

REVISTA DESAFIOS

ISSN: 2359-3652

PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE FARINHAS DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS DE ABACAXI

TECHNOLOGICAL POTENTIAL OF PINEAPPLE WASTE FLOURS

POTENCIAL TECNOLÓGICO DE LAS HARINAS DE RESIDUOS DE PIÑA

**Cleiciane da Silva Sousa¹, Vitória Camille Sousa de Oliveira Pinheiro¹,
Vanelly Veloso Soares¹, Julianne Viana Freire Portela¹.**

¹Universidade Federal do Piauí, Brasil.

Aprovado em 12/2023 publicado em 29/12/2023.

RESUMO

O abacaxi representa importante papel no cenário de produção e de consumo, no entanto, isto resulta em alto índice de descartes. Aliando isto ao aspecto positivo de obtenção de farinhas por propiciar maior vida útil e concentração de nutrientes, objetivou-se desenvolver e analisar as propriedades tecnológicas de farinhas provenientes dos resíduos agroindustriais de abacaxi (casca e bagaço). Os resíduos foram submetidos à secagem em forno (180 °C) e em estufa (60 °C). Em seguida, foram analisadas quanto às características tecnológicas: rendimento, Índice de Solubilidade de Água (ISA) e Índice de Absorção de Água (IAA). A farinha da casca de abacaxi no forno exibiu melhor rendimento (28,16%). A farinha do bagaço do abacaxi na estufa apresentou benefício no IAA(7,05 g.g⁻¹) maior que nas demais farinhas. As farinhas apresentaram características que direcionam sua inserção no mercado e em indústrias de panificação, cárneos, produtos à base de água (sopas, sobremesas e molhos), ou acompanhando outros alimentos, devido ao ISA superior a 0,55 g.g⁻¹. Com isto, as farinhas de casca e bagaço de resíduos agroindustriais de abacaxi apresentam potencial tecnológico para a formulação de alimentos.

Palavras-chave: *Ananas comosus*. Desperdício de Alimentos. Aproveitamento Integral dos Alimentos. Indústria Alimentícia. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Pineapple plays an important role in the production and consumption scenario; however, this results in a high rate of discards. Combining this with the positive aspect of obtaining flour as it provides a longer shelf life and concentration of nutrients, the aim was to develop and analyze the technological properties of flours from pineapple agro-industrial residues (peel and bagasse). The waste was dried in a stove oven (180 °C) and in an oven (60 °C). Next, they were analyzed for technological characteristics: yield, Water Solubility Index (ISA) and Water Absorption Index (IAA). Pineapple peel

flour in the oven showed better yield (28.16%). Pineapple bagasse flour in the oven showed greater benefit in AAI (7.05 g.g⁻¹) than other flours. The flours presented characteristics that direct their inclusion in the market and in the bakery, meat, water-based products (soups, desserts and sauces), or accompanying other foods industries, due to an ISA higher than 0.55 g.g⁻¹. As a result, pineapple peel and bagasse flours from agro-industrial residues have technological potential for food formulation.

Keywords: *Pineapple comosus. Food Waste. Integral Use of Food. Food industry. Sustainability.*

RESUMEN

La piña juega un pale importante en el escenario de producción y consumo, sin embargo, esto se traduce en un alto índice de descartes. Combinando esto con el aspecto positivo de la obtención de harina ya que proporciona una mayor vida útil y concentración de nutrientes, el objetivo fue desarrollar y analizar las propiedades tecnológicas de harinas provenientes de residuos agroindustriales de piña (cáscara y bagazo). Los residuos se secaron en horno estufa (180 °C) y en estufa (60 °C). A continuación, se analizaron sus características tecnológicas: rendimiento, Índice de Solubilidad en Agua (ISA) e Índice de Absorción de Agua (IAA). La Harina de cáscara de piña en horno presentó mejor rendimiento (28,16%). La harina de orujo de piña a la estufa mostró un mayor beneficio en el IAA (7,05 g.g⁻¹) que otras harinas. Las harinas presentaron características que orienta su inclusión en el mercado y en las industrias de panificación, cárnicos, productos acuosos (sopas, postres y salsas), o acompañantes de otras industrias alimentarias, debido al ISA superior a 0,55 g.g⁻¹. Como resultado, las harinas de cáscara y bagazo de residuos agroindustriales de piña tienen potencial tecnológico para la formulación de alimentos.

Descriptor: *Comosus de piña. Desperdicio de comida. Aprovechamiento integral de los alimentos. Industria alimenticia. Sostenibilidad.*

INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma ampla e diversa produção de frutas, configurando-se na terceira colocação mundial com aproximadamente 45 milhões de toneladas por ano, sendo a produção destinada para o próprio território nacional (Embrapa, 2021). Dentre os frutos, o abacaxi compreende 8,4% do volume total da fruticultura brasileira (Deral, 2020). Só no ano de 2021, a área colhida foi de 63,5 mil hectares, com rendimento médio de 24,2 mil frutos por hectare e produtividade de 2,6 milhões (Ibge, 2021).

A numerosa quantidade de consumo e cultivo deste fruto no Brasil, não evita os 51,97% de descarte das partes alimentícias não convencionais (casca, coroa), cilindro central e polpa provenientes do seu processamento. Este panorama carece de atenção, uma vez que essa rejeição, além de prejudicar o meio ambiente (Ayala-zavala et al., 2010; Ricardino et al., 2020), resulta em perda considerável de nutrientes e compostos bioativos.

Logo, uma maneira de evitar tal desperdício é por meio da elaboração de farinha, através da secagem desses resíduos, viabilizando maior vida útil e seu consumo direto ou como ingrediente de produtos alimentícios.

As farinhas da casca e bagaço do abacaxi apresentam consideráveis valores de minerais essenciais, bem como alta quantidade de fibras alimentares (Bernardiet *al.*, 2020; Limaet *al.*, 2015; Oliveira, 2016; Ramoset *al.*, 2021; Schlickmann, 2019; Silva, 2019). Assim, visando às alternativas promissoras para solucionar o problema do desperdício de resíduos agroindustriais, este trabalho objetivou elaborar farinhas de resíduos agroindustriais (cascas, resíduos da polpa e cilindro central do abacaxi (bagaço)), e analisar as propriedades tecnológicas dos produtos.

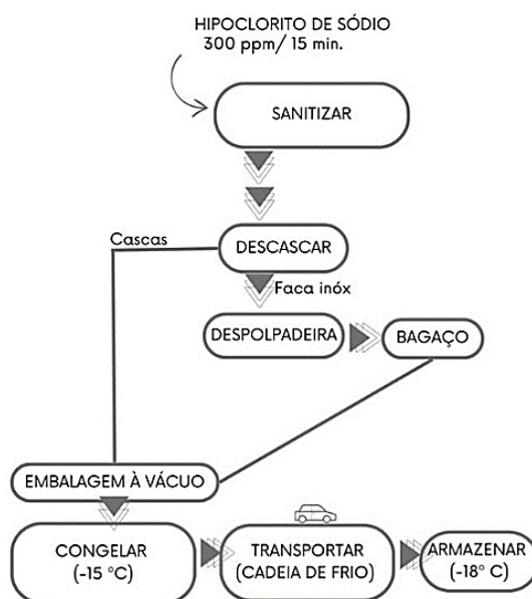
MATERIAIS E MÉTODOS

Obtenção dos resíduos agroindustriais de abacaxi

Os resíduos do abacaxi foram doados por uma empresa produtora de polpas de frutas, localizada no município de Valença do Piauí – PI. Na indústria, os frutos foram higienizados com água corrente e depois, sanitizadas (hipoclorito de sódio, 300 ppm/15 minutos). Em seguida, foram enxaguadas com água corrente e secas naturalmente. Após isso, a casca foi retirada e a fruta processada pela despulpadeira de frutas, obtendo o bagaço (resíduos da polpa e cilindro central do abacaxi).

Tanto as cascas quanto os bagaços foram acondicionados a vácuo em sacos de polietileno sob congelamento (-15 °C), por 24 horas, até a realização do transporte, com peso líquido de 487,5 g e 302 g, respectivamente. O transporte, de Valença do Piauí - PI a Picos - PI, foi realizado com manutenção da cadeia de frio, em que os resíduos foram acondicionados em caixa de isopor de 12 L com 10 unidades de bolsas de gelo em gel congeladas. Após o recebimento dos resíduos, eles foram armazenados em freezer (-18 °C), no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Piauí no Campus Senador Helvídio Nunes de Barros, até a etapa de obtenção das farinhas (48 horas) (Figura 1).

Figura 1. Processo de higienização do abacaxi na indústria.

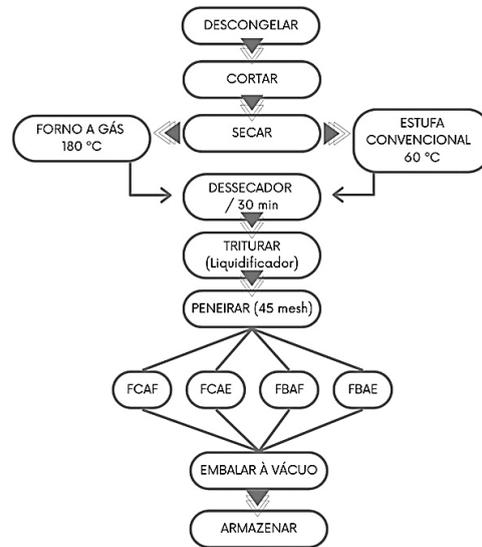


Fonte: elaboração dos autores

Obtenção das farinhas de resíduos agroindustriais de abacaxi

Na figura 2 é apresentado o fluxograma para obtenção das farinhas de casca e bagaço de abacaxi.

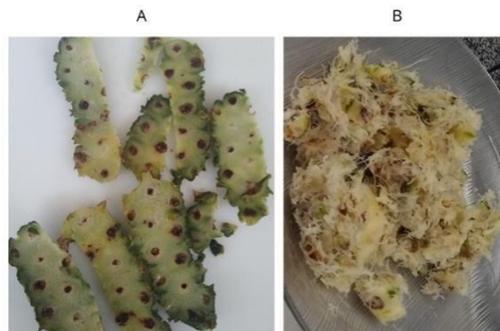
Figura 2. Fluxograma para obtenção das farinhas dos resíduos de abacaxi: Farinha da Casca do Abacaxi no Forno (FCAF), Farinha da Casca do Abacaxi na Estufa (FCAE), Farinha do Bagaço do Abacaxi no Forno (FBAF), Farinha do Bagaço do Abacaxi na Estufa (FBAE).



Fonte: elaboração dos autores

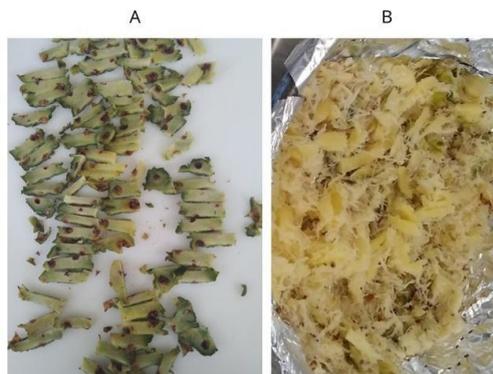
Para obtenção das farinhas, os resíduos de abacaxi foram descongelados (Figura 3) e cortados, em formato de placa plana infinita; enquanto o bagaço da polpa foi mantido na característica oriunda do despulpamento, pois não foi possível aplicar o corte geométrico (Figura 4).

Figura 3. Aparência da casca (A) e bagaço (B) de abacaxi após o descongelamento.



Fonte: elaboração dos autores

Figura 4. Corte geométrico da casca (A) e bagaço (B) do abacaxi.



Fonte: elaboração dos autores

Em seguida, foram submetidos à secagem em forno a gás (180 °C) e pesados a cada 20 minutos até obter peso constante. Para isso, foi utilizada bandeja de aço inox, revestida com folha de papel alumínio, em que foram realizados pequenos furos com o auxílio de um garfo, para aumentar o contato dos resíduos com o ar quente.

Na estufa convencional, foi adotado o procedimento acima citado, à 60 °C. Após a secagem, o material foi acondicionado no dessecador com sílica gel, por 30 minutos. Em seguida, foi triturado por 3 minutos e peneirado (45 *mesh*), obtendo as farinhas: Farinha da Casca do Abacaxi no Forno (FCAF), Farinha da Casca do Abacaxi na Estufa (FCAE), Farinha do Bagaço do Abacaxi no Forno (FBAF) e Farinha do Bagaço do Abacaxi na Estufa (FBAE). Em sequência, as farinhas foram embaladas em saco de polietileno a vácuo, envolto com papel alumínio e armazenadas em frasco de vidro âmbar com sílica gel, até o momento das análises.

Propriedades Tecnológicas das farinhas dos resíduos agroindustriais de abacaxi

As farinhas foram avaliadas quanto às propriedades tecnológicas no que concerne ao rendimento, Índice de Solubilidade em Água (ISA) e Índice de Absorção em Água (IAA), segundo metodologia descrita por Anderson *et al.* (1969), com modificações na fórmula de ISA, expressando o resultado em porcentagem.

O rendimento da farinha foi realizado a partir da média dos valores obtidos na Equação 1, em que os resíduos foram pesados antes do processo de secagem e após a farinha obtida. O procedimento foi realizado para cada tipo de amostra separadamente e em triplicada.

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{(PF \cdot 100)}{PC} \text{Equação 1}$$

Onde:

PF = peso da farinha obtida;

PC = peso inicial dos resíduos.

Para determinação de ISA e IAA, pesou-se cerca de 1,0 g de amostra de cada farinha (FCAF; FCAE; FBAF; FBAE), em granulometria de 45 *mesh*, em tubos de centrifuga, previamente tarados. Adicionou-se 10 mL de água destilada com auxílio de pipeta volumétrica e, em sequência, submeteu-se a agitação mecânica em vórtex, por 3 minutos, até a homogeneização completa da amostra. Logo, a amostra foi colocada em agitador horizontal magnético (LS LOGEN SCIENTIFIC®) sem aquecimento, em velocidade 4, por 30 minutos e, posteriormente, centrifugada por 15 minutos a 3000 rpm.

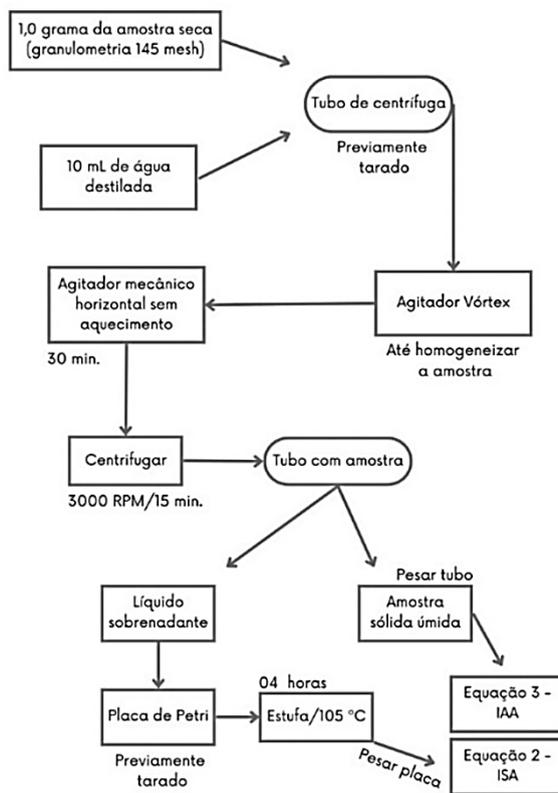
O líquido sobrenadante foi colocado em placa de Petri, previamente tarada, e submetida ao processo de secagem em estufa (105 °C) por 4 horas. Em seguida, pesou-se a placa para realização dos parâmetros ISA (Equação 2) e IAA (Equação 3). As análises foram realizadas em triplicata. Repetiu-se o processo para cada amostra, separadamente (Figura 5).

$$ISA = \frac{\text{Peso do resíduo evaporado (grama)}}{\text{Peso da amostra (grama)}} \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

$$IAA = \frac{\text{Peso do resíduo centrifugado (grama)}}{\text{Peso da amostra (grama)}} \quad \text{Equação 3}$$

Figura 5. Fluxograma de execução para obtenção do Índice de Solubilidade em Água (ISA) e Índice de Absorção de Água (IAA).

da Silva Sousa et al, 2023_PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE FARINHAS DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS DE ABACAXI



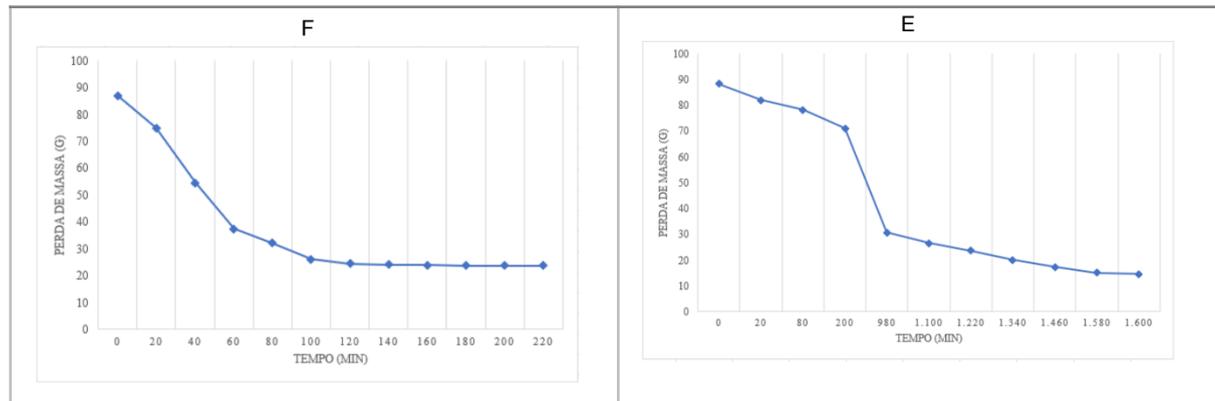
Fonte: Anderson *et al.* (1969). Ilustração: elaboração dos autores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Secagem dos resíduos agroindustriais de abacaxi

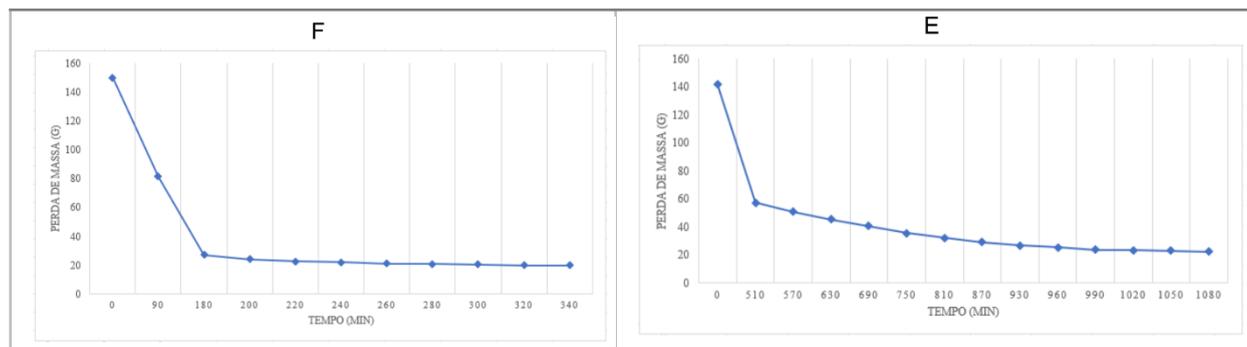
A cinética de secagem da Amostra da Casca do Abacaxi no Forno (ACAF), Amostra da Casca do Abacaxi na Estufa (ACAE), Amostra do Bagaço do Abacaxi no Forno (ABAF), e Amostra do Bagaço do Abacaxi na Estufa (ABAE) estão apresentadas nas Figuras 7 e 8. Os gráficos mostram a relação de temperatura/tempo/perda de massa das amostras no decorrer do processo de secagem.

Figura 7. Cinética de secagem da Amostra da Casca do Abacaxi no Forno (F) e Amostra do Casca do Abacaxi na Estufa (E).



Os valores apresentados representam a média dos resultados em triplicata.
Fonte: elaboração dos autores

Figura 8. Cinética de secagem da Amostra do Bagaço do Abacaxi no Forno (F) e Amostra do Bagaço do Abacaxi na Estufa (E).

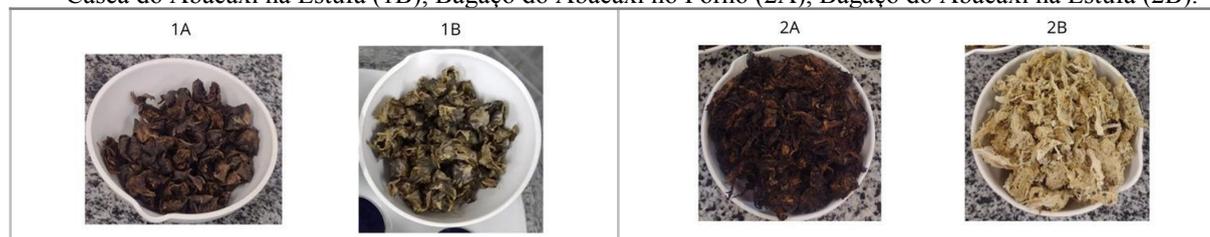


Os valores apresentados representam a média dos resultados em triplicata.
Fonte: elaboração dos autores

O tempo de secagem variou de 120 minutos para ACAF, 220 minutos para ABAF, 1.580 minutos para ACAE e 990 minutos para ABAE. Observa-se uma perda de umidade relacionada ao tempo e temperatura, sendo maior à medida que o tempo avança, possuindo uma interessante acentuação no início do processo. O tempo de estabilidade alcançado foi de 140 minutos para ACAF, 240 minutos para ABAF, ambos a 180 °C, 1.600 minutos para ACAE e 1.020 minutos para ABAE, ambos em 60 °C. Com isso, percebe-se que o tempo necessário para a secagem dos resíduos da casca em estufa (60 °C) é cerca de 13 vezes maior que no forno (180 °C), bem como o tempo de secagem do bagaço é 4,5 vezes maior na estufa que no forno. Resultado similar de ACAF e ABAF foi obtido no estudo de Oliveira (2018), que secou casca de abacaxi a 70 °C obtendo equilíbrio em 360 minutos, bem como Santos (2022) que realizou a secagem dos resíduos de banana a 60 °C até obter peso constante em 1.500 minutos de processo, resultado próximo ao obtido nas amostras ACAE e ABAE.

Na Figura 9, pode-se visualizar as amostras da casca e bagaço depois do processo de secagem no forno (F) e estufa (E).

Figura 9. Resultado das cascas e bagaços após secagem em forno e estufa. Casca do Abacaxi no Forno (1A), Casca do Abacaxi na Estufa (1B), Bagaço do Abacaxi no Forno (2A), Bagaço do Abacaxi na Estufa (2B).



Fonte: elaboração dos autores

Propriedades Tecnológicas das farinhas dos resíduos agroindustriais de abacaxi

A granulometria utilizada para padronizar a etapa de peneiramento das farinhas foi de 45 *mesh*, igualmente à utilizada no estudo com farinhas de resíduos de frutas e hortaliças de Ferreira (2015), assim como, para aplicação de farinhas da casca de maracujá em massas alimentícias e biscoitos e, em farinha de palma para pães de forma (Alves *et al.*, 2021; Fogagnoli e Seravalli, 2014; Santos, 2021). Porém, mesmo com a padronização do peneiramento das farinhas, cada farinha obteve uma granulometria específica, o que pode ter influenciado nos resultados de IAA. Haja vista que a capacidade de absorção de água tem forte relação com o tamanho das partículas da farinha, pois quanto menor for os grânulos, maior o índice de Absorção de Água (Rigonet *et al.*, 2022).

A amostra do processamento da ACAF apresentou rendimento de 28,16%, sendo maior estatisticamente quando comparado às demais amostras (Tabela 1). As amostras da ACAE, ABAE e ABAF diferiram entre si, apresentando valores entre 13,41% e 17,06%, havendo, portanto, similaridades em resultados obtidos por outros autores, como Oliveira (2018), que encontrou 16,23% de rendimento para farinha da casca do abacaxi, valor semelhante ao encontrado para ABAE (16,55%), e Leonelet *et al.* (2014), que obtiveram valores próximos aos do presente estudo para farinhas da casca de abacaxis em duas variedades: abacaxi pintado (19,07%), e abacaxi malha aberta (15,51%).

Tabela 1. Rendimento das amostras dos resíduos: Amostra da Casca do Abacaxi no Forno (ACAF), Amostra da Casca do Abacaxi na Estufa (ACAE) e Amostra do Bagaço do Abacaxi no Forno (ABAF), Amostra do Bagaço do Abacaxi na Estufa (ABAE).

AMOSTRA	RENDIMENTO
ACAF	28,16 ^a ± 1,72
ACAE	17,06 ^b ± 0,25
ABAF	13,42 ^c ± 0,13

ABAE

16,55^b ± 1,61

Os valores apresentados representam a média dos resultados em triplicata acompanhados do desvio padrão. Letras diferentes na mesma coluna, representam diferença estatística ($p < 0,05$) entre as médias pelo teste de Tukey a 95% de confiança.

Fonte: elaboração dos autores

No que concerne ao rendimento de farinhas, alguns aspectos podem influenciar o resultado, podendo citar a quantidade de água perdida durante a secagem, variedade da fruta e quantidade de água e nutrientes que compõem o resíduo (Araújo *et al.*, 2016; Sousa *et al.*, 2011), bem como o tipo e temperatura de secagem. Ou seja, as características dos resíduos estudados interferiram no rendimento das farinhas, principalmente combinadas com a influência dos tipos de secagens e temperaturas utilizadas, uma vez que a ACAF apresentou diferença estatística em relação à ACAE. Visto que foram adotados o mesmo resíduo para secagem em forno e estufa com temperaturas diferentes (180 °C e 60 °C, respectivamente), apresentando diferença no rendimento das amostras e resultando em menor tempo de secagem no forno que na estufa, como observado na Figura 7 e Figura 8.

As farinhas apresentaram propriedades tecnológicas para ISA entre 89,44% e 104,68%, sendo a Farinha do Bagaço do Abacaxi na Estufa (FBAE) com menor percentual para a solubilidade em água (89,44%) e estatisticamente menor que as demais. No entanto, as farinhas FCAF, FCAE, FBAF não diferiram entre si e alcançaram valores superiores à FBAE, 98,85%; 104,68%; 101,12%, respectivamente. O maior resultado de IAA foi da FBAE (7,05 g.g⁻¹) o qual é próximo ao obtido por Oliveira (2018), que apresenta valor de 7,54 g.g⁻¹ para a farinha da casca de abacaxi (Tabela 2).

Tabela 2. Características tecnológicas das farinhas da Casca do Abacaxi no Forno, Casca de Abacaxi na Estufa, Bagaço de Abacaxi no Forno e Bagaço de Abacaxi na Estufa.

	FCAF	FCAE	FBAF	FBAE
Índice de Solubilidade em Água (%)	98,85 ^a ± 9,94	104,68 ^a ± 9,21	101,12 ^a ± 9,70	89,44 ^b ± 8,20
Índice de Absorção em Água (g.g⁻¹)	3,24 ^c ± 0,11	5,29 ^b ± 0,37	3,06 ^c ± 0,10	7,05 ^a ± 0,06

Os valores apresentados representam a média dos resultados em triplicata acompanhados do desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha, representam diferença estatística ($p < 0,05$) entre as médias pelo teste de Tukey a 95% de confiança.

Fonte: elaboração dos autores

Um ponto importante sobre as farinhas é que a depender do tipo de alimento em que forem inseridas, as características tecnológicas devem seguir parâmetros, como no caso de produtos de panificação, em que as farinhas com IAA > 0,55 g.g⁻¹, por exemplo, são indicadas para a formulação de pães, biscoitos fermentados e biscoitos doces, pois, possibilitam uma boa absorção de água pelas farinhas, viabilizando procedimentos necessários para a obtenção de características indispensáveis para um produto de qualidade, como a união e aglutinação das partículas do glúten, garantia da

umidade final do produto, disponibilização de vapor para o salto de forno, dissolução de ingredientes hidrófilos, ativação das enzimas e possibilidade de realização de fermentação. Quanto à atividade tecnológica da farinha, é pertinente relatar que a solubilidade influencia na função tecnológica da fibra, especialmente na estabilidade da viscosidade, sendo fatores a serem considerados, pois pode comprometer a qualidade do alimento final (Guillone Champ, 2000; Nitzkee Oliveira, 2010).

Nos produtos cárneos, o IAA é importante para a manutenção da umidade, sendo que as farinhas extrusadas são almejadas na formulação desses produtos, pois permitem uma maior absorção de água às massas e, conseqüentemente, melhoram suas propriedades de manuseio (Wanget *al.*, 2006).

Produtos como sopas, sobremesas e molhos, devem preferencialmente utilizar em suas formulações ingredientes com alto ISA, pois são produtos que exigem elevada solubilidade dos alimentos para garantir as características do prato final (Leonelet *al.*, 2009).

A relevância da granulometria das farinhas para a obtenção de um produto de qualidade influencia no IAA dessas farinhas, impactando no resultado do produto (Lopese Demiate, 2015). Posto isso, pode-se observar este fato na Tabela 2, uma vez que as farinhas obtiveram granulometria distintas. Pode-se dizer que a diferença no IAA possui relação com a granulometria que cada farinha apresentou, em que apenas FCAF e FBAF, secos em mesma temperatura, foram iguais estatisticamente, em relação ao IAA ($p \leq 0,05$), e o restante diferiram entre si. Podendo haver, também, correlação entre a granulometria obtida e a alta temperatura de secagem, que resulta em redução do IAA.

O IAA indica a quantificação da água incorporada pelos grânulos de amido encharcados. Já a solubilidade em água está associada com a quantidade de sólidos solúveis presentes na amostra, podendo assim quantificar essa associação. Já o ISA é uma propriedade que aponta o estágio de severidade do tratamento térmico e, conseqüentemente, a resultante separação dos ramos das estruturas das moléculas de menor peso molecular (Andersonet *al.*, 1969; Ferreiraet *al.*, 2015).

Os valores de ISA para as farinhas obtidas dos resíduos agroindustriais de abacaxi são superiores ao encontrado por Matos *et al.* (2018) em estudo sobre farinha mista de cascas de banana, manga, laranja e maracujá, em que obteve ISA de 72,24%, e, Martins (2019) com 65,55% em farinha do araçá, enquanto Porte *et al.* (2011), encontrou valores superiores: 640,88% e 446,80% em farinhas de sementes de mamão e abóbora, respectivamente. Os resultados de ISA obtidos são considerados altos, pois valores elevados de ISA são encontrados em alimentos que possuem umidade $>22\%$ (Tavareset *al.*, 2012), pressupondo a presença de açúcares livres ou carboidratos de cadeia curta, que podem influenciar, também, no IAA das farinhas, uma vez que carboidratos livres podem estar fazendo pontes de hidrogênio, favorecendo a absorção de água (Nascimentoet *al.*, 2022).

Diante disso, é possível relatar que a FCAF, FCAE, FBAF obtiveram maior capacidade de solubilidade em água devido a elevada quantidade de fibras presentes, assim como a temperatura de secagem utilizada. Este pode ser tanto um indicador de boa quantidade de fibras na casca e bagaço, quanto a relação da influência da temperatura de secagem nestes resíduos, haja vista que a FBAE obteve diferença estatística das demais farinhas, exibindo menor valor de ISA, inclusive, que a FBAF. Ou seja, mesma matéria-prima e temperaturas distintas, podendo verificar que a alta temperatura favorece o aumento do ISA, bem como, possivelmente a elevada quantidade as fibras presentes.

A quantidade de fibras nos resíduos de frutas e vegetais pode ter associação com o aumento da solubilidade (Porteet *al.*, 2011), e, a temperatura de 180 °C utilizada, relaciona-se com o maior impacto a essas fibras, haja vista que segundo o Dossiê fibras (2014), condições que utilizam altas temperaturas e ácidos podem ser problemáticas por causarem instabilidade nas fibras solúveis. No entanto, secagens em altas temperaturas (acima de 60 °C) aplicadas em produtos, como frutas e vegetais podem danificar suas estruturas resultando em possíveis perdas de nutrientes (Souzaet *al.*, 2021).

Pressupõe-se que a alta temperatura influencia a estrutura dos resíduos, que pode ter implicado no IAA das farinhas, diminuindo sua capacidade de absorção, haja vista que a FCAE e FBAE obtiveram maiores percentuais de IAA.

Ademais, a presença de amido modificador relaciona-se tanto a um maior ISA, quanto ao IAA, pois este tem facilidade de absorção de água, oportunizando a formação de géis (Prado, 2022). Ou seja, tanto a quantidade de amido presente nos resíduos e a severidade do tratamento térmico, influenciam no IAA e ISA, sendo que altas temperaturas não se mostraram favoráveis para o aumento do IAA, entretanto, foram benéficas no que se refere a um maior ISA.

O ISA e o IAA são características tecnológicas funcionais de grande relevância para a qualidade dos alimentos. Em decorrência disso, elas vêm ganhando vasto espaço nos estudos com farinhas.

O ISA e o IAA mostram os aspectos tecnológicos da farinha para destinar sua possível utilização, seja como ingrediente em formulações de alimentos, como alimento para uso direto em produtos e ou acompanhante de outros alimentos (Neveset *al.*, 2020). Visto isso, as farinhas: FCAF, FCAE, FBAF e FBAE obtidas neste estudo, exibiram propriedades tecnológicas adequadas para utilização em formulações de produtos de panificação, uma vez que elas apresentaram IAA maior que 0,55 g.g⁻¹, sendo consideradas viáveis para essa classe de alimentos, bem como para alimentos que necessitam de boa viscosidade, como os produtos à base de água (sopas, produtos cárneos, sobremesas e molhos).

Em comparação aos valores obtidos neste estudo, todas as farinhas elaboradas podem ser aplicadas em diversos produtos, como produtos cárneos, sopas, sobremesas e molhos, inclusive nas indústrias de produtos de panificação (pães, bolos e biscoitos). A solubilidade de água também é um aspecto relevante quando relacionados a produtos como sopas, produtos instantâneos e molhos, pois exigem boa viscosidade. Por isso, uma farinha com baixo ISA não gera produto com adequadas características de solubilidade para utilização em produtos à base de água (Torreset *et al.*, 1999).

A Figura 10 exhibe a comparação entre os parâmetros de cada farinha, bem como a comparação entre suas formas de secagens, em que se destacam as farinhas obtidas no forno, com menor tempo de secagem, dentre elas a ACAF (maior rendimento), FCAF e FBAF (maior ISA), e FCAF (maior IA). Quanto às obtidas através da estufa: FCAE (maior ISA), FCAE e FBAE (maior IAA e IA). Podendo assim, ressaltar que as farinhas ACAF, FCAF, FCAE, FBAF, FBAE, e, especialmente, aquelas obtidas através da secagem em forno, foram as que apresentaram melhores aspectos gerais.

Figura 10. Resumo dos resultados das análises das farinhas no forno (A), e estufa (B).

A		B	
Forno (180 °C)		Estufa (60 °C)	
FORNO (180 °C)	↓ Tempo de secagem	ESTUFA (60 °C)	↑ Tempo de secagem
↓ ABAF; ACAF	↑ Rendimento	↓ ACAE; ABAE	↓ Rendimento
↑ FCAF; FBAF	↑ Índice de Solubilidade em Água (ISA)	↑ FCAE; FBAE	↓ Índice de Solubilidade em Água (ISA)
↓ FCAF; FBAF	↓ Índice de Absorção de Água (IAA)	↑ FCAE; FBAE	↑ Índice de Absorção de Água (IAA)

Fonte: elaboração dos autores

CONCLUSÃO

As farinhas analisadas obtiveram propriedades tecnológicas adequadas, o que poderá permitir a incorporação delas em diversos produtos, como cárneos, sopas, sobremesas, molhos e produtos de panificação (pães, biscoitos e bolos). A secagem em estufa (60 °C) obteve um tempo significativo de secagem. Enquanto a secagem em forno (180 °C) foi 13 vezes mais ágil para cascas e 4,5 vezes para bagaço em comparação à secagem em estufa (60 °C). O maior rendimento foi exibido pela ACAF com 28,16%, o que parece ser positivo para a secagem em forno. No entanto, temperaturas acima de 60 °C podem gerar efeitos negativos na composição nutricional de frutas e vegetais. Assim, a secagem em estufa, na temperatura de 60 °C, foi mais benéfica para o IAA das farinhas, em relação a secagem no forno (180 °C), bem como a secagem no forno foi mais favorável ao ISA.

As farinhas não apresentaram diferença significativa de Índice de Solubilidade em Água, com exceção de FBAE que obteve o menor valor ($p \leq 0,05$) de solubilidade. No entanto, exibiu maior Índice

de Absorção de Água, dentre as demais farinhas, com 7,05 g.g⁻¹. Assim sendo, todas as farinhas obtiveram IAA >0,55 g.g⁻¹, sendo o percentual desejado para formulações de produtos de panificação.

Com isto, as farinhas dos resíduos agroindustriais do abacaxi (casca e bagaço da polpa e cilindro) possuem capacidade tecnológica para serem incluídas nas formulações de alimentos. O que pode agregar valor econômico, repercutir em fonte de renda e mitigar os efeitos do desperdício no concerne aos aspectos negativos relacionados ao ambiente e à vida da comunidade do entorno direto e indireta destas agroindústrias.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

ALVES, A.S.; CONSTANT, P.B.L.; TELES, A.R.S. Avaliação físico-química e sensorial de pão de forma elaborado com farinha de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*). **Research, Society and Development**. v.10, n.11, p. 1-13, 2021.

ANDERSON, R.A.; CONWAY, V.F.P.; GRIFFIN, E.L. Gelatinization of corn grits by roll-and extrusion-cooking. **Cereal Science Today**. n.14, p.4-7, 1969.

ARAÚJO, C.S.P.; ANDRADE, F.H.A.; GALDINO, P.O.; PINTO, M.S.C.C. Desidratação de batata-doce para fabricação de farinha. **Agropecuária científica no semiárido**. v.11, n.4, p.33-41, 2016.

AYALA-ZAVALA, J.F.; ROSAS-DOMÍNGUEZ, C.; VEGA-VEGA, V., GONZÁLEZ-AGUILAR, G.A. Antioxidant enrichment and antimicrobial protection of fresh-cut fruits using their own byproducts: Cooking for integral exploitation. **Journal of Food Science**. v.75, n.8, p.175-181, 2010.

BERNARDI, A.C.A.; MORAIS, B.K.B.; MORAIS, K.; NAVARINI, J. Elaboração de biscoito com farinha mista de sementes. In. **7º Simpósio de Segurança Alimentar**, 2020.

DERAL - DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL. N. 2020. **Fruticultura, Análise da conjuntura**. Disponível em: https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-01/fruticultura_2020.pdf. Acesso em: 20/02/2023.

DOSSIÊ FIBRAS. **Fibras.Food Ingredients Brasil**. Ed. 30, 2014. p.40-70. Disponível em: https://revista-fi.com/upload_arquivos/201606/2016060405772001464892824.pdf. Acesso em: 20/02/2023.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA. N. 2021. **Ciência que transforma: Frutas e hortaliças**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/grandes-contribuicoes-para-a-agricultura-brasileira/frutas-ehortalicas>. Acesso em: 20/01/2023.

FERREIRA, M.S.; SANTOS, M.C.; MORO, T.M.; BASTO, G.J.; ANDRADE, R.M.; GONÇALVES, É. C. Formulation and characterization of functional foods based on fruit and vegetable residue flour. **Journal of Food Science and Technology**. v.52, p.822-830, 2015.

da Silva Sousa et al, 2023_PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE FARINHAS DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS DE ABACAXI

FERREIRA, R. L. Avaliação dos processos de secagem e de extração de compostos antioxidantes em farinha de resíduos de frutas e hortaliças. Rio de Janeiro, RJ. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro; 2015.

FOGAGNOLI, G.; SERAVALLI, E.A.G. Aplicação de farinha de casca de maracujá em massa alimentícia fresca. **Brazilian Journal of Food Technology**. v.17, p.204-212, 2014.

GUILLON, F.; CHAMP, M. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. **Food Research International**. v.33, n.3-4, p.233-245, 2000.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. N. 2021. **Produção de abacaxi no Brasil**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producaoagropecuaria/abacaxi/br>. Acesso em: 22/01/2023.

LIMA, J.P.; PORTELA, J.V.F.; MARQUES, L.R.; ALCÂNTARA, M.A.; EL-AOUAR, Â.A. Farinha de entrecasca de melancia em biscoitos sem glúten. **Ciência Rural**. v.45, p.1688-1694, 2015.

LOPES, R.B.; DEMIATE, I.M. Avaliação granulométrica de frações constituintes de farinhas de trigo tipo 1 obtidas da moagem industrial de cultivares disponíveis no mercado brasileiro. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. v.9, n.1, p. 1-11, 2015.

LEONEL, M. FREITAS, T.S.; MISCHAN, M.M. Physical characteristics of extruded cassava starch. **Scientia Agricola**. v.66, n.4, p.486-493, 2009.

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**. v.36, n.2, p.433-439. 2014.

MATOS, J.D.P.; SILVA, S.N.; SILVA, L.P.F.R.; COSTA, Z.R.T.; GOMES, J.P. Aproveitamento integral de casca de frutas para produção de farinha. In. **Congresso técnico científico de engenharia e da agronomia** - CONTECC, Alagoas, 2018.

MARTINS, T. S. Produção de coproduto de araçá (*Psidium cattleianum*): características da farinha e sua aplicação como novo ingrediente na indústria de panificação. **Trabalho de Conclusão de Curso**. João Pessoa, Paraíba. Universidade Federal da Paraíba; 2019.

NASCIMENTO, M.R.F.; DE SOUZA, V.F.; OLIVEIRA, N.G.M.; OLIVEIRA, K.D.; ASCHERI, J.L.R. Propriedades viscoamilográficas e higroscópicas das farinhas dos caroços de abacate (*Persea gratissima* Gaertner f.), jaca (*Artocarpus heterophyllus* L.) e seriguela (*Spondias purpurea* L.). **Brazilian Journal of Development**. v.8, n.7, p. 48730-48748, 2022.

NEVES, E.C.A.; NASCIMENTO, G.C.; FERREIRA, A.R.; NEVES, D.A.; FUKUSHIMA, A.R.; LEONI, L.A.B.; CLERICI, M. T. P. S. Classificações e características nutricionais e tecnológicas de farinhas de mandioca comercializadas em Belém, Pará, Brasil. **Brazilian Journal of Food Technology**. v.23, p. 1-11, 2020.

NITZKE, J. A.; OLIVEIRA, T. R. Avaliação da Qualidade Tecnológica/Industrial da Farinha de Trigo. **Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos - ICTA**. 2010. Disponível em: http://www.ufrgs.br/napead/repositorio/objetos/avaliacao_farinha_trigo/1b.php. Acesso em: 20/02/2023.

OLIVEIRA, A. S. Elaboração de farinha de polpa, casca e cilindro central de abacaxi cv. pérola para produção de bolo. Campina Grande, PB. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal de Campina Grande; 2016.

OLIVEIRA, J.F.D. Elaboração e avaliação de biscoitos sem glúten com farinha de subprodutos de frutas. Medianeira, PR. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2018.

PORTE, A.; SILVA, E.F.D.; ALMEIDA, V.D.D.S.D.; SILVA, T.X.D.; PORTE, L.H.M. Propriedades funcionais tecnológicas das farinhas de sementes de mamão (*Carica papaya*) e de abóbora (*Cucurbita* sp). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. v.13, n.1, p.91-96, 2011.

PRADO, J.M.D. Parâmetros de secagem para obtenção da farinha de pupunha. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Ariquemes, RO. Universidade Federal de Rondônia; 2022.

RAMOS, A.S.; SILVA, M.R.; SIUVES, I.O.; CARVALHO, M.L.V.G.M.; DIAS, C.N.; AUGUSTI, R.; MELO, J.O.F.; CAPOBIANGO, M. Desenvolvimento e caracterização do perfil de compostos voláteis de casquinha de fabricação com farinha de casca e amêndoa de manga Tommy Atkins. **Research,Society and Development**. v.10, n.3, p.1-10, 2021.

RICARDINO, I.E.F.; SOUZA, M.N.C.; NETO, I.F.S. Vantagens e possibilidades do reaproveitamento de resíduos agroindustriais. **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**. v.1, n.8, p.55-79, 2020.

RIGON, E.E.S.; OLIVEIRA-FOLADOR, G.; SORA, G.T.S.; DE PAULA, L.C.; POLESÍ, L. F. Composição físico-química e funcional da farinha de pupunha. **Open Science Research: 1 ed.**,Guarujá; Científica Digital; 2022.

SANTOS, J.F.D. Elaboração e análise sensorial de cookie à base da farinha da casca da banana. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Cuité, PB. Universidade Federal de Campina Grande; 2022.

SANTOS, L.J.O.G. Caracterização da casca do maracujá e elaboração de biscoitos como alternativa para alimentação funcional. Anápolis, GO. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás; 2021.

SCHLICKMANN, D. Elaboração de biscoito com farinha da casca de melancia. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Medianeira, PR. Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2019.

SILVA, R.H.F. Elaboração e caracterização de farinha do resíduo de umbu-cajá (*Spondias* spp.). Garanhuns, PE. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Garanhuns, PE. Universidade Federal Rural de Pernambuco; 2019.

SOUSA, M.S.B.; VIEIRA, L.M., LIMA, A.D. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de resíduos de polpas de frutas tropicais. **Brazilian Journal of Food Technology**. v.14, n.3, p.202-210, 2011.

SOUZA, L.S.; JUNIOR, N.D.M.A.; LIMA, D.A.; AMORIM, T.A.; DA SILVA, A.B.M.; DE VILAR, S.B.O.; ARAÚJO, A.J.B. Aproveitamento do resíduo agroindustrial de abacaxi cultivado ao processo de secagem para elaboração de barra de cereais. **Research,Society and Development**. v.10, n.14, p. 1-16, 2021.

da Silva Sousa et al, 2023_PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE FARINHAS DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS DE ABACAXI

TAVARES, J.Á.S.; SOARES JÚNIOR, M. S.; BECKER, F.S.; COSTA, E.E.D. Mudanças funcionais de farinha de arroz torrada com micro-ondas em função do teor de umidade e do tempo de processamento. **Ciência Rural**. v.42, p.1102-1109, 2012.

TORRES, R.L.; GONZÁLEZ, R.J.; SÁNCHEZ, H.D.; OSELLA; C.A.; DE LA TORRE, M.A.G. Comportamiento de variedades de arroz en la elaboración de pan sin gluten. **Archivos latino-americanos de nutrición**. v.9, n.2, p.162-165, 1999.

WANG, S.H.; ROCHA, G.O.; NASCIMENTO, T.P.; ASCHERI, J.L.R. Absorção de água e propriedades espumantes de farinhas extrusadas de trigo e soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.26, p.475-481, 2006.