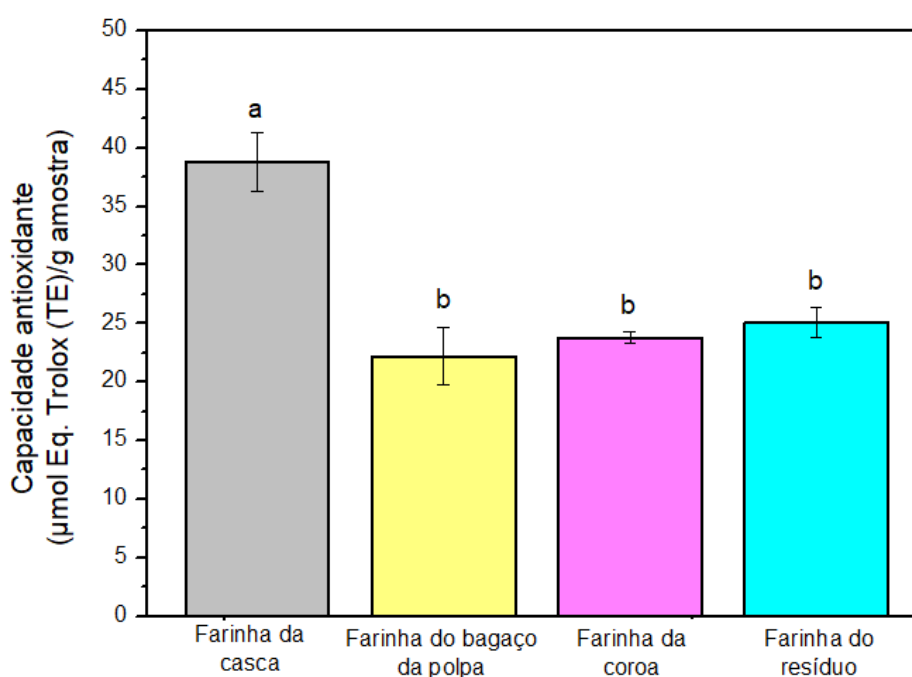
Figura 10 – Concentração de flavonoides em amostras de farinha da casca, farinha do bagaço da polpa e farinha da coroa do abacaxi e da farinha do resíduo industrial do processamento da fruta.



Letras diferentes indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).
Fonte: (Autora, 2023).

Demonstra-se, na Figura 11, equivalência quantitativa na expressão da capacidade antioxidante nas frações da farinha do bagaço da polpa, coroa e resíduo, e valor acima de 35 μmol equivalente Trolox por grama de farinha para a fração da casca do abacaxi, apresentando diferença significativa ($p < 0,05$).

Figura 11 – Capacidade antioxidante em amostras de farinha da casca, farinha do bagaço da polpa e farinha da coroa do abacaxi e da farinha do resíduo industrial do processamento da fruta.



Letras diferentes indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

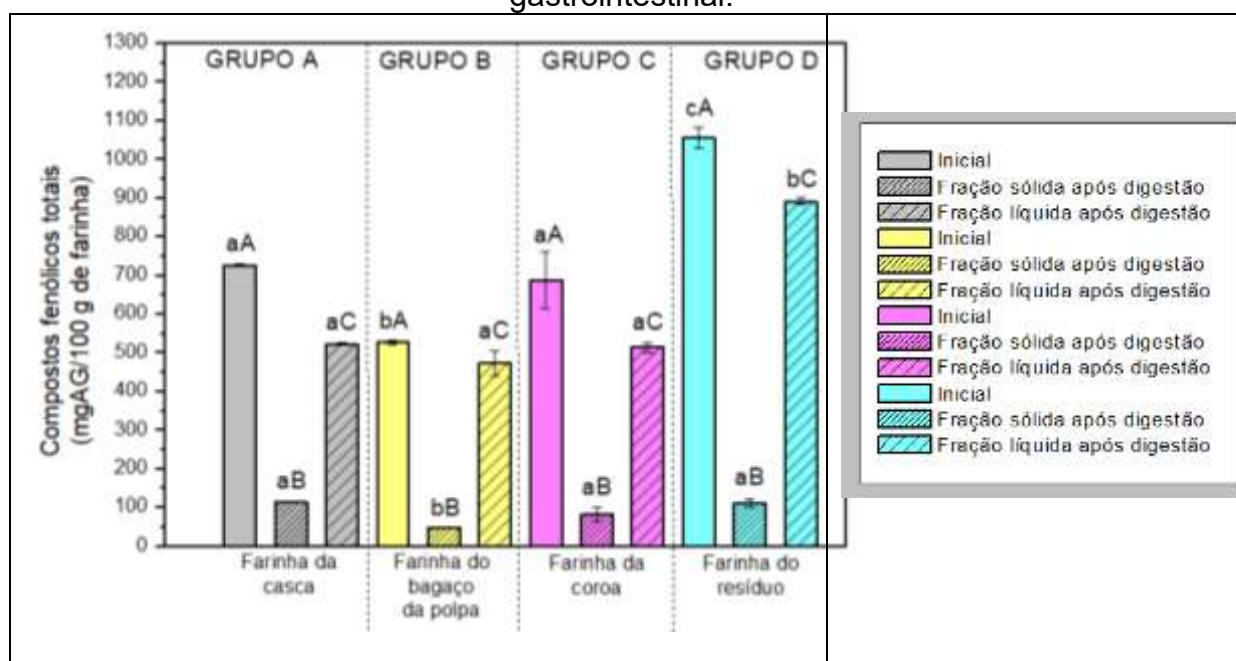
Fonte: (Autora, 2023).

6.4 Determinação da bioacessibilidade *in vitro* dos compostos bioativos

Os resultados expressos na Figura 12 demonstram a concentração dos compostos fenólicos nas frações sólidas e líquidas após digestão, em comparação com as concentrações de fenólicos nas amostras antes da simulação. Pode-se observar que ocorre uma perda na concentração de fenólicos após a simulação gastrointestinal para todas as amostras estudadas, com diferenças estatisticamente

significativas. A maior concentração de compostos fenólicos foi observada para a amostra da farinha do resíduo, com valor de 1055 mg AG/100 g de farinha. Após a digestão, o valor de fenólicos na fração líquida foi de 891 mg AG/100 g de farinha.

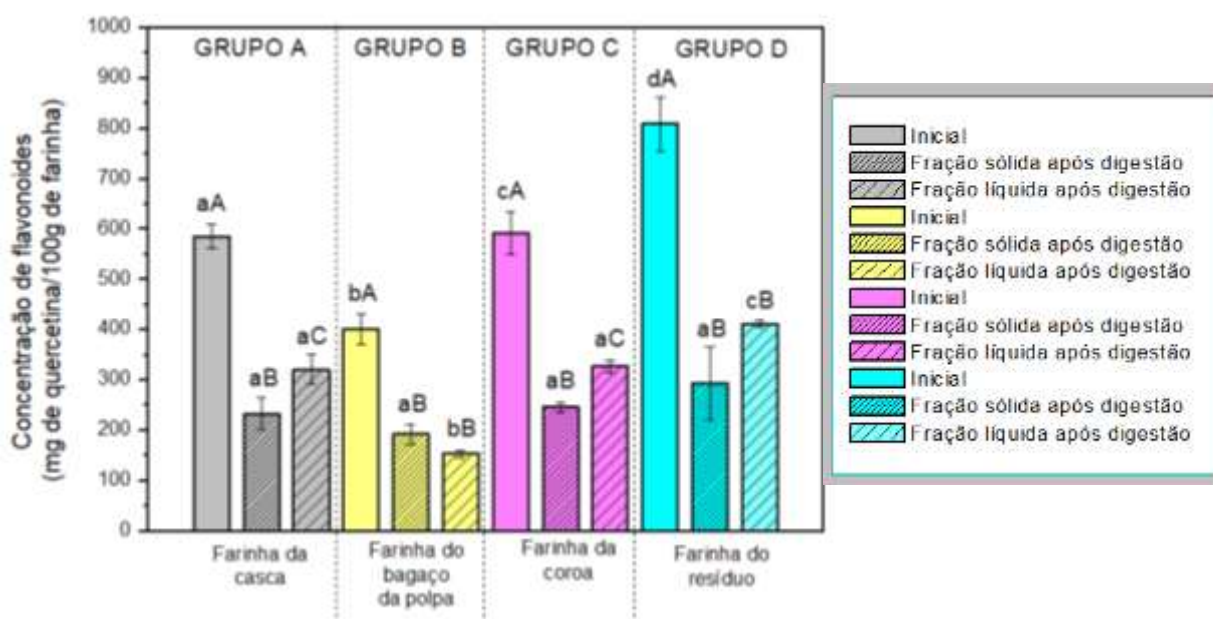
Figura 12 – Concentração de compostos fenólicos totais em amostras de farinha da casca, farinha do bagaço da polpa e farinha da coroa do abacaxi e da farinha do resíduo industrial do processamento da fruta, antes e após a simulação da digestão gastrointestinal.



Valores médios que possuem a mesma letra minúscula para amostras de mesma categoria na comparação entre os grupos não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Valores médios que possuem a mesma letra maiúscula para amostras de diferentes categorias dentro do mesmo grupo não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: (Autora, 2023).

A Figura 13 compara as concentrações de flavonoides entre as farinhas na fase inicial e após simulação do trato digestório para as frações sólida e líquida. De maneira similar, observa-se que há diferença estatística significativa entre a concentração de flavonoides antes e após a simulação da digestão gastrointestinal para todas as amostras. Da mesma forma, os maiores valores de flavonoides foram observados para a farinha obtida a partir do resíduo industrial, atingindo 809 e 412 mg de quercetina/100 g de farinha para as amostras inicial e da fração líquida após a digestão, respectivamente.

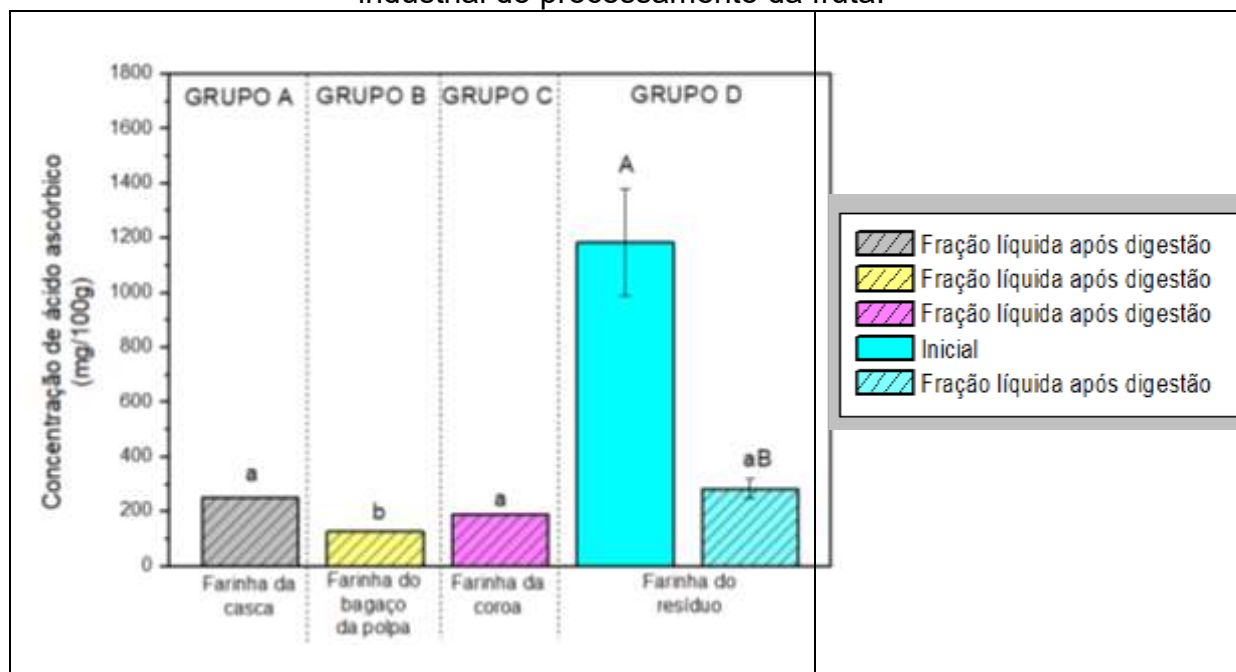
Figura 13 – Concentração de flavonoides em amostras de farinha da casca, farinha do bagaço da polpa e farinha da coroa do abacaxi e da farinha do resíduo industrial do processamento da fruta, antes e após a simulação da digestão gastrointestinal.



Valores médios que possuem a mesma letra minúscula para amostras de mesma categoria na comparação entre os grupos não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Valores médios que possuem a mesma letra maiúscula para amostras de diferentes categorias dentro do mesmo grupo não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: (Autora, 2023).

Com relação aos experimentos de bioacessibilidade para o ácido ascórbico (AA), não foi possível determinar a concentração deste composto bioativo nas amostras de farinha da casca, bagaço da polpa e coroa da fruta (Figura 14). Para a amostra do resíduo industrial, houve diferença significativa entre as amostras antes (1.185 mg de AA/100 g) e após (283 mg de AA/100 g) a simulação da digestão. Para as frações líquidas das amostras de resíduo da fruta, os resultados foram de 251, 126 e 189 mg de AA/100 g para as amostras de farinha da casca, farinha do bagaço da polpa e farinha da coroa, respectivamente, com valores estatisticamente iguais para as amostras de farinha da casca e farinha da coroa.

Figura 14 – Concentração de ácido ascórbico em amostras de farinha da casca, farinha do bagaço da polpa e farinha da coroa do abacaxi e da farinha do resíduo industrial do processamento da fruta.



Valores médios que possuem a mesma letra minúscula na comparação entre os grupos não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Valores médios que possuem a mesma letra maiúscula dentro do mesmo grupo não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).
Fonte: (Autora, 2023).

A Tabela 6 mostra os percentuais de bioacessibilidade para os compostos fenólicos, flavonoides e ácido ascórbico, quantificados nas frações líquidas pós-digestão. O teor de fenólicos após a digestão variou de $71,8 \pm 0,8$ % para a farinha da casca a $89,7 \pm 2,1$ % para a farinha do bagaço da polpa. Para os flavonoides, o percentual de bioacessibilidade variou de $38,1 \pm 0,4$ a $55,2 \pm 1,2$ % para as amostras de farinha do bagaço da polpa e farinha da coroa, respectivamente. Em relação ao teor de ácido ascórbico após a digestão, observou-se um percentual de bioacessibilidade de $23,9 \pm 1,7$ %.

Tabela 6 – Percentuais de bioacessibilidade para os compostos fenólicos, flavonoides e ácido ascórbico determinados nas frações líquidas pós-digestão

Amostra	Bioacessibilidade fenólicos (%)	Bioacessibilidade flavonoides (%)	Bioacessibilidade AA (%)
Farinha da casca	71,8 ± 0,8 ^{aA}	54,8 ± 0,8 ^{aB}	nr
Farinha do bagaço da polpa	89,7 ± 2,1 ^{bA}	38,1 ± 0,4 ^{bB}	nr
Farinha da coroa	74,8 ± 1,4 ^{aA}	55,2 ± 1,2 ^{aB}	nr
Farinha do resíduo	84,4 ± 1,9 ^{bA}	51,0 ± 1,1 ^{aB}	23,9 ± 1,7 ^C

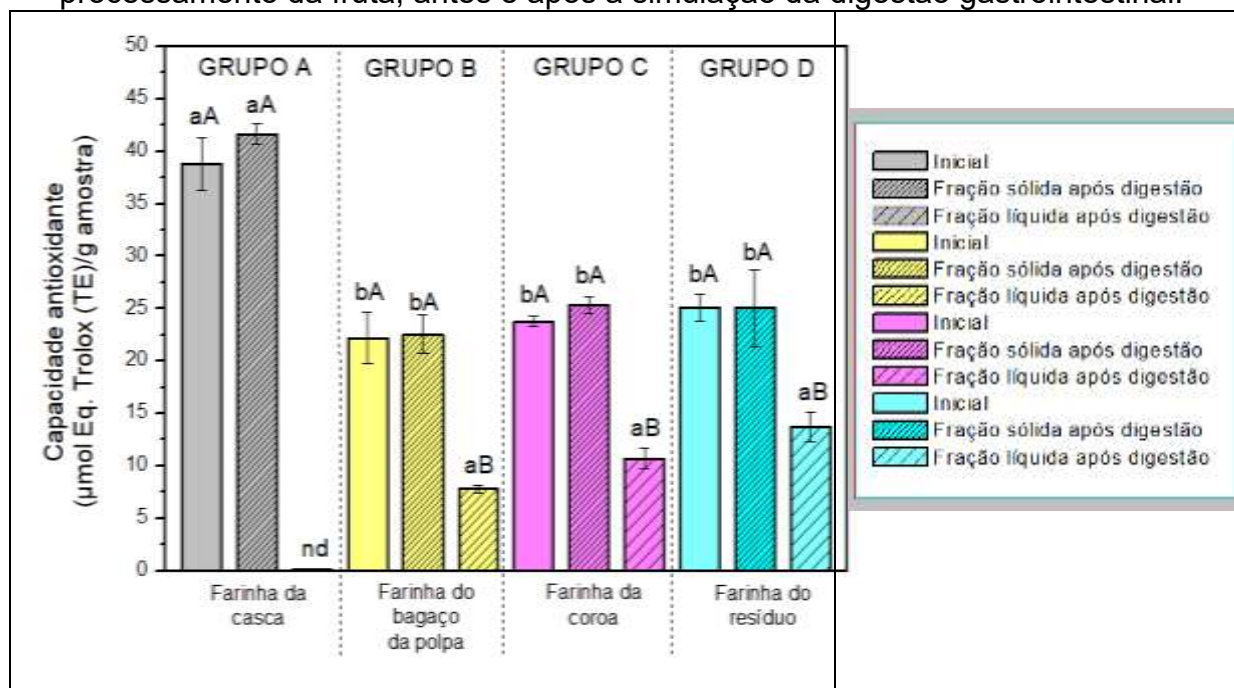
nr: não realizado

Valores médios que possuem a mesma letra minúscula na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Valores médios que possuem a mesma letra maiúscula na mesma linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Fonte: (Autora, 2023).

Os resultados de atividade antioxidante antes e após a simulação do trato gastrointestinal estão apresentados na Figura 15. Comparando-se os diferentes grupos de amostras, pode-se observar que a farinha da casca antes da digestão *in vitro* apresenta o maior valor de capacidade antioxidante ($38,7 \pm 2,5$) μmol Eq de Trolox (TE)/g, enquanto, as amostras iniciais de farinha do bagaço da polpa, da coroa e do resíduo industrial apresentaram valores de $22,2 \pm 2,4$, $23,8 \pm 0,5$ e $25,1 \pm 1,3$ μmol Eq de Trolox (TE)/g, respectivamente, sem diferença estatística significativa ($p < 0,05$).

A simulação da digestão indica uma perda significativa da atividade antioxidante para as frações líquidas de todas as amostras, o que corresponderia à fração que estaria acessível para a absorção do organismo. Não foi possível determinar a capacidade antioxidante da fração líquida da amostra da farinha da casca. Por outro lado, as frações sólidas pós-digestão apresentaram resultados de capacidade antioxidante similares às amostras antes da digestão.

Figura 15 – Capacidade antioxidante em amostras de farinha da casca, farinha do bagaço da polpa e farinha da coroa do abacaxi e da farinha do resíduo industrial do processamento da fruta, antes e após a simulação da digestão gastrointestinal.



Valores médios que possuem a mesma letra minúscula para amostras de mesma categoria na comparação entre os grupos não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). Valores médios que possuem a mesma letra maiúscula para amostras de diferentes categorias dentro do mesmo grupo não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). nd (não determinado). Fonte: (Autora, 2023).

6.5 Caracterização da análise microbiológica da farinha do resíduo

Os ensaios do padrão microbiológico que foram realizados na farinha do resíduo de abacaxi, em quintuplicata, foram laudados em relatório de ensaio próprio sob números 648.2023, 649.2023, 650.2023, 651.2023 e 652.2023, conforme consta no Anexo A. Os resultados evidenciaram que as amostras se encontram dentro dos padrões determinados pela legislação.

7 DISCUSSÃO

7.1 Processamento das frutas e obtenção das farinhas

O processamento das frutas no estudo foi obtido a partir de duas amostras avaliadas em períodos diferentes (janeiro e maio de 2022), e que apresentaram características físicas semelhantes. De acordo com a classificação adotada no Brasil pelo Centro de Qualidade em Horticultura (CEAGESP/SP) (CEAGESP, 2003), os frutos selecionados eram de polpa amarela, pertencentes ao grupo *Smooth Cayenne* (Havaiano), subgrupo pintado (centro dos frutinhos amarelos) (Figura 15), sendo enquadrados na categoria de qualidade com ausência de defeitos ou defeito leve (deformado). De acordo com a tabela para a classificação do abacaxi por peso, os frutos selecionados no presente estudo enquadram-se dentro das classes 1 (peso entre 1,2 e 1,5 kg) e 2 (peso entre 1,5 e 1,8 kg).

Figura 16 – Aspecto visual dos frutos do abacaxi utilizados no presente estudo



Abacaxi *Smooth Cayenne* (Havaiano)



Abacaxi subgrupo pintado

Fonte: (CEAGESP, 2003).

A polpa do abacaxi *in natura*, considerada neste trabalho como a fruta sem a casca e a coroa (incluindo o núcleo), correspondeu, em média, à maior porção ($72,57 \pm 1,59$ %), seguido da casca ($21,39 \pm 1,65$ %) e da coroa ($5,43 \pm 1,20$ %). A

polpa do abacaxi é caracterizada pelo alto teor de umidade (TBCA, 2020), o que também reflete em sua maior representatividade de volume total. Dessa forma, após o processamento observou-se que o bagaço da polpa foi a fração mais representativa, sendo esta porção, juntamente com cascas e coroa, comumente associadas a resíduos não alimentares (SOUZA; OLIVEIRA, 2021).

Os percentuais de resíduos de casca, bagaço e coroa dependem da variedade do fruto. De acordo com Rico et al. (2020), os resíduos de polpa (sem núcleo) compreendem, em média, de 30 a 65 %, seguido pela casca (29 - 42 %), núcleo (9,4 - 20%) e coroa (2,7-5,9 %), valores compatíveis com os obtidos no presente estudo.

O processamento do abacaxi produz uma quantidade significativa de resíduos sólidos não tratados e potencialmente utilizáveis em aplicações de produtos alimentares. De acordo com Roda et al. (2016), a indústria de processamento de abacaxi produz uma estimativa de resíduos sólidos de 75 a 80 % do fruto.

Lima *et al.* (2019), diante dos benefícios econômicos e de saúde provenientes do uso dos resíduos de frutas, formularam um biscoito à base de farinha de frutas de resíduos de maracujá, abacaxi e melão. Diante desta perspectiva, verifica-se que o desenvolvimento de novos produtos alimentícios, tais como bolos, barras de cereais e biscoitos elaborados a partir da farinha de resíduos de frutas pode ser considerado uma alternativa viável e promissora para o aproveitamento destes subprodutos.

Os resíduos do abacaxi são potencialmente aplicáveis em receitas e novos produtos, apesar de pouca utilização como ingrediente alimentar. Borges et al. (2004) utilizaram o resíduo de abacaxi na elaboração de suco, com obtenção de

80,8% de aceitabilidade sensorial. Os resíduos são fontes de fibras, Paiva (2008) desenvolveu uma barra de cereais com a incorporação de 12% de resíduo do abacaxi, no entanto, não teve alta aceitabilidade sensorial. Carvalho (2008) aplicou uma mistura de casca de abacaxi cozida e pó de casca de abacaxi desidratada como ingredientes de xarope.

Os rendimentos médios observados para as farinhas da casca, bagaço da polpa e coroa de ambas as amostras foram de $15,36 \pm 0,34$ %, $14,62 \pm 0,61$ % e $11,46 \pm 1,17$ %, respectivamente. Leonel et al. (2014) também observaram um percentual de 15,5 % para a farinha de cascas obtidas a partir do abacaxi Smooth Cayenne. O menor rendimento da farinha da coroa é atribuído às características da amostra, que é mais leve e se apresenta como um material com dois aspectos: um na forma de pó e outro na forma de fibra (esponjoso).

A secagem baseia-se na remoção de parte da água livre presente no alimento, permitindo-o ser armazenado à temperatura ambiente. Essa técnica faz com que não ocorram perdas significativas de suas propriedades organolépticas e nutricionais (CELESTINO, 2010; DE BRITO GUIMARÃES *et al.*, 2017; FARINA, *et al.*, 2020; SENADEERA *et al.*, 2020), além da preservação de suas características microbiológicas.

De acordo com Tekdal et al. (2022), a máxima temperatura de secagem para o abacaxi deve ser de 65 °C, sendo relatado teores de umidade inicial e final de 80 e 10 %, respectivamente. A secagem do resíduo industrial de abacaxi foi realizada a 55 °C, como forma de preservar o seu conteúdo nutricional e a concentração de compostos bioativos presentes na fruta. Os resultados indicaram que o resíduo *in natura* apresentou um teor de umidade inicial de 83 %, e após 48 h de secagem a umidade residual foi de 12,47 % (Tabela 4).

Souza et al. (2021) estudaram a secagem de um resíduo agroindustrial de abacaxi utilizando um secador de bandejas com circulação forçada e operando a 60 °C. Os autores observaram um teor de umidade final de 4,27 %, inferior ao encontrado no presente estudo. No entanto, o valor de umidade final observado neste trabalho encontra-se dentro do padrão estabelecido pela legislação brasileira para farinhas de vegetais, que é de no máximo 15 % de umidade (BRASIL, 2005). Considerando que o teor de umidade de um alimento está relacionado com a sua estabilidade físico-química e microbiológica, a farinha obtida pode ser considerada um produto de adequada conservação.

7.2 Caracterização físico-química das farinhas obtidas a partir das frações da fruta e do resíduo

Os resultados de composição centesimal podem ser influenciados por diversos fatores, como estágio de maturação, variedade, condições climáticas e de solo, exposição ao sol, localização da fruta na planta e manuseio pós-colheita (FAGUNDES; YAMANISHI, 2001).

Quanto ao parâmetro umidade, todas as farinhas das amostras avaliadas apresentaram adequação ao padrão de qualidade estabelecido pela legislação através da resolução de número 263, pois apresentaram um teor de umidade inferior a 15 % (BRASIL, 2005), com exceção das amostras de farinha do bagaço da polpa, que apresentaram teores de umidade após a secagem de $17,79 \pm 0,59$ % e $26,87 \pm 1,51$ % para as amostras 1 e 2, respectivamente. A polpa do abacaxi concentra o maior teor de umidade da fruta, sendo mais difícil de ser desidratada nas condições brandas de secagem estabelecidas neste estudo.

É importante salientar que, quanto menor o teor de umidade e atividade de água do alimento, menor será a suscetibilidade do crescimento de microrganismos patogênicos e deteriorantes. Estas características intrínsecas podem conferir estabilidade e segurança à temperatura ambiente e aumentar a vida útil do produto, tornando-os estáveis na prateleira (BEUCHAT *et al.* 2013; OLAIMAT *et al.*, 2020).

O teor de cinzas representa o conteúdo mineral total de um alimento, sendo influenciado por vários fatores, tais como plantio, solo, temperatura, clima, métodos agrícolas e estágio de maturação (ALMEIDA *et al.*, 2009; HARRIS; MARSHALL, 2017). Os resultados obtidos demonstraram uma variação no teor de cinzas entre as amostras da farinha da casca ($9,23 \pm 1,22$ % e $3,70 \pm 0,00$ %) e do bagaço da polpa ($4,26 \pm 0,16$ % e $2,20 \pm 0,00$ %) quando as duas amostras coletadas foram comparadas. Por outro lado, valores similares foram observados para as amostras 1 e 2 em relação à farinha da coroa ($6,10 \pm 0,90$ % e $5,20 \pm 0,10$ %, respectivamente), corroborando com o teor de cinzas de $5,31 \pm 0,06$ % observado por Nogueira et al. (2018).

Comparando-se os teores de cinza para cada amostra estudada, observa-se que foi observado um teor de cinzas inferior para a farinha do bagaço da polpa em relação às farinhas da casca e da coroa, corroborando com os dados da literatura que associam aos subprodutos não comestíveis de frutas maiores valores de minerais quando comparados com a parte comumente comestível (INADA *et al.*, 2015).

Waughon (2006) caracterizaram o resíduo fibroso proveniente da indústria de suco de abacaxi encontraram 1,2% de cinzas, valor inferior ao observado neste estudo ($4,73 \pm 0,12$ %).

Com relação ao teor de lipídeos, os menores valores foram observados para a farinha do bagaço da polpa ($0,14 \pm 0,09$ % e $0,43 \pm 0,03$ %, respectivamente). A farinha da casca apresentou percentuais de lipídeos para as amostras 1 e 2 correspondentes a $0,64 \pm 0,20$ % e $0,70 \pm 0,01$ %, respectivamente, similares ao encontrado para a farinha do resíduo ($0,70 \pm 0,01$ %).

Diferentes trabalhos relatam percentuais de lipídeos em casca de abacaxi, tais como 4,64 % (Leonel et al. (2014), 1,1 a 20,0 % (Rico et al., 2020), 0,46 % (AWASTHI et al., 2022) e 0,29 % (LOPERA-CARDONA et al., 2016). Os maiores teores de lipídeos foram observados para a farinha da coroa ($1,65 \pm 0,10$ % e $1,77 \pm 0,06$ %), similares ao observado por Nogueira et al. (2018) ($1,68 \pm 0,09$ %).

As maiores concentrações de proteína foram observadas para as amostras de farinha de coroa ($7,27 \pm 0,91$ % e $7,03 \pm 0,25$ %), resultados similares ao observado por Nogueira et al. (2018), que foi de $6,91 \pm 0,61$ %.

Para todas as amostras avaliadas, verificou-se a uma quantidade percentual acima de 70 % de carboidratos. Este resultado é devido à característica do fruto, que apresenta em sua constituição principalmente água e carboidratos, sendo considerado uma importante fonte de açúcares (DE ANCOS; SÁNCHEZ-MORENO; GONZÁLEZ-AGUILAR, 2017). Além disso, a elevada concentração de carboidratos (glicose e frutose) contribui para o sabor característico da fruta (SITI ROHA *et al.* 2013).

Os valores médios de pH foram de 4,06 para a farinha da casca, 3,78 para a farinha do bagaço da polpa, 4,39 para a farinha da coroa e 4,00 para a farinha do resíduo industrial, com pouca variação entre as amostras e classificando-as, dessa forma, como ácidas (HUE, 2008; BALT et al., 2020).

Aparecida Damasceno et al. (2016), ao investigarem barras de cereais contendo farinha de casca de abacaxi, verificaram que a farinha da casca também apresentou um baixo valor de pH ($4,6 \pm 0,02$), o que corrobora com os dados do presente estudo. Valores de pH abaixo de 4,5 são considerados fatores limitantes para o crescimento de microrganismos (BARUFFALDI; OLIVEIRA, 1998; ORDONEZ, 2005; UCHOA *et al.*, 2008). Germano (2001), por sua vez, afirma que a maioria das bactérias desenvolvem-se em uma faixa de pH entre 5 e 8. Dessa forma, farinhas com pH abaixo de 4,5 possuem uma maior resistência ao crescimento microbiano.

Apesar de não existir um valor padronizado de °Brix para farinhas, é importante avaliar o teor de sólidos solúveis totais, pois este corresponde a um importante parâmetro utilizado como referência de sabor para muitas frutas. Os açúcares refletem bem a percepção do sabor da fruta pelo consumidor e são fáceis de serem quantificados (BUTZ; HOFMANN; TAUSCHER, 2005; MORENO *et al.*, 2022).

Os valores de °Brix obtidos para as amostras das farinhas sofreram variações estatisticamente significativas ($p < 0,05$) para o mesmo tipo de amostra e comparando as três amostras distintas de farinha. No entanto, os valores que mais diferiram foram os da farinha do bagaço da polpa ($1,87 \pm 0,06$ para a amostra 1 e $8,90 \pm 0,17$ para a amostra 2). Esta variação pode estar relacionada a diferentes estágios de maturação dos frutos, pois quanto mais avançada a maturação, mais elevados serão os teores de sólidos solúveis totais. Em relação aos demais valores de °Brix, estes variaram entre 2,5 e 3,4 para a farinha da coroa e entre 4,37 e 6,07 para a farinha da casca.

Os valores médios de atividade de água foram de 0,53 para farinha da

casca, 0,51 para a farinha do bagaço da polpa, 0,57 para a farinha da coroa e 0,39 para a farinha do resíduo industrial. Estes resultados são adequados sob o ponto de vista de estabilidade microbiológica, pois valores de atividade de água inferiores a 0,60 limitam o crescimento microbiano (FRANCO; LANDGRAF, 2016). Dessa forma, pode-se afirmar que todas as farinhas apresentam baixa atividade de água e são pouco susceptíveis à degradação microbiológica.

7.3 Determinação dos compostos fenólicos totais, flavonoides e capacidade antioxidante das farinhas dos resíduos da fruta e do resíduo industrial

7.3.1 Compostos fenólicos totais e flavonoides

Todas as farinhas de abacaxi avaliadas apresentaram quantidades significativas de compostos fenólicos (Figura 9), e a maior concentração encontrada foi para a farinha de resíduo industrial ($1055,56 \pm 27,11$ mgAG/100 g de farinha), seguido pelas farinhas da casca ($726,95 \pm 2,21$ mgAG/100 g de farinha) e da coroa ($688,65 \pm 73,20$ mgAG/100 g de farinha), sem diferença estatisticamente significativa entre si. O menor resultado foi encontrado para a farinha do bagaço da polpa ($526,95 \pm 7,08$ mgAG/100 g de farinha).

Campos et al. (2020) encontraram 492.3 ± 3.9 mgAG/100 g para a farinha de casca de abacaxi, valor inferior ao presente estudo, enquanto que Suleria et al. (2020) determinaram 783 ± 35 mgAG/100 g, valor próximo ao encontrado neste trabalho. O conteúdo de compostos fenólicos totais também foi determinado para extratos de casca de abacaxi por Sharma et al. (2022), sendo encontrado um valor de $1097,17 \pm 163,89$ mgAG/100 g para a condição de extração de etanol 80 %, a mesma utilizada neste trabalho.

Melo e Andrade (2010) em concordância com o presente estudo, evidenciaram em suas análises maiores concentrações de compostos fenólicos na farinha de resíduos quando comparados à polpa da fruta, demonstrando a importância do processamento dos alimentos para o aproveitamento das partes não convencionais dos frutos (SANTOS *et al.*, 2016; MILIÃO *et al.*, 2022).

De acordo com Li *et al.* (2014), os principais polifenólicos encontrados em cascas do abacaxi são ácido gálico (31,76 mg/100 g), catequina (58,51 mg/100 g), epicatequina (50,00 mg/100 g) e ácido ferúlico (19,50 mg/100 g).

Produtos que são fonte de compostos fenólicos são altamente atrativos a nível comercial, pois estes compostos constituem um grupo de antioxidantes naturais responsáveis por efeitos benéficos para a saúde, além de influenciar diretamente nas propriedades sensoriais do alimento, tais como, cor, aroma e sabor. A sua concentração nas frutas depende da variedade, maturação, condições de cultivo, colheita e armazenamento (AZEEM *et al.*, 2020; SHI *et al.*, 2022; NARDINI, 2022; JAKOBEK; BLESSO, 2023; ZENG *et al.*, 2023).

Os flavonóides são substâncias pertencentes à família de compostos polifenólicos e representam cerca de 60% de todos os polifenóis. São encontrados geralmente em frutas, vegetais, grãos, cascas, raízes, caules e flores (MADHUMEENA; PREETHA; PRASAD, 2021; SHARMA *et al.*, 2019). Como exemplos de flavonoides, tem-se os taninos, resveratrol, quercetina, kaempferol, catequinas e antocianinas.

O maior teor de flavonoides também foi observado na farinha do resíduo (809 ± 53 mg de quercetina/100g de farinha), seguido pela farinha da casca (586 ± 25 mg de quercetina/100g de farinha), farinha da coroa (592 ± 42 mg de quercetina/100g de farinha) e farinha do bagaço da polpa (402 ± 31 mg de quercetina/100g de

farinha), com diferenças estatísticas significativas entre todas as amostras (Figura 10).

A maior concentração de flavonoides nas partes superficiais do abacaxi verificada no presente estudo é apoiada por pesquisas que afirmam que o conteúdo deste metabólito secundário na camada externa dos cítricos é normalmente superior quando comparado ao que há na parte interna (NOGATA *et al.*, 2006; LOH *et al.*, 2017).

Sharma *et al.* (2022) relataram concentrações de flavonoides variando entre 58 e 339 mg de quercetina/100g de farinha em extratos de casca de abacaxi, enquanto que Suleria *et al.* (2020) encontraram 147 mg de quercetina/100g de farinha, valores inferiores ao presente estudo.

Os flavonoides são bem conhecidos pelos seus efeitos benéficos para a saúde e tem sido considerado um componente indispensável em uma variedade de aplicações nutraceuticas, farmacêuticas, medicinais e cosméticas. Essa relevância é atribuída às suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, juntamente com a sua capacidade de modular a função das principais enzimas celulares (BERNARDES; PESSANHA; OLIVEIRA, 2010; YI; MA; REN, 2017; MADHUMEENA; PREETHA; PRASAD, 2021, AL-KHAYRI *et al.*, 2022).

Muitos dos efeitos farmacológicos dos flavonoides deve-se à sua atividade antioxidante, desempenhando a capacidade de inibir oxidases, cujo efeito inibitório varia dependendo da concentração, pois alguns inibem em concentrações muito baixas uma determinada enzima, contudo, requerem concentrações mais elevadas para o efeito (HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ; BAQUERO; LARROTA, 2019).

Além disso, devido às suas propriedades bioativas, os flavonoides aumentam a disponibilidade de antioxidantes endógenos e a atividade de enzimas

antioxidantes. No entanto, a sua função biológica mais atrativa é manter os níveis de estresse oxidativo abaixo de um ponto crítico no organismo. Esta atividade como sequestradores de radicais livres deve-se ao fato dos flavonoides apresentarem uma estrutura estabilizada que permite a atenuação dos radicais livres altamente reativos (HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ; BAQUERO; LARROTA, 2019).

Estudos sobre o consumo de compostos bioativos pela população tem avançado, embora ainda sejam escassos os dados no Brasil. Em um estudo realizado por Chun et al. (2007), a estimativa a ingestão diária de polifenóis nos EUA foi de 449,8 mg usando dados de consumo per capita para 34 polifenóis comumente consumidos em frutas e vegetais frescos. Ainda segundo os autores, a estimativa de ingestão alimentar de flavonóides entre americanos usando o Exame Nacional de Saúde e Nutrição de 1992–2002 foi de $189,7 \pm 11,2$ mg, com chá, sucos de frutas cítricas, vinho e frutas cítricas sendo as principais fontes dietéticas.

No Brasil, não existe uma recomendação diária para o consumo de compostos fenólicos totais. Em estudo recente desenvolvido por Carnaúba (2021), considerando indivíduos da população brasileira com ≥ 10 anos de idade incluídos na Pesquisa de Orçamentos de Familiares (2008 – 2009), foi estimado um consumo diário de compostos fenólicos totais de 204 mg/dia. A classe mais consumida foi dos ácidos fenólicos (83,2 mg/dia), seguida dos flavonoides (64 mg/dia). O café, o suco de laranja e a laranja foram as três principais fontes de ingestão destes bioativos.

De acordo com o Guia Alimentar para a População Brasileira, o consumo mínimo recomendado de frutas, legumes e verduras é de 400 g/dia, o que garantiria a ingestão de no mínimo 1000 mg/dia de polifenóis. Dessa forma, a ingestão de fenólicos totais pela população brasileira pode ser considerada baixa, especialmente em razão do consumo insuficiente de frutas e hortaliças.

Considerando os resultados de concentração de fenólicos obtidos nos resíduos de farinha de abacaxi, sua utilização é uma opção prática para ser incluída na alimentação, podendo ser utilizada em vitaminas, sucos, frutas, iogurtes, cereais ou em preparações como pães, bolos, biscoitos, tortas, caldos e sopas.

Nesse contexto, o emprego de resíduos agroindustriais como fontes de nutrientes e compostos bioativos é uma alternativa de suma importância para a elaboração de produtos com alto valor nutricional para a alimentação humana, além de reduzir o impacto ambiental causado pela destinação inadequada desses resíduos no ambiente.

7.3.2 Capacidade antioxidante

A atividade sequestrante de radicais livres das farinhas dos resíduos de abacaxi foi testada pelo método DPPH e os resultados são apresentados na Figura 11. Neste método, os antioxidantes presentes nas farinhas reagem com o radical livre estável (α, α -difetil- β -picrilhidrazil - DPPH•) (cor violeta) e o convertem a α, α -difetil- β -picrilidrazina, havendo uma descoloração. O grau de descoloração indica a eliminação do antioxidante da amostra.

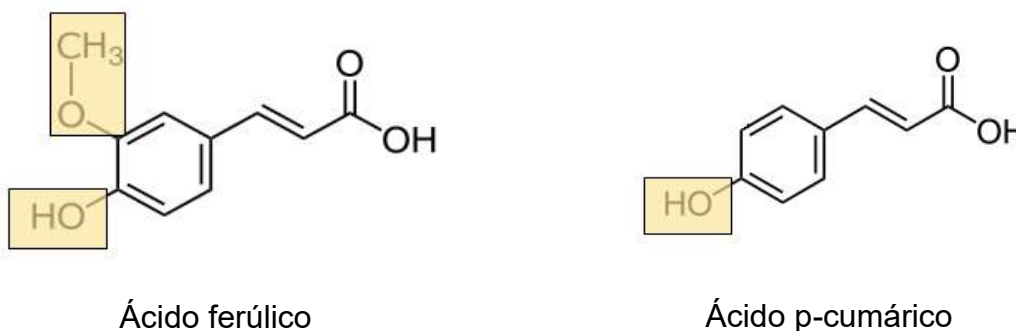
A atividade antioxidante é principalmente atribuída aos polifenóis (YANG et al, 2020), mas pode-se observar que mesmo considerando o maior teor de fenólicos presentes na farinha do resíduo, a farinha da casca foi a amostra que apresentou a maior capacidade antioxidante ($38,7 \pm 2,5$ μmol de Trolox/g de amostra), seguido da farinha do resíduo ($25,1 \pm 1,3$ μmol de Trolox/g de amostra), farinha da coroa ($23,79 \pm 0,50$ μmol de Trolox/g de amostra) e farinha do bagaço da polpa ($22,2 \pm 2,4$ μmol de Trolox/g de amostra). Para essas três amostras, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$).

No entanto, de acordo com Heinonen, Lehtonen e Hopla (1998), a atividade antioxidante não pode ser explicada apenas com base no seu conteúdo fenólico. Segundo estes autores, os compostos fenólicos apresentam características e mecanismos antioxidantes específicos que influenciam a sua capacidade antioxidante. É o exemplo de compostos fenólicos com orto- e para-di-hidroxilação ou um grupo hidroxila e um grupo metoxi, sendo estes mais eficazes do que fenólicos simples (Shahidi & Naczk, 1995). Além disso, efeitos sinérgicos e ações conjuntas de compostos fenólicos presentes nos extratos também devem ser consideradas.

Um exemplo é o ácido ferúlico (Figura 17), que contém uma hidroxila na posição orto com o grupo metoxila sendo doador de elétrons. Esta característica aumenta a estabilidade do radical fenoxil e a eficiência antioxidante do ácido ferúlico. Por outro lado, o ácido p-cumárico não possui o grupo metoxi, o que explica a sua menor atividade antioxidante quando comparado ao ácido ferúlico.

Paiva (2014) investigou a atividade antioxidante para diferentes compostos presentes no sorgo frente ao radical DPPH, e observaram uma atividade antioxidante de 180,85 g equivalentes de BHT (butil hidroxitolueno) para o ácido ferúlico e de 28,39 g equivalentes de BHT para o ácido p-cumárico.

Figura 17 – Moléculas de Ácido ferúlico e Ácido p-cumárico



Izli, Izli e Taskin (2018) avaliaram a capacidade antioxidante do abacaxi e encontraram valores equivalentes a 8,43 $\mu\text{mol Trolox/g}$ para amostras liofilizadas e 3,61 $\mu\text{mol Trolox/g}$ para amostras secas a 60 °C, sendo ambos os resultados inferiores aos obtidos no presente estudo quanto ao perfil antioxidante para todas as farinhas de abacaxi avaliadas.

7.4 Determinação da bioacessibilidade *in vitro* dos compostos bioativos

Os benefícios da ingestão de compostos bioativos como promotores da saúde dependem da sua bioacessibilidade após a passagem pelo trato gastrointestinal. Os modelos de digestão *in vitro* tem o objetivo de simular os eventos que ocorrem durante a digestão no trato gastrointestinal humano, permitindo estimar qual porcentagem dos nutrientes estará disponível para absorção (conteúdo bioacessível) e disponível para funções fisiológicas (conteúdo biodisponível) (ALEGRÍA-TORÁN et al., 2015).

Estes ensaios possuem a vantagem de fornecer resultados de maneira rápida e servem como uma ferramenta de triagem, visto que, na prática, qualquer método *in vitro* não corresponde à precisão e ao alcance dos estudos *in vivo* devido à complexidade inerente ao processo digestivo humano (Hur et al., 2011).

Foram realizados ensaios de bioacessibilidade *in vitro* das farinhas dos resíduos do abacaxi e do resíduo industrial, avaliando-se a concentração de compostos fenólicos totais, flavonoides, ácido ascórbico e capacidade antioxidante das frações sólida e líquida das amostras pós-digestão. Cabe salientar que os percentuais de bioacessibilidade foram determinados para as frações líquidas pós-digestão, considerando que nestas frações os bioativos estariam solubilizados para serem posteriormente absorvidos pelo organismo.

Os resultados de bioacessibilidade para os fenólicos (Figura 12) mostram que houve uma diminuição destes compostos nas frações líquidas para todas as amostras estudadas, com diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) em comparação com as amostras antes da digestão. No entanto, as concentrações de fenólicos residuais foram de $891,23 \pm 9,21$ para a farinha do resíduo, $522,3 \pm 3,07$ para a farinha da casca, $515,06 \pm 12,28$ para a farinha da coroa e $472,74 \pm 31,2$ para a farinha do bagaço da polpa, sendo todos os resultados expressos em mg de ácido gálico/100 g de farinha. Estes resultados indicam um elevado percentual de bioacessibilidade, variando de 89,7 % e 84,4 % para as farinhas do bagaço da polpa e do resíduo, respectivamente a 74,8 e 71,8 % para as farinhas da coroa e da casca (Tabela 6). Concentrações de fenólicos foram observadas nas frações sólidas para todas as amostras, mas abaixo de 120 mg de ácido gálico/100 g de farinha.

De maneira similar aos dados encontrados para os fenólicos totais, comparando-se o teor de flavonoides antes e após a simulação da digestão, a concentração destes bioativos também diminui nas frações líquidas para todas as amostras estudadas, com diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) (Figura 13). As concentrações de flavonoides nas frações líquidas pós-digestão foram de $412,37 \pm 8,33$ para a farinha do resíduo, $326,95 \pm 12,5$ para a farinha da coroa, $321,06 \pm 29,16$ para a farinha da casca e $153,17 \pm 8,33$ para a farinha do bagaço da polpa. Menores valores percentuais de bioacessibilidade foram encontrados para os flavonoides, variando de 38,1 % para a farinha do bagaço da polpa a 51,0-55,2 % para as amostras de farinha do resíduo, casca e coroa (Tabela 6).

Não foi possível a determinação da concentração de ácido ascórbico nas amostras iniciais das farinhas da casca, bagaço da polpa e coroa. A concentração

de ácido ascórbico na farinha do resíduo foi de $1185,02 \pm 198,25$ mg/100g, e após a digestão simulada a concentração diminuiu para $283,32 \pm 34,52$ mg/100g (Figura 14), resultando num percentual de bioacessibilidade de $23,9 \pm 1,7$ % (Tabela 6). As frações líquidas pós-digestão das farinhas da casca, bagaço da polpa e coroa apresentaram concentrações de ácido ascórbico de 251,84, 125,92 e 188,88, respectivamente.

Silva *et al.* (2020) quantificaram por método colorimétrico o teor de vitamina C em farinha de cascas de abacaxi, e encontraram o valor de $2823,56 \pm 135,97$ mg/100g, superior ao encontrado no presente estudo. Os teores de ácido ascórbico variam conforme a variedade do fruto analisado e o método de quantificação de vitamina C.

A vitamina C ou ácido ascórbico não é produzida de forma endógena em humanos e, portanto, é um componente essencial da alimentação, sendo encontrada em frutas e legumes frescos. O abacaxi é uma fonte rica desta vitamina, sendo relatado que a fruta fresca apresenta valores de vitamina C entre 5,08 e 33,57 mg/100 g (SARKAR *et al.*, 2020). Comparando com os dados observados neste estudo, as farinhas dos resíduos do abacaxi apresentam elevados teores de vitamina C, mesmo após o processo de secagem e de digestão simulada.

A ingestão diária recomendada de vitamina C para mulheres e homens é de 75 e 90 mg/dia, respectivamente (BRASIL, 2023). Tomando como exemplo a farinha de resíduo industrial do processamento do abacaxi, seria necessária a ingestão de 32 g de farinha por dia para atingir a recomendação nutricional de ingestão diária.

Com relação à avaliação da capacidade antioxidante das farinhas antes e após a simulação da digestão gastrointestinal (Figura 15), pode-se observar uma diminuição dos valores para as frações líquidas pós-digestão em relação aos valores

antes da digestão. As capacidades antioxidantes pós-digestão foram de $7,82 \pm 0,35$, $10,7 \pm 0,92$ e $13,69 \pm 1,37$ $\mu\text{mol Eq. Trolox (TE)}/\text{g}$ amostra para as farinhas do bagaço da polpa, farinha da coroa e farinha do resíduo, respectivamente. Não foi possível determinar a capacidade antioxidante para a fração líquida da amostra de farinha da casca. Por outro lado, as capacidades antioxidantes das frações sólidas pós-digestão não apresentaram diferença estatística quando comparadas às amostras antes da digestão.

Variações na atividade antioxidante dos compostos bioativos podem justificar-se pelo fato de que são sensíveis às mudança no pH e ação enzimática, podendo assim sofrer modificações conformacionais que afetam diretamente suas propriedades químicas (BAO et al., 2019).

Os dados obtidos demonstraram que, de forma geral, as amostras de farinhas analisadas apresentam-se bioacessíveis. Os estudos de bioacessibilidade são de fundamental importância, pois auxiliam na identificação de matrizes alimentares promissoras e/ou nas condições de processamento e no impacto na biodisponibilidade dos nutrientes (ALEGRÍA-TORÁN; BARBERÁ-SÁEZ; CILLA-TATAY, 2015; FIORAVANTI et al., 2020).

7.5 Caracterização da análise microbiológica da farinha do resíduo

Todas as amostras de farinhas de resíduos de abacaxi avaliadas apresentaram-se em conformidade com o que é preconizado na Instrução Normativa nº 161, de 01 de julho de 2022 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Os microrganismos indicadores de qualidade avaliados e ausentes nas amostras foram *Bacillus cereus* e *Salmonella* (ausentes) e *Escherichia coli* (< 1 UFC/25 g). Estes resultados evidenciaram que as amostras de

farinhas analisadas possuem qualidade microbiológica satisfatória, estando aptas dessa forma para serem utilizadas na alimentação humana, uma vez que atendem às normas estabelecidas pela legislação vigente.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As farinhas obtidas dos resíduos do abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill) apresentam composição nutricional, parâmetros físico-químicos e compostos bioativos com propriedades antioxidantes e bioacessíveis, sendo uma alternativa tecnológica para o enriquecimento de produtos alimentícios.

Ressalta-se a importância do estímulo e condições adequadas ao aproveitamento industrial e comercial dos resíduos do abacaxi, pois estas frações perfazem alto volume de desperdício da fruta e possuem quantidades significativas de nutrientes e substâncias bioativas. Além disso, o correto manejo dos resíduos possibilita uma diminuição do descarte de resíduos sólidos pelas indústrias de processamento da fruta.

Os dados obtidos reforçam que os resíduos do abacaxi constituem uma das principais matrizes de resíduos agroalimentares para o aproveitamento de compostos bioativos, sendo necessários estudos que avancem no conhecimento sobre o isolamento e a identificação dos compostos, estudos *in vivo* que permitam uma melhor compreensão dos mecanismos de ação antioxidante e da bioacessibilidade destes nutrientes.

REFERÊNCIAS

- ADUMANYA, O. C. U. *et al.* Pineapple Fruit Peels as a Source of Nutraceuticals. In: Food and Agricultural Byproducts as Important Source of Valuable Nutraceuticals. Cham: **Springer International Publishing**, p. 107-115, 2022.
- AGUILAR-MÉNDEZ, M. A. *et al.* Fruit peels as sources of bioactive compounds with antioxidant and antimicrobial properties. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo**, v. 52, n. 1, p. 360-371, 2020.
- AIN, H. B.U. *et al.* Food processing waste: A potential source for bioactive compounds. **Bioactive compounds in underutilized fruits and nuts**, p. 625-649, 2020.
- AL-KHAYRI, J. M. *et al.* Flavonoids as potential anti-inflammatory molecules: A review. **Molecules**, v. 27, n. 9, p. 2901, 2022.
- ALEGRÍA-TORÁN, A.; BARBERÁ-SÁEZ, R.; CILLA-TATAY, A. Bioavailability of minerals in foods. **Handbook of mineral elements in food**, p. 41-67, 2015.
- ALI, A. *et al.* Bioactive Components of Plant Protein Foods in the Prevention and Management of Non-communicable Diseases. In: Plant Protein Foods. Cham: **Springer International Publishing**, p. 381-405, 2022.
- ALMEIDA, J. S. O. *et al.* Feijoa (*Acca sellowiana*) peel flours: A source of dietary fibers and bioactive compounds. **Food Bioscience**. v. 38, 100789, 2020.
- ALMEIDA, M. M. B. *et al.*, Avaliação de macro e microminerais em frutas tropicais cultivadas no nordeste brasileiro. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** 29(3):581-586, 2009.
- ALVES, V. M. *et al.* Gabiroba e Murici: Estudo do valor nutricional e antinutricional da casca, polpa esemente. **Research, Society and Development**. v. 9, n. 5, e152953260, 2020.
- AMORIM, D. S. *et al.* Preparation of chicken nuggets breaded with tropical fruit peel flours: physicochemical and sensory evaluation. **Food Science and Technology**, v. 42, 2022.
- APHA, Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, 3rd Edition, **American Public Health Association**, Washington DC, 1992.
- AWASTHI, M.K. *et al.* Microbial biotechnology approaches for conversion of pineapple waste in to emerging source of healthy food for sustainable environment, **International Journal of Food Microbiology**, v. 373, 109714, 2022.
- AZEEM, S. M. A.; AL MOHESEN, I. A.; IBRAHIM, A. M. H. Analysis of total phenolic compounds in tea and fruits using diazotized aminobenzenes colorimetric spots. **Food Chemistry**, v. 332, 2020.
- BAIDHE, E. *et al.* Unearthing the potential of solid waste generated along the

pineapple drying process line in Uganda: A review. **Environmental Challenges**. v.2, 100012, jan. 2021.

BALT, B. R. A. *et al.* Assessment of Native Flora Species in Relation to Soil Profile on Mount Kasunogan. **SMCC INTERDISCIPLINARY JOURNAL**, v. 1, n. 1, p. 1-1, 2020.

BAO, T., LI, *et al.* Systematic evaluation of polyphenols composition and antioxidant activity of mulberry cultivars subjected to gastrointestinal digestion and gut microbiota fermentation. **Journal of Functional Foods**, 58, 338–349, 2019.

BARUFFALDI, Renato e OLIVEIRA, Maricê Nogueira de. Fatores que condicionam a estabilidade de alimentos. Fundamentos de tecnologia de alimentos. Tradução. São Paulo: **Atheneu**, 1998.

BHATIA, S. K. *et al.* Wastewater based microalgal biorefinery for bioenergy production: Progress and challenges. **Science of the Total Environment**, 751, 141599, 2021.

BEAUCHAT, L. R., *et al.* Low–water activity foods: increased concern as vehicles of foodborne pathogens. **J Food Prot.**, 76(1):150-172, 2013.

BERNARDES, N. R.; PESSANHA, F. F.; OLIVEIRA, D. B. Alimentos funcionais: Uma breve revisão. **Ciência e cultura**, v. 6, n. 2, p. 11-20, 2010.

BISHT, T. S. *et al.* Uma nova abordagem para a minimização e utilização de resíduos específicos de frutas: uma revisão. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 9, n. 1, pág. 712-722, 2020.

BORDIM, J. *et al.* Technological Use of Flour Obtained from the Byproducts of Passion Fruit Albedo and the Residue of the Extraction of the Star Fruit Juice in the Formulation of Cereal Bars. Orbital: **The Electronic Journal of Chemistry**. v. 10, n. 3, p. 211-217, may. 2018.

BORGES, C.D., *et al.* Produção de suco de abacaxi obtido a partir dos resíduos da indústria conserveira. Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos. v. 22, n.1, p. 25-34, 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC N° 263, de 22 de setembro de 2005. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Instrução normativa – IN n° 161, de 1° de julho de 2022. Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. **ANVISA -Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 6 de julho de 2022. Disponível em: < <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-161-de-1-de-julho-de-2022-413366880> >. Acesso em: 05 mar. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Companhia Nacional de Abastecimento. **Compêndio de estudos Conab: A participação do abacaxi no desenvolvimento econômico nas regiões produtoras**. V. 24, 44p., 2020.

Disponível em:

<file:///C:/Users/User/Downloads/Compendio_de_Estudos_da_Conab_-_V.24_-_A_Participacao_do_Abacaxi_no_Desenvolvimento_Economico_nas_Regioes_Produtoras%20(1).pdf>. Acesso em: 31 de outubro de 2022.

BRASIL. **Vitamina C na prevenção e tratamento do Resfriado Comum**. 2023.

Disponível em:< <https://www.ufpb.br/cim/contents/menu/cimforma/vitamina-c-na-prevencao-e-tratamento-do-resfriado-comum#:~:text=A%20Vitamina%20C%20n%C3%A3o%20%C3%A9,dos%20Institutos%20Nacionais%20de%20Sa%C3%BAde.>>. Acesso em 28 de outubro de 2023.

BRITO, T. B. *et al.* Fruit and vegetable residues flours with different granulometry range as raw material for pectin-enriched biodegradable film preparation. **Food Research International**, v. 121, p. 412-421, 2019.

BUTZ, P.; HOFMANN, C.; TAUSCHER, B. Recent developments in noninvasive techniques for fresh fruit and vegetable internal quality analysis. **Journal of food science**, v. 70, n. 9, p. R131-R141, 2005.

BYRESH, T.S. *et al.* Study of prebiotic effect of pineapple crown powder on development of white finger millet vegan probiotic beverage, **Food and Humanity**, v. 1, p. 742-752, 2023.

CAMPOS, D.A. *et al.*, Impact of functional flours from pineapple by-products on human intestinal microbiota, **Journal of Functional Foods**, v. 67, 103830, 2020.

CAMPOS, D. A. *et al.* Integral valorization of pineapple (*Ananas comosus* L.) by-products through a green chemistry approach towards added value ingredients. **Foods**, v. 9, n. 1, p. 60, 2020b.

CAPORALI, S. *et al.* Anti-inflammatory and active biological properties of the plant-derived bioactive compounds luteolin and luteolin 7-glucoside. **Nutrients**, v. 14, n. 6, p. 1155, 2022.

CARBONELL-CAPELLA, J.M. *et al.* Changes of antioxidant compounds in a fruit juice-Stevia rebaudiana blend processed by pulsed electric technologies and ultrasound. **Food and Bioprocess Technology**, 9(7), 1159–1168, 2016.

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

CARNEIRO, W.S.F.R. *et al.* Effect of pineapple peel flour in probiotic ice cream on physicochemical properties, cell viability and sensorial aspects. **Agro Food Academy**, v. 2, p. 223-238, 2022.

CARPENA, M. *et al.* Plant Antioxidants from Agricultural Waste: Synergistic Potential with Other Biological Properties and Possible Applications. In: **Plant Antioxidants and Health**. Cham: Springer International Publishing, p. 343-380, 2022.

CARVALHO, A. R. J. *et al.* Physiological variables in pineapples submitted to

the application of diuron. **Planta Daninha**, v.36, e018179475, 2018.

CARVALHO, M.G. Barras de cereais com amêndoas de chichá, sapucaia e castanha-do-gurguéia, complementadas com casca de abacaxi. 93f. 2008. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

CAVALCANTI, M. A. *et al.* Pesquisa e desenvolvimento de produtos usando resíduos de frutas regionais: Inovação e integração no mercado competitivo. In: **XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, São Carlos – SP, 2010.

CEAGESP - Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura – Normas de Classificação do Abacaxi. Centro de Qualidade em Horticultura-CQH/CEAGESP, 2003. São Paulo. (CQH, Documentos, 24). Disponível em: <https://ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/abacaxi.pdf>. Acesso em 30 de outubro de 2023.

CELESTINO, S. M. C. Princípios de secagem de alimentos. Planaltina, DF: **Embrapa Cerrados**, 51p., 2010.

CHUN, O.C. *et al.* Estimated dietary flavonoid intake and major food sources of U.S. adults. **The Journal of Nutrition**, v. 137, p. 1244-1252, 2007.

CIRÍACO, A. C. de A.; MENDES, R. de M.; CARVALHO, V. S. Antioxidant activity and bioactive compounds in ora-pro-nóbis flour (*Pereskia aculeata* Miller). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 26, 1 jan. 2023.

DAMASCENO, A. K. *et al.* Development of cereal bars containing pineapple peel flour (*Ananas comosus* L. Merrill). **Journal of Food Quality**, v. 39, n. 5, p. 417-424, 2016.

DA ROCHA, T. S. *et al.* Boas práticas pós colheita de frutas e hortaliças: do campo aos supermercados. Campina Grande: **Ampla Editora**, 30p., 2022.

DA SILVA, C. de F. B. *et al.* Identification of pathogenic fungal isolates of the *Fusarium oxysporum* and the *Fusarium fujikuroi* species complex, causing fusariosis in ornamental pineapple, and antifungal activity of elicitors. **European Journal of Plant Pathology**, p. 1-13, 2022.

DE ANCOS, B.; SÁNCHEZ-MORENO, C.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. Pineapple composition and nutrition. **Handbook of pineapple technology: Production, postharvest science, processing and nutrition**, p. 221-239, 2017.

DE AZEVEDO MAIA, M. E. S. *et al.* Avaliação das propriedades físico-químicas de sucos industrializados e à base de frutas. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e692974727-e692974727, 2020.

DE LIMA, C. P. *et al.* Avaliação de compostos bioativos e atividade antioxidante de *Physalis* obtidas em Curitiba e região. **Cadernos da Escola de Saúde**, v. 19, n. 2, p. 40-52, 2019.

DE OLIVEIRA, J. R. *et al.* Ocorrência de plantas daninhas, nutrição e desenvolvimento vegetativo do abacaxizeiro em diferentes arranjos espaciais e manejos do solo. **Scientific Electronic Archives**, v. 15, n. 6, 2022.

DE OLIVEIRA, S. D. *et al.* Improvement in physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of acerola (*Malpighia emarginata* DC) and guava (*Psidium guajava* L.) fruit by-products fermented with potentially probiotic lactobacilli. **LWT**, v. 134, p. 110200, 2020.

DE SANTANA, T. F. T. *et al.* Elaboração e avaliação do iogurte de leite de cabra com geleias de abacaxi (*Ananas comosus*) e noni (*Morinda citrifolia*). **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e3059117673-e3059117673, 2020.

DHALARIA, R. *et al.* Bioactive compounds of edible fruits with their anti-aging properties: A comprehensive review to prolong human life. **Antioxidants**, v. 9, n. 11, p. 1123, 2020.

DIAS, F. G. B. *et al.* Bioaccessibility of the bioactive compounds and antimicrobial activity of aqueous extracts of *Physalis angulata* L. **Revista Ciência Agronômica**. v. 51, n. 3, e20196619, 2020.

DIMA, C. *et al.* Bioavailability and bioaccessibility of food bioactive compounds; overview and assessment by in vitro methods. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 19, n. 6, p. 2862-2884, 2020.

DIÓGENES, B. C. *et al.* Estudo preliminar da elaboração do fermentado de abacaxi com adição de hortelã. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 39, n. 1, p. 26894, 2022.

DOS SANTOS, S. F. *et al.* Post-harvest losses of fruits and vegetables in supply centers in Salvador, Brazil: Analysis of determinants, volumes and reduction strategies. **Waste Management**, v. 101, p. 161-170, 2020.

DLUDLA, P. V. *et al.* Bioactive Properties, Bioavailability Profiles, and Clinical Evidence of the Potential Benefits of Black Pepper (*Piper nigrum*) and Red Pepper (*Capsicum annum*) against Diverse Metabolic Complications. **Molecules**, v. 28, n. 18, p. 6569, 1 jan. 2023.

FABIYI, O. A. *et al.* Application of Composited Municipal Refuse Dump Site Soil, Orange, Potato and Pineapple Peels in the Control of Root Knot Nematode (*Meloidogyne Incognita*) Infecting Carrots (*Daucus Carota* L.). **The Journal of Solid Waste Technology and Management**, v. 48, n. 3, p. 474-485, 2022.

FAGUNDES, G. R.; YAMANISHI, O. K. Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo 'solo' comercializados em 4 estabelecimentos de Brasília – DF. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 3, p. 541-545, 2001.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **Faostat database**. 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/es/#data>>. Acesso em: 27 de

outubro de 2022.

FAOSTAT. (2022). Pineapple production in 2020 (Produção de abacaxi em 2020). Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, Corporate Statistical Database.crops/regions/World list/production quantity <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.

FARINA, V. *et al.* Evolution of carotenoids, sensory profiles and volatile compounds in microwave-dried fruits of three different loquat cultivars (*Eriobotrya japonica* Lindl.). **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 75, p. 200-207, 2020.

FERREIRA, E. A. *et al.* Compostos bioativos e atividade antioxidante de frutos de abacaxi de diferentes cultivares. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, 2016.

FERREIRA, J. N. *et al.* Chemical composition, vitamins, and minerals of family farming biribiri (*Averrhoa bilimbi* L.) in the Middle Doce River region, Minas Gerais, Brazil. **Ciência Rural**, v. 52, p. e20200816, 6 set. 2021.

FIORAVANTI, M. I. A. *et al.* Influence of various ingredients on mineral bioaccessibility in infant formula and whole milk. **International Dairy Journal**, v. 110, p. 104808, 2020.

FORTES, R. R. *et al.* Caracterização física e química de farinha de arroz, farinhas de cascas de abacaxi e banana e farinha de sementes de abóbora. **Research, Society and Development**. v. 9, n. 9, e436997293, 2020.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. Microbiologia dos alimentos. 1 ed. São Paulo, **Atheneu**: 2016.

GERMANO, P. M. L. Higiene e vigilância sanitária de alimentos. 2. ed. São Paulo: **Varela**, 655 p, 2001.

GOMEZ, S. *et al.* Variation in physico-chemical, organoleptic and microbial qualities of intermediate moisture pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) slices during storage. **Food Production, Processing and Nutrition**, v. 4, n. 1, p. 5, 2022.

GREGORY, J.F. Vitaminas. In: DAMODARAN, S; PARKIN, K.L. Química de alimentos de Fennema. 5 ed. Porto Alegre: **Artmed**, p. 539-623, 2019.

GUIMARÃES, P. DE B.; CAPOBIANGO, M.; RAMOS, S. A.; SANTOS, C. C. S. Determinação da composição centesimal de farinha obtida a partir da casca de abacaxi. **Sinapse Múltipla**, v. 6, n. 2, p. 341-344, 18 dez. 2017.

HARRIS, G. K.; MARSHALL, M. R. Ash analysis. **Food analysis**, p. 287-297, 2017.

HEINONEN, M., LEHTONEN, P.J., HOPLA, A. Antioxidant activity of berry and fruit wines and liquor. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 48, 25-31, 1998.

HELAL, A. *et al.* Bioaccessibility of polyphenols and cinnamaldehyde in cinnamon beverages subjected to in vitro gastro-pancreatic digestion. **Journal of Functional**

Foods, v. 7, 506-516, 2014.

HELM, C. V.; RAUPP, D. S.; SANTOS, A. F. Development of peach palm fibrous flour from the waste generated by the heart of palm agribusiness. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 36, n. 1, p. 171-177, jan.-mar. 2014.

HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, P.; BAQUERO, L.P.; LARROTA, H. R. Flavonoids: Potential therapeutic agents by their antioxidant capacity. In: **Bioactive compounds**. Woodhead Publishing, p. 265-288, 2019.

HUE, N. V. Development, impacts and management of soil acidity in Hawaii. J. **Hawaiian & Pacific Agric**, v. 15, p. 14-26, 2008.

HUR, S.J. *et al.* In vitro human digestion models for food applications. **Food Chemistry**, 125(1), 1-12, 2011.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário. Resultados definitivos: Brasil, grandes regiões, e unidades de federação. Agricultura familiar. 2017. Disponível em: < <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>>. Acesso em: 11 jun. 2023.

INADA, K. O. P., *et al.* Screening of the chemical composition and occurring antioxidants in jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) and jussara (*Euterpe edulis*) fruits and their fractions. **J Funct Foods**. 17:422-433, 2015.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de Alimentos. 1a Edição Digital. São Paulo: **IAL**, 2008.

IZLI, N.; IZLI, G.; TASKIN, O. Impact of different drying methods on the drying kinetics, color, total phenolic content and antioxidant capacity of pineapple. **CyTA-Journal of Food**, v. 16, n. 1, p. 213-221, 2018.

JAKOBEK, L.; BLESSO, C. Beneficial effects of phenolic compounds: native phenolic compounds vs metabolites and catabolites. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, p. 1-19, 2023.

JOSE, M.; HIMASHREE, P.; SENGAR, A.A.; 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, 100031, 2022.

JOSHI, S.; PATEL, S. Review on Mechanical and Thermal Properties of Pineapple Leaf Fiber (PALF) Reinforced Composite. **Journal of Natural Fibers**, v. 19, n. 15, p. 10157-10178, 2022.

JUNCAL-GUZMAN, D. *et al.* In vitro gastrointestinal digestion and colonic fermentation of phenolic compounds in UV-C irradiated pineapple (*Ananas comosus*) snack-bars. **LWT-Food Science and Technology**, v. 138, 110636, 2021.

KAMILOGLU, S.; CAPANOGLU, E.; JAFARI, S. M. An Overview of Food Bioactive

Compounds and Their Health-Promoting. **Retention of Bioactives in Food Processing**, p. 1, 2022.

KARIMI, A. *et al.* Bioactive compounds from by-products of eggplant: Functional properties, potential applications and advances in valorization methods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 112, p. 518-531, 2021.

KIRST, B. B.; CARVALHO, C. BELING, R. R. Anuário brasileiro de horti&fruit 2021. **Editora Gazeta Santa Cruz**, 104p, 2021.

KUMAR, H. *et al.* Fruit and vegetable peels: Utilization of high value horticultural waste in novel industrial applications. **Molecules**, v. 25, n. 12, p. 2812, 2020.

KUMAR, R.; RIZVI, S. I. Vitamin C Improves Inflammatory-related Redox Status in Hyperlipidemic Rats. **Indian Journal of Clinical Biochemistry**, p. 1-7, 2022.

KUMAR, V.; GARG, V.; DUREJA, H. Therapeutic Application of Pineapple: A Review. **Recent Adv Food Nutr Agric**. 2023;14(2):107-125, 2023.

KUMAR, Y. *et al.* Cultivation of microalgae on food waste: Recent advances and way forward. **Bioresource Technology**, p. 127834, 2022.

KUMARA, B. A. M. S.; HETTIGE, K. D.T. Ripening stage affects the quality of fresh and dehydrated pineapples (*Ananas comosus* (L.) Merr.) cv. Mauritius in Sri Lanka. **Sustainable Food Production**, v. 8, p. 29-37, 2020.

LANDAU, E. C. *et al.* Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas: produtos de origem vegetal. Brasília, DF: **Embrapa**, 2020. v. 2, cap. 9, p. 237-261. 2020.

LARROSA, A. P. Q.; OTERO, D. M. Flour made from fruit by-products: Characteristics, processing conditions, and applications. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 45, n. 5, p. e15398, 2021.

LASUNON, P. *et al.* Total phenolic compound and its antioxidant activity of by-product from pineapple. **Food Research**, v. 6, n. 4, p. 107-112, 2022.

LEONEL, S., LEONEL, M., SAMPAIO, A. C. Processamento de frutos de abacaxizeiro cv Smooth Cayenne: perfil de açúcares e ácidos dos sucos e composição nutricional da farinha de cascas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 36(2), 433–439, 2014.

LI, T. *et al.* Major polyphenolics in pineapple peels and their antioxidant interactions. **International journal of food properties**, v. 17, n. 8, p. 1805-1817, 2014.

LIMA, A. R. N. *et al.* Caracterização Físico-química e Microbiológica de Biscoitos Confeccionados com Farinha de Resíduos de Frutas. **Research, Society and Development**. v.8, n. 11, p. e198111452. 2019.

LIMA, D. S. *et al.* Passion fruit and apple: from residues to antioxidant, antimicrobial

and anti-Alzheimer's potential. **Ciência Rural**. v.48, n. 09, e20180076. 2018.

LIMA, J. R. F.; PEDROSO, M. T. M. Impactos da crise do coronavírus nas cadeias produtivas de frutas e hortaliças brasileiras. **Revista de Economia e Agronegócio**. v.18, n. 2, p. 1-10, 2020.

LIU, S.; LI, S.; HO, C-T. Dietary bioactives and essential oils of lemon and lime fruits. **Food Science and Human Wellness**, v. 11, n. 4, p. 753-764, 2022.

LOH, S. C. *et al.* Extracts of peel and different parts of md2 pineapple as potent nutraceuticals. **TJPS**, v. 41, n. 5th, p. 49, 2017.

LOPERA-CARDONA S. *et al.* Comparative study of the physicochemical, compositional and functional properties of eight flours obtained from different plant materials found in Colombia. **Food Science and Technology International**. v. 22, p. 699-707, 2016.

LOURENÇO, SC; CAMPOS DA, GÓMEZ-GARCÍA R, *et al.* Optimization of Natural Antioxidants Extraction from Pineapple Peel and Their Stabilization by Spray Drying. **Foods**. 10(6):1255. 2021.

LOURENÇO, S.C.; MOLDÃO-MARTINS, M.; ALVES, V.D. Microencapsulation of Pineapple Peel Extract by Spray Drying Using Maltodextrin, Inulin, and Arabic Gum as Wall Matrices. **Foods**. v. 9, 718, 2020.

MADHUMEENA, S.; PREETHA, R.; PRASAD, Sandip. Effective utilization of pineapple waste. In: **Journal of Physics: Conference Series**. IOP Publishing, p. 012001, 2021.

MAIA, V. M.; ASPIAZÚ, I.; PEGORATO, R. F. Sustainable weed control in pineapple. In: KORRES, N. E.; BURGOS, N. E.; DUKE, S. O. (ed.). *Weed control: Sustainability, hazards and risks in Cropping systems worldwide*. Boca Raton, FL: CRC Press (Taylor & Francis Group), cap. 25. p. 470-484, 2018.

MARQUES, T. R. *et al.* Chemical constituents and technological functional properties of acerola (*Malpighia emarginata* DC.) waste flour. **Food Science and Technology**. v. 33, n. 3, p. 526-531, jul-sep. 2013.

MELO, E. A.; ANDRADE, R. A. M. S. Compostos bioativos e potencial antioxidante de frutos de umbuzeiro. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 3, p. 453-457, 2010.

MELQUIADES, R. *et al.* Aproveitamento de resíduo de frutas e hortaliças como fonte de fibras. In: *anais do simpósio latino americano de ciências de alimentos*. Anais eletrônicos - Campinas, Galoá, 2013.

MILIÃO, G. L. *et al.* Unconventional food plants: Nutritional aspects and perspectives for industrial applications. **Future Foods**, v. 5, p. 100124, 2022.

MOHSIN, A. *et al.* Pineapple. In **Antioxidants in fruits: Properties and health**

benefits. Nayik, G.A., Gull, A., Eds.; Springer: Singapore, p. 379-396, 2020.

MOKRANI, A.; MADANI, K. Effect of solvent, time and temperature on the extraction of phenolic compounds and antioxidant capacity of peach (*Prunus persica* L.) fruit. Sep. Purif. **Technol.** 2016.

MONTEIRO, G. C. *et al.* Bioactive compounds and antioxidant capacity of grape pomace flours. LTW – **Food Science & Tecnology**. v. 135, p. 110053, jan. 2021.

MONTEIRO, S. A. *et al.* Preparation, phytochemical and bromatological evaluation of flour obtained from the acerola (*Malpighia puniceifolia*) agroindustrial residue with potential use as fiber source. LTW – **Food Science & Tecnology**. v. 134, p. 110142, dec. 2020.

MORENO, S. R. *et al.* Considerations when brewing with fruit juices: A review and Case study using peaches. **Fermentation**, v. 8, n. 10, p. 567, 2022.

MORETTO, S. P.; NODARI, E. S.; NODARI, R. O. Fruit frontiers: research on feijoa cultivation in Brazil and Colombia. **Diálogos Latinoamericanos**, v. 30, 2022.

MUNIZ, B. C. *et al.* Cultivation protocol using a coir-based substrate modulates the concentration of bioactive compounds and the antioxidant activity of *Passiflora alata* Curtis seedlings. **Ciencia E Agrotecnologia**, v. 47, 1 jan. 2023.

MUNTEAN, M. V. *et al.* A sustainable approach for the development of innovative products from fruit and vegetable by-products. **Sustainability**, v. 14, n. 17, p. 10862, 2022.

NARDINI, M. Phenolic compounds in food: Characterization and health benefits. **Molecules**, v. 27, n. 3, p. 783, 2022.

NARITA, I. M. P. *et al.* Bioacessibilidade in vitro de carotenoides e compostos fenólicos e capacidade antioxidante de farinhas do frutopequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Brazilian Journal of Food Technology**. v. 25, e2021068, 2022.

NATH, P.C. *et al.* Recent advances in valorization of pineapple (*Ananas comosus*) processing waste and by-products: A step towards circular bioeconomy. **Trends in Food Science & Technology**, v. 136, p. 100-111, 2023.

NOGATA, Y. *et al.* Flavonoid composition of fruit tissues of citrus species. **Bioscience, biotechnology, and biochemistry**, v. 70, n. 1, p. 178-192, 2006.

NOGUEIRA, T. B. B. *et al.* Characterization of bioactive compounds profile of pineapple crown (*Ananas comosus*) determined by GC-MS and UPLC-MS-MS. In: Proceedings of 1st International Congress on Bioactive Compounds and 2nd International Workshop on Bioactive Compounds, v. 1, Campinas, 2018.

NYANCHOKA, M. A. *et al.* Fruit and vegetable consumption patterns and risk of chronic diseases of lifestyle among university students in Kenya. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 12, p. 6965,

2022.

OLAIMAT, A. N. *et al.* Microbial safety of oily, low water activity food products: A review. **Food Microbiology**, v. 92, p. 103571, 2020.

OLIVEIRA, G. K. C. *et al.* Resíduos agrícolas do nordeste brasileiro e seu potencial lignocelulósico. In: SILVA, G. F. (Org.) *et al.* **Energias alternativas: tecnologias sustentáveis para o nordeste brasileiro**. Aracaju: Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual, p. 163-188, 2019.

ORDÓÑEZ, J. A. *et al.* Tecnologia de alimentos: alimentos de origem animal. Porto Alegre: **Artmed**, v. 2. 2005.

OWOEYE, T. F. *et al.* Phytochemical constituents and proximate analysis of dry pineapple peels. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. **IOP Publishing**, p. 012027, 2022.

PACHECO, N. I. *et al.* Caracterização do abacaxi e sua casca como alimento funcional: revisão narrativa. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, p. e46011326840-e46011326840, 2022.

PAIVA, A.P; BARCELOS, M.F. P. Estudos Tecnológico, químico, físicoquímico e sensorial de barras alimentícias elaboradas com subprodutos e resíduos agroindustriais. 143f. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

PAIVA, C.L., Ácidos fenólicos e aminas bioativas livres e conjugadas em sorgo: teores e atividade antioxidante, Tese de doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, 191p., 2014.

PANDIT, P. *et al.* Pineapple leaf fibre: Cultivation and production. **Pineapple Leaf Fibers: Processing, Properties and Applications**, p. 1-20, 2020.

PATEL, J. *et al.* Stability of vitamin C, color, and garlic aroma of garlic mashed potatoes in polymer packages processed with microwave-assisted thermal sterilization technology. **Journal of Food Science**, v. 85, n. 9, p. 2843-2851, 2020.

PATRA, D., Leisnham, P. T., Tanui, C. K., & Pradhan, A. K. Evaluation of global research trends in the area of food waste due to date labeling using a scientometrics approach. 2020.

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

PRUDÊNCIO DOS SANTOS, J. R. *et al.* Dynamics of the weed community during pineapple growth in the Brazilian semi-arid region. **Agroñomía Colombiana**, v. 40, n. 1, p. 109-119, 2022.

RAMÍREZ-PULIDO, B. *et al.* Comparative consumer and physicochemical analysis of

del monte hawai'i gold and Smooth Cayenne pineapple cultivars. **Journal of Food Quality**, v.30, 135–159, 2021.

RIBAS, J. C. R. *et al.* Bioactive compounds and antioxidant activity of leaves from olive trees grown in Paraná, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 58, p. e03025, 17 fev. 2023.

RICO, X. *et al.* Recovery of high value-added compounds from pineapple, melon, watermelon and pumpkin processing by-products: An overview. **Food Research International**. v. 132, p. 109086, jun. 2020.

RIVERA, A. M. P. *et al.* Bioprocessing of pineapple waste biomass for sustainable production of bioactive compounds with high antioxidant activity. **Journal of Food Measurement and Characterization**, p. 1-21, 2022.

RODA, A.; LAMBRI, M. Food uses of pineapple waste and by-products: a review. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 54, n. 4, p. 1009-1017, 2019.

RODRIGUES, R. da S. *et al.* Qualidade microbiológica de açaí comercializado na cidade de Guanambi-BA. **Higiene Alimentar**, p. 2818-2822, 2019.

SAH, B.N.P. *et al.* Effect of refrigerated storage on probiotic viability and the production and stability of antimutagenic and antioxidant peptides in yogurt supplemented with pineapple peel, **Journal of Dairy Science**, 98(9), 5905–5916, 2015.

SAMPAIO, A. *et al.* Amino-etil-aviglicina (AVG) na inibição da diferenciação floral natural do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne'. **Revista AgroFIB**, v. 2, 2022.

SANTOS, C. C. S. *et al.* Determinação da composição centesimal de farinha obtida a partir da casca de abacaxi. **Sinapse Múltipla**. v. 6, n. 2, p. 341-344, dez. 2017.

SANTOS, E. G. P. *et al.* Características físico-químicas e instrumental de textura do néctar de umbu. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. Foz do Iguaçu – PR. 2016.

SAQUET, L. D.; CHIM, J. F.. Compostos bioativos da amora-preta (*Rubus* spp): uma revisão. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 11, n. 4, p. 35-53, 2020.

SARANGI, P. K. *et al.* Sustainable utilization of pineapple wastes for production of bioenergy, biochemicals and value-added products: A review. **Bioresource Technology**, p. 127085, 2022.

SARKAR, T. *et al.* Application of fuzzy logic analysis on pineapple rasgulla. **Procedia Computer Science**, v. 167, p. 779-787, 2020a.

SARKAR, T. *et al.* Comparative study of predictability of response surface methodology (RSM) and artificial neural network-particle swarm optimization (ANN-PSO) for total colour difference of pineapple fortified rasgulla processing. **International Journal of Intelligent Networks**, v. 1, p. 17-31, 2020b.

SARKAR, T. *et al.* Minor tropical fruits as a potential source of bioactive and functional foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, p. 1-45, 2022.

SARKAR, T. *et al.* The impact of raw and differently dried pineapple (*Ananas comosus*) fortification on the vitamins, organic acid and carotene profile of dairy rasgulla (sweetened cheese ball). **Heliyon**, v. 6, n. 10, 2020.

SENADEERA, W. *et al.* Influence of different hot air drying temperatures on drying kinetics, shrinkage, and colour of persimmon slices. **Foods**, v. 9, n. 1, p. 101, 2020.
SEPTEMBRE-MALATERRE, A.; REMIZE, F.; POUCHERET, P. Fruits and vegetables, as a source of nutritional compounds and phytochemicals: Changes in bioactive compounds during lactic fermentation. **Food Research International**, v. 104, p. 86–99, fev. 2018.

SHAHIDI, F., NACZK, M. Food phenolics: Sources, chemistry, effects and applications. Lancaster, PA: Technomic Publishing Company, 1995.

SHARMA, A. *et al.* Response of phenylpropanoid pathway and the role of polyphenols in plants under abiotic stress. **Molecules**, v. 24, n. 13, p. 2452, 2019.

SHARMA, P., RAMCHIARY, M., SAMYOR, D., DAS, A. B. Study on the phytochemical properties of pineapple fruit leather processed by extrusion cooking. **LWT – Food Science and Technology**, 72, 534–543, 2016.

SHARMA S. *et al.* Effects of pineapple peel ethanolic extract on the physicochemical and textural properties of surimi prepared from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). **Foods**, v. 15, p. 3223, 2022.

SILVA, J.S. *et al.* Effect of drying on nutritional composition, antioxidant capacity and bioactive compounds of fruits co-products. **Food Sci Technol.**, v. 40, p. 810-816, 2020.

SHI, L. *et al.* Extraction and characterization of phenolic compounds and their potential antioxidant activities. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 54, p. 81112-81129, 2022.

SHIRAHIGUE, L. D.; CECCATO-ANTONINI, S. R. Agro-industrial wastes as sources of bioactive compounds for food and fermentation industries. **Ciência Rural**, v. 50, n. 4, e20190857, 2020.

SINGH, A. *et al.* Production of bioethanol from food waste: Status and perspectives. **Bioresource Technology**, p. 127651, 2022.

SITI ROHA, A. M. *et al.* Determination of sugar content in pineapple waste variety N36. **Int. Food Res. J**, v. 20, n. 4, p. 1941-1943, 2013.

SOUSA, B. A. A. Funcionalidade dos extratos fenólicos obtidos pelo cultivo semi-sólido de resíduos de abacaxi (*Ananas comosus* L.) e goiaba (*Psidium guajava* L.). 120p., Dissertação. (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio

Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2009.

SOUZA, L. F. S.; OLIVEIRA, A. M. G. Calagem e adubação para o abacaxizeiro. In: Borges, A. L. Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá. 2ª ed. Brasília: **Embrapa**, 2021.

SOUZA, L.S. *et al.* 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, e33101421713, 2021.

SOUZA, M. E. A. O. *et al.* Determinação da capacidade antioxidante do extrato do pó da casca do abacaxi aplicando diferentes técnicas de extração. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, e155101018574, 2021.

SOUZA, R. S. *et al.* Análise sensorial de cookie desenvolvidos com farinha da casca de abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merril). **Research, Society and Development**. v. 9, n. 4, e45942816, 2020.

STATISTA. Leading countries in pineapple production worldwide in 2019. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/298517/global-pineapple-production-by-leading-countries/>>. Acesso em: 11 jun. 2021.

STEINGASS, C. B. *et al.* HPLC-DAD-APCI-MSn analysis of the genuine carotenoid pattern of pineapple (*Ananas comosus* [L.] Merr.) infructescence. **Food Research International**, v. 127, p. 108709, 2020.

STORCK, C. R. *et al.* Qualidade microbiológica e composição de farinhas de resíduos da produção de suco de frutas em diferentes granulometrias. **Brazilian Journal of Food Technology**. v.18, n. 4, p277-284, out./dez. 2015.

SULERIA, H.A.R. *et al.* Screening and characterization of phenolic compounds and their antioxidant capacity in different fruit peels. **Foods**, v. 1; p. 1206, 2020.

Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA). Universidade de São Paulo (USP). Food Research Center (FoRC). Versão 7.1. São Paulo, 2020.

TACO. Tabela brasileira de composição de alimentos. Núcleo de estudos e pesquisas em alimentação. Universidade Estadual de Campinas. 4. ed. revisada e ampliada. Campinas: NEPA/UNICAMP, p. 161, 2011.

TCHABO, W. *et al.* In vitro assessment of the effect of microencapsulation techniques on the stability, bioaccessibility and bioavailability of mulberry leaf bioactive compounds. **Food Bioscience**, v. 47, p. 101461, 2022.

TEKDAL, H.G., YILMAZ, A., DURMUS, A., Experimental and theoretical investigation of drying pineapple by natural means, **Engineer and Machinery**, v. 63, n. 707, p. 314-332, 2022.

THAKUR, N. *et al.* Recent updates on bioaccessibility of phytonutrients. Trends in

Food Science & Technology, v. 97, p. 366-380, 2020.

TOLEDO, N. M. V. *et al.* Characterization of apple, pineapple, and melon by-products and their application in cookies formulations as an alternative to enhance the antioxidant capacity. **Journal of Food Processing and Preservation**. v. 43, n. 9, e14100, set. 2019.

TUFFI, L. C. *et al.* Valorization of Vegetable Fresh-Processing Residues as Functional Powdered Ingredients. A Review on the Potential Impact of Pretreatments and Drying Methods on Bioactive Compounds and Their Bioaccessibility. *Front. Sustain. Food Syst.*, 5:654313, apr. 2021.

UCHOA, A. M. A., *et al.* Parâmetros físico-químicos, teor de fibra bruta e alimentar de pós alimentícios obtidos de resíduos de frutas tropicais. V. 15 n. 2, Segurança Alimentar e Nutricional. 2008.

ULLAH, H. I., *et al.* An integrated sustainable biorefinery concept towards achieving zero-waste production. *Journal of Cleaner Production*, 336, 30317, 2022.

VALVERDE, B. E.; CHAVES, L. The banning of bromacil in Costa Rica. *Weed Science*, v.68, n.3, 2020.

VARZAKAS, T.; ZAKYNTINOS, G.; VERPOORT, F. Plant food residues as a source of nutraceuticals and functional foods. **Foods**. v. 5, n. 4, p. 88-120. 2016.

VASCONCELOS, G. *et al.* Evaluation of nutritional composition of flour residue of mangaba processing. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, 1 jan. 2023.

VELDERRAIN-RODRÍGUEZ, G. *et al.* Effect of dietary fiber on the bioaccessibility of phenolic compounds of mango, papaya and pineapple fruits by an in vitro digestion model. **Food Science and Technology**, v. 36, n. 2, p. 188–194, 5 fev. 2016.

VIDAL, M. F. Produção comercial de frutas na área de atuação do BNB. *Caderno Setorial ETENE*, ano 6, nº 168, jun. 2021.

VILLALOBOS, D.; RODRÍGUEZ, K. A. F.; GUTIÉRREZ, A. J. E. Why do we need more research on pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.)? A discussion based on a bibliometric review. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 45, ed. 0-90, 2023.

WAUGHON, T.G.M. Caracterização e processamento do resíduo fibroso gerado na industrialização do suco de abacaxi. 2006. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Pará, Belém.

XU, L. *et al.* Main flavor compounds and molecular regulation mechanisms in fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, p. 1-21, 2022.

XU, Z-P. *et al.* Phenolic compounds of *Solanum xanthocarpum* play an important role in anti-inflammatory effects. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 15, n. 7, p. 103877, 2022.

YANFANG, Z. *et al.* Expandable polyethylene bag can improve fruit quality of

pineapple cv. "MD-2". **Ciência Rural**, v. 53, n. 2, 2023.

YANG, D. *et al.* LC-ESI-QTOF/MS characterization of Australian herb and spices (garlic, ginger, and onion) and potential antioxidant activity. **J Food Process Preserv.**, v. 44, e14497, 2020.

YI, L.; MA, S.; REN, D. Phytochemistry and bioactivity of Citrus flavonoids: a focus on antioxidant, anti-inflammatory, anticancer and cardiovascular protection activities. **Phytochemistry Reviews**, v. 16, p. 479-511, 2017.

ZEGARRA, M. C. C. P. *et al.* Chitosan films incorporated with antioxidant extract of acerola agroindustrial residue applied in chicken thigh. **Journal of food processing and preservation**. v. 42, n. 4, p.e13578, 2018.

ZENG, Y. *et al.* By-Products of Fruit and Vegetables: Antioxidant Properties of Extractable and Non-Extractable Phenolic Compounds. **Antioxidants**, v. 12, n. 2, p. 418, 2023.

ZHITKOVICH, A. Nuclear and cytoplasmic functions of vitamin C. **Chemical research in toxicology**, v. 33, n. 10, p. 2515-2526, 2020.

ANEXOS

ANEXO A – Relatórios de ensaio microbiológico da farinha do resíduo do abacaxi



Laboratório de Análise de Água, Alimentos e Efluentes Industriais
 Contatos: (81) 3045-3185 | (81) 99681-0297
 www.aqualyse.com.br | comercial@aqualyse.com.br
 Rev. 00 – Aprovador: GA

Relatório de Ensaio Nº: 648.2023.B- V.0

01. Dados Contratação:	
Solicitante:	
Razão Social:	THYAGO MOREIRA DE QUEIROZ
Proposta Comercial:	89.2023.V3
CNPJ/CPF:	054.442.024-17
Endereço:	Rua Alto do Reservatório,s/n Bela Vista - Vitória de Santo Antão/PE CEP: 55608680
Responsável pela Solicitação:	Amanda Nayane E-mail: amanda.nayane@ufpe.br

02. Dados da Amostra fornecida pelo Cliente:	
Descrição da Amostra:	FARINHA DO RESÍDUO DE ABACAXI - AMOSTRA 1
Endereço Amostragem:	Rua Alto do Reservatório,s/n, Bela Vista Cidade: Vitória de Santo Antão/PE CEP: 55608680
Matriz e Origem Amostra:	MASSAS - Farinhas, Amido, Féculas e Fúbas
Data de Amostragem:	20/10/2022 08:00:00
Data Recebimento:	10/02/2023 08:45:00
Responsável pela Liberação:	giuliano.alves
Data Liberação:	02/03/2023

03. Resultados:			
Parâmetros	Resultados	Un Trab	IN N° 161/22
ENSAIOS MICROBIOLÓGICOS			
<i>Bacillus cereus</i> presuntivo/g	AUSÊNCIA	UFC/25g	N.A
<i>Escherichia coli</i> /g	<1,0	UFC/25g	N.A
<i>Salmonella</i> /25g	AUSÊNCIA	/25g	N.A

Legislação: Valores de referência estabelecidos conforme INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 161, DE 1º DE JULHO DE 2022 - ANVISA

Relatório de Ensaio tipo B

Legenda

UFC/25g - Unidade Formadora de Colônia por 25 gramas, /25g - Por vinte e cinco gramas

Referência(s) Normativa(s): - Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods - APHA/AWWA/WEF
 L.Q. - Limite de Quantificação, VMP - Valor Máximo Permitido, N.A. - Não Aplicável

Informações Adicionais

- * Os resultados desta análise têm significado restrito e se aplicam somente a amostra analisada.
- * Este relatório somente pode ser reproduzido por completo e sem nenhuma alteração.
- * Os ensaios são realizados na Unidade Técnica - Caruaru/PE.

02/03/2023 09:07:06



Documento assinado eletronicamente conforme MP nº 2.200-2/2001. O uso de certificados emitidos no âmbito da ICP-Brasil tem validade jurídica.

Giuliano Rodrigo Monteiro Alves
 2370

Giuliano Rodrigo Monteiro Alves
 2370

Eusileide Sulanne R. Lopes de Melo - CREA-PE-048005 - Engenheira Química
 Giuliano Rodrigo Monteiro Alves - CRBM-2370 - II Região - Biomédico
 Luara Santos Souza - CRBM-8959 - II Região - Biomédica

Código de Verificação: 001540000697000037070202300000

Licenças expedidas



Matriz: Rua Gouveia de Barros, 100, Maurício de Nassau, Caruaru-PE | CNPJ 13.448.179/0001-96

Filial: Rua João Franklin Cordeiro, 103, Ayrton Maciel, Belo Jardim- PE | CNPJ 13.448.179/0002-77 | Licença Vigilância N° 4.4.88.0019-0928.14
 Licença CPEH N° 03.19.05.001800-3

Versão: - Amostra: 648.2023 || Data Emissão: 02/03/2023 - Página.: 1/1



Laboratório de Análise de Água, Alimentos e Efluentes Industriais

Contatos: (81) 3045-3185 | (81) 99681-0297

www.aqualyse.com.br | comercial@aqualyse.com.br

Rev. 00 - Aprovador: GA

Relatório de Ensaio Nº: 649.2023.B- V.0**01. Dados Contratação:****Solicitante:**

Razão Social: THYAGO MOREIRA DE QUEIROZ
Proposta Comercial: 89.2023.V3
CNPJ/CPF: 054.442.024-17
Endereço: Rua Alto do Reservatório,s/n Bela Vista - Vitória de Santo Antão/PE **CEP:** 55608680
Responsável pela Solicitação: Amanda Nayane **E-mail:** amanda.nayane@ufpe.br

02. Dados da Amostra fornecida pelo Cliente:

Descrição da Amostra: FARINHA DO RESÍDUO DE ABACAXI - AMOSTRA 2
Endereço Amostragem: Rua Alto do Reservatório,s/n, Bela Vista **Cidade:** Vitória de Santo Antão/PE **CEP:** 55608680
Matriz e Origem Amostra: MASSAS - Farinhas, Amido, Féculas e Fúbas
Data de Amostragem: 20/10/2022 08:00:00 **Responsável pela Amostragem:** Solicitante
Data Recebimento: 10/02/2023 08:45:00
Responsável pela Liberação: giuliano.alves **Data Liberação:** 02/03/2023

03. Resultados:

Parâmetros	Resultados	Un Trab	IN N° 161/22
ENSAIOS MICROBIOLÓGICOS			
<i>Bacillus cereus</i> presuntivo/g	AUSÊNCIA	UFC/25g	N.A
<i>Escherichia coli</i> /g	<1,0	UFC/25g	N.A
<i>Salmonella</i> /25g	AUSÊNCIA	/25g	N.A

Legislação: Valores de referência estabelecidos conforme INSTRUÇÃO NORMATIVA N° 161, DE 1° DE JULHO DE 2022 - ANVISA

Relatório de Ensaio tipo B

Legenda

UFC/25g - Unidade Formadora de Colônia por 25 gramas, /25g - Por vinte e cinco gramas

Referência(s) Normativa(s): - Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods - APHA/AWWA/WEF
 L.Q. - Limite de Quantificação, VMP - Valor Máximo Permitido, N.A. - Não Aplicável

Informações Adicionais

- * Os resultados desta análise têm significado restrito e se aplicam somente a amostra analisada.
- * Este relatório somente pode ser reproduzido por completo e sem nenhuma alteração.
- * Os ensaios são realizados na Unidade Técnica - Caruaru/PE.

02/03/2023 09:07:14



Assinatura digital
 Giuliano R. Monteiro Alves
 CRBM-2370

Documento assinado eletronicamente conforme MP nº 2.200-2/2001. O uso de certificados emitidos no âmbito da ICP-Brasil tem validade jurídica.

Giuliano Rodrigo Monteiro Alves
 2370

Eusleide Suianne R. Lopes de Melo - CREA-PE-048005 - Engenheira Química
 Giuliano Rodrigo Monteiro Alves - CRBM-2370 - II Região - Biomédico
 Luara Santos Souza - CRBM-8959 - II Região - Biomédica

Código de Verificação: 0015400000697000037080202300000

Licenças expedidas



Matriz: Rua Gouveia de Barros, 100, Maurício de Nassau,
 Caruaru-PE | CNPJ 13.448.179/0001-96

Filial: Rua João Franklin Cordeiro, 103, Ayrton Maciel, Belo Jardim- PE
 | CNPJ 13.448.179/0002-77 | Licença Vigilância N° 4.4.88.0019.0928.14
 Licença CPRH N° 03.19.05.001800-3

Versão: - Amostra: 649.2023 || Data Emissão:02/03/2023 - Página.:1/1



Laboratório de Análise de Água, Alimentos e Efluentes Industriais
 Contatos: (81) 3045-3185 | (81) 99681-0297
 www.aqualyse.com.br | comercial@aqualyse.com.br
 Rev. 00 - Aprovador: GA

Relatório de Ensaio Nº: 650.2023.B- V.0

01. Dados Contratação:	
Solicitante:	
Razão Social:	THYAGO MOREIRA DE QUEIROZ
Proposta Comercial:	89.2023.V3
CNPJ/CPF:	054.442.024-17
Endereço:	Rua Alto do Reservatório,s/n Bela Vista - Vitória de Santo Antão/PE CEP: 55608680
Responsável pela Solicitação:	Amanda Nayane E-mail: amanda.nayane@ufpe.br

02. Dados da Amostra fornecida pelo Cliente:	
Descrição da Amostra:	FARINHA DO RESÍDUO DE ABACAXI - AMOSTRA 3
Endereço Amostragem:	Rua Alto do Reservatório,s/n, Bela Vista Cidade: Vitória de Santo Antão/PE CEP: 55608680
Matriz e Origem Amostra:	MASSAS - Farinhas, Amido, Féculas e Fúbas
Data de Amostragem:	20/10/2022 08:00:00
Responsável pela Amostragem:	Solicitante
Data Recebimento:	10/02/2023 08:45:00
Responsável pela Liberação:	giuliano.alves
Data Liberação:	02/03/2023

03. Resultados:			
Parâmetros	Resultados	Un Trab	IN N° 161/22
ENSAIOS MICROBIOLÓGICOS			
<i>Bacillus cereus/presuntivo/g</i>	AUSÊNCIA	UFC/25g	N.A
<i>Escherichia coli/g</i>	<1,0	UFC/25g	N.A
<i>Salmonella/25g</i>	AUSÊNCIA	/25g	N.A

Legislação: Valores de referência estabelecidos conforme INSTRUÇÃO NORMATIVA N° 161, DE 1° DE JULHO DE 2022 - ANVISA

Relatório de Ensaio tipo B

Legenda

UFC/25g - Unidade Formadora de Colônia por 25 gramas, /25g - Por vinte e cinco gramas

Referência(s) Normativa(s): - Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods - APHA/AWWA/WEF
 L.Q. - Limite de Quantificação, VMP - Valor Máximo Permitido, N.A. - Não Aplicável

Informações Adicionais

- * Os resultados desta análise têm significado restrito e se aplicam somente a amostra analisada.
- * Este relatório somente pode ser reproduzido por completo e sem nenhuma alteração.
- * Os ensaios são realizados na Unidade Técnica - Caruaru/PE.

02/03/2023 09:07:21



Assinatura digital de Giuliano Rodrigo Monteiro Alves

Documento assinado eletronicamente conforme MP nº 2.200-2/2001. O uso de certificados emitidos no âmbito da ICP-Brasil tem validade jurídica.

Giuliano Rodrigo Monteiro Alves
2370

Eusleide Suianne R. Lopes de Melo - CREA-PE-048005 - Engenheira Química
 Giuliano Rodrigo Monteiro Alves - CRBM-2370 - II Região - Biomédico
 Luara Santos Souza - CRBM-8959 - II Região - Biomédica

Código de Verificação: 001540000697000037090202300000

Licenças expedidas



Matriz: Rua Gouveia de Barros, 100, Maurício de Nassau,
Caruaru-PE | CNPJ 13.448.179/0001-96

Filial: Rua João Franklin Cordeiro, 103, Ayrton Maciel, Belo Jardim- PE
 | CNPJ 13.448.179/0002-77 | Licença Vigilância N° 4.4.88.0019.0928.14
 Licença CPRH N° 03.19.05.001800-3

Versão: - Amostra: 650.2023 || Data Emissão:02/03/2023 - Página.:1/1



Laboratório de Análise de Água, Alimentos e Efluentes Industriais
 Contatos: (81) 3045-3185 | (81) 99681-0297
 www.aqualyse.com.br | comercial@aqualyse.com.br
 Rev. 00 – Aprovador: GA

Relatório de Ensaio Nº: 651.2023.B- V.0

01. Dados Contratação:

Solicitante:

Razão Social: THYAGO MOREIRA DE QUEIROZ
 Proposta Comercial: 89.2023.V3
 CNPJ/CPF: 054.442.024-17
 Endereço: Rua Alto do Reservatório,s/n Bela Vista - Vitória de Santo Antão/PE CEP: 55608680
 Responsável pela Solicitação: Amanda Nayane E-mail: amanda.nayane@ufpe.br

02. Dados da Amostra fornecida pelo Cliente:

Descrição da Amostra: FARINHA DO RESÍDUO DE ABACAXI - AMOSTRA 4
 Endereço Amostragem: Rua Alto do Reservatório,s/n, Bela Vista Cidade: Vitória de Santo Antão/PE CEP: 55608680
 Matriz e Origem Amostra: MASSAS - Farinhas, Amido, Féculas e Fúbas
 Data de Amostragem: 20/10/2022 08:00:00 Responsável pela Amostragem: Solicitante
 Data Recebimento: 10/02/2023 08:45:00
 Responsável pela Liberação: giuliano.alves Data Liberação: 02/03/2023

03. Resultados:

Parâmetros	Resultados	Un Trab	IN N° 161/22
ENSAIOS MICROBIOLÓGICOS			
<i>Bacillus cereus</i> presuntivo/g	AUSÊNCIA	UFC/25g	N.A
<i>Escherichia coli</i> /g	<1,0	UFC/25g	N.A
<i>Salmonella</i> /25g	AUSÊNCIA	/25g	N.A

Legislação: Valores de referência estabelecidos conforme INSTRUÇÃO NORMATIVA N° 161, DE 1° DE JULHO DE 2022 - ANVISA

Relatório de Ensaio tipo B

Legenda

UFC/25g - Unidade Formadora de Colônia por 25 gramas, /25g - Por vinte e cinco gramas

Referência(s) Normativa(s): - Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods - APHA/AWWA/WEF
 L.Q. - Limite de Quantificação, VMP - Valor Máximo Permitido, N.A. - Não Aplicável



Informações Adicionais

- * Os resultados desta análise têm significado restrito e se aplicam somente a amostra analisada.
- * Este relatório somente pode ser reproduzido por completo e sem nenhuma alteração.
- * Os ensaios são realizados na Unidade Técnica - Caruaru/PE.

02/03/2023 09:07:27



Documento assinado eletronicamente conforme MP nº 2.200-2/2001. O uso de certificados emitidos no âmbito da ICP-Brasil tem validade jurídica.

Giuliano R. M. Alves
 Engenheiro Químico
 CRBM 2370

Giuliano Rodrigo Monteiro Alves
 2370

Eusileide Suianne R. Lopes de Melo - CREA-PE-048005 - Engenheira Química
 Giuliano Rodrigo Monteiro Alves - CRBM-2370 - II Região - Biomédico
 Luara Santos Souza - CRBM-8959 - II Região - Biomédica

Código de Verificação: 001540000697000037100202300000

Licenças expedidas



Matriz: Rua Gouveia de Barros, 100, Maurício de Nassau,
 Caruaru-PE | CNPJ 13.448.179/0001-96

Filial: Rua João Franklin Cordeiro, 103, Ayrton Maciel, Belo Jardim- PE
 | CNPJ 13.448.179/0002-77 | Licença Vigilância N° 4.4.88.0019.0928.14
 Licença CPRH N° 03.19.05.001800-3

Versão: - Amostra: 651.2023 || Data Emissão: 02/03/2023 - Página: 1/1



Laboratório de Análise de Água, Alimentos e Efluentes Industriais
 Contatos: (81) 3045-3185 | (81) 99681-0297
 www.aqualyse.com.br | comercial@aqualyse.com.br
 Rev. 00 – Aprovador: GA

Relatório de Ensaio Nº: 652.2023.B- V.0

01. Dados Contratação:	
Solicitante:	
Razão Social:	THYAGO MOREIRA DE QUEIROZ
Proposta Comercial:	89.2023.V3
CNPJ/CPF:	054.442.024-17
Endereço:	Rua Alto do Reservatório,s/n Bela Vista - Vitória de Santo Antão/PE CEP: 55608680
Responsável pela Solicitação:	Amanda Nayane E-mail: amanda.nayane@ufpe.br

02. Dados da Amostra fornecida pelo Cliente:	
Descrição da Amostra:	FARINHA DO RESÍDUO DE ABACAXI - AMOSTRA 5
Endereço Amostragem:	Rua Alto do Reservatório,s/n, Bela Vista Cidade: Vitória de Santo Antão/PE CEP: 55608680
Matriz e Origem Amostra:	MASSAS - Farinhas, Amido, Féculas e Fúbas
Data de Amostragem:	20/10/2022 08:00:00
Responsável pela Amostragem:	Solicitante
Data Recebimento:	10/02/2023 08:45:00
Responsável pela Liberação:	giuliano.alves
Data Liberação:	02/03/2023

03. Resultados:			
Parâmetros	Resultados	Un Trab	IN N° 161/22
ENSAIOS MICROBIOLÓGICOS			
<i>Bacillus cereus</i> presuntivo/g	AUSÊNCIA	UFC/25g	N.A
<i>Escherichia coli</i> /g	<1,0	UFC/25g	N.A
<i>Salmonella</i> /25g	AUSÊNCIA	/25g	N.A

Legislação: Valores de referência estabelecidos conforme INSTRUÇÃO NORMATIVA N° 161, DE 1° DE JULHO DE 2022 - ANVISA

Relatório de Ensaio tipo B

Legenda

UFC/25g - Unidade Formadora de Colônia por 25 gramas, /25g - Por vinte e cinco gramas

Referência(s) Normativa(s): - Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods - APHA/AWWA/WEF
 L.Q. - Limite de Quantificação, VMP - Valor Máximo Permitido, N.A. - Não Aplicável

Informações Adicionais

- * Os resultados desta análise têm significado restrito e se aplicam somente a amostra analisada.
- * Este relatório somente pode ser reproduzido por completo e sem nenhuma alteração.
- * Os ensaios são realizados na Unidade Técnica - Caruaru/PE.

02/03/2023 09:07:33



Documento assinado eletronicamente conforme MP nº 2.200-2/2001. O uso de certificados emitidos no âmbito da TCP-Brasil tem validade jurídica.



Giuliano Rodrigo Monteiro Alves
2370

Eusleide Suianne R. Lopes de Melo - CREA-PE-048005 - Engenheira Química
 Giuliano Rodrigo Monteiro Alves - CRBM-2370 - II Região - Biomédico
 Luara Santos Souza - CRBM-8959 - II Região - Biomédica

Código de Verificação: 001540000069700037110202300000

Licenças expedidas



Matriz: Rua Gouveia de Barros, 100, Maurício de Nassau, Caruaru-PE | CNPJ 13.448.179/0001-96
 Filial: Rua João Franklin Cordeiro, 103, Ayrton Maciel, Belo Jardim- PE | CNPJ 13.448.179/0002-77 | Licença Vigilância N° 4.4.88.0019.0928.14
 Licença CPRH N° 03.19.05.001800-3

Versão: - Amostra: 652.2023 || Data Emissão: 02/03/2023 - Página: 1/1