



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UFC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

GECYENE RODRIGUES DO NASCIMENTO SALDANHA

**PROCESSAMENTO DE FIBRA DE CAJU POR EXTRAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS
SOLÚVEIS SEGUIDA DE SECAGEM PARA APLICAÇÃO COMO INGREDIENTE
EM PRODUTO PLANT-BASED**

FORTALEZA

2022

GECYENE RODRIGUES DO NASCIMENTO SALDANHA

PROCESSAMENTO DE FIBRA DE CAJU POR EXTRAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS
SOLÚVEIS SEGUIDA DE SECAGEM PARA APLICAÇÃO COMO INGREDIENTE EM
PRODUTO PLANT-BASED

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Nédio Jair Wurlitzer

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Ingrid Vieira Machado de Moraes

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S154p Saldanha, Gecyene Rodrigues do Nascimento.

Processamento de fibra de caju por extração de substâncias solúveis seguida de secagem para aplicação como ingrediente em produto plant-based / Gecyene Rodrigues do Nascimento Saldanha. – 2022.

82 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Nedio Jair Wurlitzer.

Coorientação: Profa. Dra. Ingrid Vieira Machado de Moraes.

1. Desidratação. 2. Subproduto. 3. Pedúnculo. 4. *Anacardium occidentale* L.. I. Título.

CDD 664

GECYENE RODRIGUES DO NASCIMENTO SALDANHA

PROCESSAMENTO DE FIBRA DE CAJU POR EXTRAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS
SOLÚVEIS SEGUIDA DE SECAGEM PARA APLICAÇÃO COMO INGREDIENTE EM
PRODUTO PLANT-BASED

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Aprovada em: _____ / _____ / _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Nédio Jair Wurlitzer (Orientador)
Embrapa Agroindústria Tropical

Dr.^a Selene Daiha Benevides
Embrapa Agroindústria Tropical

Prof. Dr. Paulo Henrique Machado de Sousa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001."

Agradeço à Deus pelas bênçãos que me concedeu ao longo dessa caminhada e por permitir a realização desse sonho.

À minha família pelo incentivo e apoio em todos os momentos, em especial meus pais, Ana Cleide e Francisco, minha irmã Jessyane que me ajudaram muito, em especial ao marido que sempre esteve comigo, Bruno Saldanha, obrigado por ajudar na concretização desse sonho, sem vocês isso não seria possível.

Aos professores responsáveis por minha orientação Dr. Nédio Jair Wurlitzer (Orientador), Dr.^a Ingrid Vieira Machado de Moraes (Coorientadora) pela valiosa orientação e por terem contribuído para o desenvolvimento deste trabalho, agradeço pelos conselhos, orientações e pela disponibilidade em ajudar sempre.

A todos os amigos que a Universidade Federal do Ceará me presenteou, em especial Gilleno, Karol, Diogo, Karlyhellen, Arlene, Tiago, Neilane, Poliana, pela ajuda e companheirismo.

À Analista Dra. Idila Maria e à Pesquisadora Dra. Deborah Garruti, responsáveis pelos Laboratórios de Físico-Química e Sensorial da Embrapa Agroindústria Tropical, aos alunos Yago, Celly, Sophia, Jessica, que contribuíram diretamente na realização das análises do experimento nesses laboratórios, por terem dedicado seu tempo em me auxiliar, minha eterna gratidão!

Responsáveis pelo laboratório de Processamento Agroindustrial Arthur e Ana Paula. Ao laboratório de Controle de Qualidade da UFC, que me permitiu realizar a secagem do meu material.

À Universidade Federal do Ceará por intermédio do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pela oportunidade da realização do Mestrado.

A todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho e que eu não tenha citado, meus sinceros agradecimentos.

“Se vocês permanecerem em mim, e as minhas palavras permanecerem em vocês, pedirão o que quiserem, e lhes será concedido”. (João 15:7).

RESUMO

A fibra do caju é o subproduto obtido após a remoção da castanha e extração do suco do pedúnculo. Para seu uso como ingrediente é recomendado o pré-tratamento de extração de substâncias solúveis com ciclos sequenciais de hidratação com água, para reduzir a acidez, açúcares e sabor de caju, considerado um gargalo do processo. Os objetivos deste trabalho foi avaliar as etapas de pré-tratamento na percepção sensorial da fibra de caju, comparar os processos de secagem utilizando estufa com circulação de ar forçado e liofilização e aplicação da fibra pré-tratada em um produto *plant-based* tipo croquete. O processamento da fibra de caju foi efetuado e avaliado sensorialmente em cada cinco ciclos de hidratação e prensagem, na proporção (fibra: água de 1:1, 1:1,5 e 1:2). As amostras úmidas foram avaliadas sensorialmente por provadores treinados, e efetuadas análises físicas e físico-químicas, rendimento, acidez, pH, polifenóis extraíveis totais, sólidos solúveis e umidade. As fibras desidratadas, foram avaliadas em relação à capacidade de absorção de água e óleo, cor, polifenóis extraíveis totais e atividade antioxidante. As formulações foram preparadas com 30, 40 e 50% de fibra de caju liofilizada, e avaliadas sensorialmente quanto à aceitação, intenção de compra, análises físico-químicas e composição centesimal. Os resultados obtidos na sensorial fibra úmidas durante cada ciclo indicam que a percepção do sabor do caju é fraca após o segundo ciclo, e que o número de ciclos pode ser reduzido. Além disso, a proporção de água utilizada não apresentou uma diferença significativa entre o segundo e o quinto ciclo. Os resultados das análises físico-químicas também evidenciam não ser necessário ir até o quinto ciclo de hidratação e prensagem para a redução das características do caju, pois não foi percebido diferença significativa entre os tratamentos. Equipamento de liofilização obteve os melhores resultados de secagem. Na avaliação sensorial dos croquetes houve aceitação média de 7,0 a 8,0 para os três tratamentos, ocorrendo apenas percepção significativa ($p < 0,05$) para sabor característico de caju na formulação com 50% de fibra. O pré-tratamento da fibra de caju pode ser otimizado para dois ciclos de hidratação seguida de prensagem. Os diferentes métodos de secagem dão origem a fibras com características distintas, entretanto, todas podem ser empregadas. A aplicação em produto *plant-based* tipo croquete pode ser utilizado em teores de até 40% de fibra de caju.

Palavras-chave: desidratação; subproduto; pedúnculo; *Anacardium occidentale* L.

ABSTRACT

Cashew fiber is the byproduct obtained after removing the nut and extracting the juice from the stalk. For its use as an ingredient is recommended the pre-treatment of extraction of soluble substances with sequential cycles of hydration with water, to reduce acidity, sugars and cashew flavor, considered a bottleneck of the process. The objectives of this work was to evaluate the pre-treatment steps on the sensory perception of cashew fiber, compare the drying processes using forced air circulation oven and freeze-drying and application of the pre-treated fiber in a plant-based croquette type product. The cashew fiber processing was carried out and sensorially evaluated in every five cycles of hydration and pressing, in the ratio (fiber: water of 1:1, 1:1.5 and 1:2). The wet samples were sensorially evaluated by trained tasters, and physical and physicochemical analyses were performed, yield, acidity, pH, total extractable polyphenols, soluble solids, and humidity. The dehydrated fibers were evaluated for water and oil absorption capacity, color, total extractable polyphenols and antioxidant activity. The formulations were prepared with 30, 40 and 50% of freeze-dried cashew fiber, and sensorially evaluated regarding acceptance, purchase intention, physical-chemical analysis and centesimal composition. The results obtained in the wet fiber sensory during each cycle indicate that the cashew flavor perception is poor after the second cycle, and that the number of cycles can be reduced. In addition, the proportion of water used did not show a significant difference between the second and the fifth cycle. The results of the physicochemical analyses also show that it is not necessary to go until the fifth cycle of hydration and pressing for the reduction of the cashew characteristics, because no significant difference was perceived between the treatments. Freeze-drying equipment obtained the best drying results. In the sensory evaluation of the croquettes there was an average acceptance of 7.0 to 8.0 for the three treatments, occurring only significant perception ($p < 0.05$) for characteristic cashew flavor in the formulation with 50% fiber. The pretreatment of cashew fiber can be optimized for two cycles of hydration followed by pressing. The different drying methods give origin to fibers with different characteristics, however, all can be employed. The application in a croquette type plant-based product can be used at contents of up to 40% cashew fiber.

Keywords: dehydration; byproduct; cashew-apple peduncle; *Anacardium occidentale* L.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Curva de Secagem.....	22
Figura 2	– Etapas do planejamento do experimento.....	30
Figura 3	– Fibra de caju antes do início da hidratação (A) e sendo hidratada (B).....	31
Figura 4	– Caju/fibra de caju processada em prensa Expeller (A); saída da fibra da presa Expeller (B).....	31
Figura 5	– Ficha da sensorial da fibra de caju.....	34
Figura 6	– Equipamentos utilizados para a secagem da fibra de caju.....	35
Figura 7	– Etapas do processo de elaboração dos croquetes com fibra de caju.....	39
Figura 8	– Bandeja sensorial dos croquetes entregue aos provadores.....	41
Figura 9	– Avaliação sensorial da fibra de caju em relação ao processo de hidratação e prensagem do TR1.....	49
Figura 10	– Avaliação sensorial da fibra de caju em relação ao processo de hidratação e prensagem do TR2 (1:1,5).....	51
Figura 11	– Avaliação sensorial da fibra de caju em relação ao processo de hidratação e prensagem do TR3 (1:2).....	53
Figura 12	– Cor da fibra de caju úmida e em diferentes processos de desidratação: fibra úmida (A) e após a secagem em liofilizador (B), secador de bandeja (C) e estufa (D).....	58
Figura 13	– Croquetes de fibras de caju com proteína de soja.....	62
Figura 14	– Perfil dos provadores da análise sensorial do croquete de fibra de caju com proteína de soja.....	63
Figura 15	– Percentual para o teste de textura ideal para os croquetes de fibra de caju com proteína de soja.....	67
Figura 16	– Intenção de compra para os croquetes de fibra de caju com proteína de soja.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resíduos gerados pela agroindústria de sucos de frutas.....	15
Tabela 2 – Caracterização da farinha de bagaço de caju desidratado.....	18
Tabela 3 – Fibras alimentares presentes na fibra de caju.....	19
Tabela 4 – Aplicações da fibra de caju na indústria alimentícia.....	19
Tabela 5 – Formulações de croquete de fibra de caju enriquecido com proteína de soja.	38
Tabela 6 – Rendimento da fibra de caju após cada prensagem (base seca).....	43
Tabela 7 – Teor de sólidos solúveis totais para cada ciclo de prensagem dos tratamentos da fibra de caju.....	44
Tabela 8 – Comparação do efeito dos tratamentos (proporção de água e número de ciclos de hidratação + prensagem), na acidez e pH da fibra de caju.....	45
Tabela 9 – Umidade da fibra de caju antes e após cada ciclo de hidratação e prensagem	46
Tabela 10 – Efeito dos tratamentos de hidratação e prensagem no teor de polifenóis extraíveis total na fibra de caju.....	47
Tabela 11 – Avaliação de percepção dos atributos para fibra de caju em relação a proporção de água e número de ciclos.....	54
Tabela 12 – Rendimento e umidade em diferentes processos de secagem de fibra de caju.....	55
Tabela 13 – Capacidade de absorção de água e óleo das fibras secas.....	56
Tabela 14 – Cor das fibras secas por diferentes métodos de secagem.....	58
Tabela 15 – Teores de polifenóis extraíveis totais da fibra de caju por diferentes métodos de secagem.....	59
Tabela 16 – Atividade antioxidante pela captura do radical DPPH das fibras secas pelos diferentes métodos de secagem.....	60
Tabela 17 – Capacidade antioxidante das fibras secas obtida pelo método ABTS, sendo por diferentes métodos de secagem.....	60

Tabela 18 – Composição centesimal dos croquetes com fibra de caju e proteína de soja..	61
Tabela 19 – Conhecimento sobre produtos plant-based e fibra de caju.....	64
Tabela 20 – Aceitação das formulações de croquetes de fibra de caju enriquecidos com proteína de soja (PTS).....	65
Tabela 21 – Intensidade dos atributos percebidos pelos provadores nas formulações de croquete de fibra de caju enriquecida com proteína de soja.....	66

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo geral	14
2.2	Objetivos específicos.....	14
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
3.1	Reaproveitamento de subprodutos agroindustriais.....	15
3.2	Caju (<i>Anacardium occidentale L.</i>).....	16
3.2.1	<i>Subprodutos gerados na produção do suco de caju</i>	17
3.2.2	<i>Composição da fibra de caju</i>	17
3.3	Fibras Alimentares.....	20
3.4	Desidratação.....	21
3.4.1	<i>Desidratação por estufa em ar forçado (estufa)</i>	23
3.4.2	<i>Desidratação por liofilização</i>	24
3.5	Compostos fenólicos.....	26
3.6	Produtos plant-based.....	27
3.6.1	<i>Produto de fibra de caju enriquecido com proteína de soja texturizada</i>	28
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	29
4.1	Obtenção do bagaço de caju ou fibra de caju.....	29
4.2	Planejamento experimental.....	29
4.3	Processamento e análises da fibra do caju.....	30
4.3.1	<i>Rendimento de processo</i>	32
4.3.2	<i>Umidade, sólidos solúveis, acidez e pH</i>	32
4.3.3	<i>Polifenóis extraíveis totais</i>	32
4.3.4	<i>Análise sensorial da fibra de caju</i>	33
4.4	Métodos de secagem para a fibra do caju.....	34
4.5	Rendimento dos métodos de secagem para fibra de caju.....	35
4.6	Determinação da umidade das fibras de caju secas.....	36
4.7	Capacidade de absorção de água (CAA) e capacidade de absorção de óleo (CAO) das fibras de caju secas.....	36
4.8	Análises de cor das fibras de caju secas.....	36

4.9	Obtenções dos extratos das fibras secas para determinação de fenólicos totais.....	36
4.10	Atividades antioxidantes pelos métodos ABTS e DPPH.....	37
4.10.1	<i>Determinação da atividade antioxidante pelo método ABTS.....</i>	37
4.10.2	<i>Determinação da atividade antioxidante pelo método DPPH.....</i>	37
4.11	Desenvolvimento dos croquetes com fibra de caju desidratada.....	38
4.11.1	<i>Composição centesimal dos croquetes.....</i>	40
4.11.2	<i>Análise sensorial de croquete de fibra de caju.....</i>	40
4.12	Análise estatística.....	42
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
5.1	Rendimento da etapa de pré-processamento.....	42
5.2	Parâmetros físico-químicos da fibra de caju.....	43
5.2.1	<i>Avaliação da redução do teor de sólidos solúveis, por ciclo de tratamento....</i>	43
5.2.2	<i>Avaliação da redução da acidez/pH, por ciclo de tratamento.....</i>	44
5.3	Teor de umidade da fibra úmida.....	46
5.4	Polifenóis extraíveis totais das fibras do caju úmidas.....	47
5.5	Análise sensorial da fibra de caju úmida.....	48
5.6	Avaliação da secagem da fibra tratada em estufa, secador e liofilizador....	55
5.6.1	<i>Rendimento do processo de secagem e umidade.....</i>	55
5.7	Capacidade de absorção de água (CAA) e óleo (CAO) das fibras desidratadas.....	56
5.8	Cor das fibras secas.....	57
5.9	Teor de fenólicos totais.....	59
5.10	Atividade antioxidante.....	59
5.10.1	<i>Capacidade antioxidante pela captura do radical DPPH.....</i>	59
5.10.2	<i>Capacidade antioxidante pelo método ABTS.....</i>	60
5.11	Aplicação da fibra de caju em croquete plant-based.....	61
5.11.1	<i>Composição centesimal.....</i>	61
5.12	Análise sensorial.....	62
5.12.1	<i>Perfil dos provadores (consumidores).....</i>	62
5.12.2	<i>Aceitabilidade.....</i>	65
5.12.3	<i>Avaliação da intensidade dos termos descritores (Diagnóstico de atributos).....</i>	65
5.12.4	<i>Escala do ideal para textura e intenção de compra.....</i>	66

6	CONCLUSÃO.....	69
	REFERÊNCIAS.....	70
	ANEXO A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	80
	ANEXO B - FICHA DA SENSORIAL DA FIBRA DO PEDÚNCULO DE CAJU.....	81
	ANEXO C - FICHA DA SENSORIAL DO CROQUETE.....	82

1 INTRODUÇÃO

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) pertence à família *Anacardiaceae*. O caju é nativo da América do Sul composto pela castanha (fruto verdadeiro) o pedúnculo ou pseudofruto. Da castanha é extraído a amêndoia de maior valor comercial e pedúnculo é destinado à produção de sucos, polpas, cajuína, entre outros produtos alimentícios (LIMA *et al.*, 2014; SANCHO, 2007).

Após a extração do suco do pedúnculo obtém-se a fibra constituída de uma parte sólida e fibrosa que geralmente é destinada ao descarte ou utilizada como ração animal. O pedúnculo do caju compõe cerca de 90% do peso total do fruto fresco, possui alta atividade de água e açúcares fermentescíveis. Quando descartado incorretamente apresenta um alto risco de contaminação ao meio ambiente, tanto ao solo como para os lençóis freáticos (LOPES *et al.*, 2011).

Dessa forma, o aproveitamento da fibra do caju é extremamente importante, visto que constitui uma fonte de compostos de alto valor agregado, atendendo as necessidades nutricionais pela riqueza em fibras, vitaminas, minerais e outros componentes bioativos, como os compostos fenólicos. Pode ser usado como substituto parcial ou total de ingredientes, como farinha e outros, para agregar valor nutricional em produtos alimentícios (PINHO, 2012).

Estudos vêm sendo realizados na Embrapa Agroindústria Tropical utilizando a fibra de caju na elaboração de produtos alimentícios de base vegetal. Os resultados obtidos indicam que para utilizar a fibra de caju é necessário um pré-tratamento com água e prensagem para reduzir o teor de açúcares, a acidez e o sabor residual de caju, além de influenciar na redução do tamanho das fibras. Após esse tratamento, a fibra apresenta características que permitem sua incorporação em produtos alimentícios como hambúrgueres, por exemplo (LIMA *et al.*, 2008; LIMA *et al.*, 2011; LIMA *et al.*, 2013).

Contudo, a aplicabilidade da fibra de caju possui algumas limitações devido seu alto teor de umidade que aumenta a possibilidade de degradação microbiológicas, exigindo dessa forma um processo de conservação para armazenamento e transporte (LIMA *et al.* 2014). A secagem é uma operação a ser empregada no processamento da fibra para a redução da umidade e o método escolhido deve levar em consideração a preservação dos componentes nutricionais e modificações mínimas na estrutura do alimento, uma vez que a secagem influencia diretamente esses dois aspectos. Dessa forma, os métodos avaliados devem ser ponderados por sua eficácia em reduzir a água presente na fibra, possibilitando sua estocagem

a temperatura ambiente e sem gerar grandes perdas de compostos sensíveis a temperatura elevada (SIQUEIRA; BRITO, 2013).

Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar o pré-tratamento da fibra de caju obtida do processamento do pedúnculo, por meio de lavagens e prensagens sequenciais, e emprego de processo de desidratação para a redução do teor de umidade e manutenção da qualidade da fibra, de forma a obter um produto estável a temperatura ambiente para aplicação em produtos alimentícios do tipo *plant-based*.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Obter fibra de caju de qualidade e estável a temperatura ambiente para uso como ingrediente para aplicação em produtos alimentícios do tipo *plant-based*.

2.2 Objetivos específicos

- ❖ Otimizar o processo de pré-tratamento da fibra de caju por hidratação e prensagens sequenciais, avaliando diferentes proporções de água:fibra e número de ciclos de prensagens;
- ❖ Avaliar três diferentes métodos de desidratação da fibra (secagem por liofilização, secador de bandejas e em estufa com circulação forçada de ar) para conservação em temperatura ambiente;
- ❖ Determinar as características físico-químicas, propriedades tecnológicas e compostos bioativos da fibra de caju obtida pelos diferentes métodos de desidratação em comparação com a fibra úmida;
- ❖ Desenvolver um produto *plant-based* tipo croquete elaborado com a fibra de caju pré-tratada e desidratada;
- ❖ Avaliar a aceitação sensorial do produto *plant-based* tipo croquete elaborado com fibra de caju pré-tratada e desidratada.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Reaproveitamento de subprodutos agroindustriais

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, com geração anual de mais de 40 milhões de toneladas, ficando atrás apenas da China e Índia. Do total de frutas produzidas 53% destinam-se à comercialização como frutas frescas e os 47% restantes vão para o setor agroindustrial (SIDALC, 2020).

Os alimentos de origem vegetal são os mais desperdiçados e em relação as frutas esse problema se agrava pela alta perecibilidade e sazonalidade das safras no processo produtivo. Estima-se que na colheita ocorra 10% de perda enquanto nas etapas seguintes, como transporte e industrialização, aproxima-se de 50% (ZARO *et al.*, 2018).

Uma solução para evitar os desperdícios das frutas *in natura* é seu emprego para fabricação de polpas e sua conservação pode ser feita por meio do congelamento, método que prolonga sua conservação e possibilita o consumo em qualquer época do ano, (AMORIM, 2016). Contudo, as indústrias de produção de polpa e suco de frutas são responsáveis pela geração de toneladas de subprodutos agroindustriais como casca, caroços e sementes com seus percentuais variando de acordo com o tipo de suco produzido, conforme Tabela 1.

Tabela 1- Resíduos gerados pela agroindústria de sucos de frutas.

Suco produzido	Subprodutos gerados (%)
Manga	69 - 40
Tamarindo	50 - 60
Maracujá	65 - 70
Acerola	41 – 27
Caju	40
Abacaxi	40 – 30
Goiaba	40

Fonte: Amorim, 2016.

Dos resíduos gerados nos processos agroindustriais, somente uma pequena parte é recuperada como subproduto para o reaproveitamento. A grande maioria é considerada inviável para seu uso, sendo descartada diretamente no meio ambiente ou em indústrias responsáveis pela dispensa de resíduos. Porém, esses resíduos podem conter substâncias importantes como pigmentos, açúcares, ácidos orgânicos, aromas, compostos bioativos, enzimas, compostos antimicrobianos e fibras que poderiam ser aplicados em alimentos como substitutos de

ingredientes total ou parcial originando produtos com maior valor nutricional agregado, como os alimentos funcionais (OKINO *et al.*, 2016). Agregando valor aos subprodutos antes descartados torna-se uma excelente alternativa para melhorar as propriedades físicas, nutricionais, estruturais e reológicas dos produtos, além de reduzir os impactos causados ao meio ambiente, uma vez que os utiliza para desenvolvimento de novos produtos ao invés de descartá-los (LIMA *et al.*, 2014).

3.2 Caju (*Anarcadium occidentale* L.)

O cajueiro (*Anarcadium occidentale* L.) pertence à família *Anacardiaceae*, nativa da região Nordeste do Brasil. Possui características de adaptação em regiões com solo pouco férteis e semiáridas, o que torna a produção de caju uma atividade rentável, sendo uma das principais fontes de renda do Nordeste pela possibilidade de se desenvolver em plena seca (SERRANO; PESSOA, 2016).

Das inúmeras espécies de cajueiro, apenas a *Anarcadium occidentale* é cultivada comercialmente, sendo dois tipos de cajueiros: o anão-precoce e comum. O cajueiro anão-precoce é caracterizado por possuir baixa ramificação e porte variado, entre 5 e 10 metros, embora em condições específicas possa chegar a 20 metros. Possui maior produtividade em comparação ao cajueiro comum devido seu porte menor, permitindo um plantio maior de árvores por hectare além de possibilitar um maior aproveitamento do pedúnculo para consumo no mercado. Já o cajueiro comum (porte alto) tem sua produção iniciada mais tarde com sua capacidade produtiva individual maior e menor dependendo do período da safra em relação ao cajueiro anão-precoce (ARAÚJO *et al.*, 2015).

O fruto do cajueiro é denominado de caju e é composto por duas partes: a castanha que corresponde a 10% do peso total e é o verdadeiro fruto do caju, e o pedúnculo (pseudofruto) que corresponde a 90% do peso total, e que possui o menor aproveitamento industrial (PAIVA *et al.*, 2000; LIMA *et al.*, 2008).

O pedúnculo é comumente chamado de maçã do cajueiro e apresenta estrutura carnosa, suculenta, com agradável sabor e ligeira adstringência resultante da presença dos taninos que também são responsáveis pelo seu aroma adstringente. Os taninos também contribuem para sua atividade antioxidante, sendo capaz de auxiliar na prevenção de doenças cardiovasculares e câncer (ARAÚJO, 2013; PINHO, 2012).

Rico em compostos bioativos como carotenoides, o pedúnculo possui maior quantidade de vitamina C, com cerca de 257mg/100g, sendo de 4 a 5 vezes mais rico que a

laranja, composta por cerca de 32,8mg/100g (TBCA, 2021). Possui também em sua composição, cálcio, fósforo, compostos fenólicos, como taninos e antocianinas, e pigmentos naturais responsáveis por sua coloração (COSTA *et al.*, 2009; RUFINO *et al.*, 2010; PAIVA *et al.*, 2000; ASSUNÇÃO; MERCADANTE, 2003).

O pedúnculo pode ser utilizado para produção de suco, polpa, doces, bebidas destiladas e obtenção da fibra de caju. É a parte com maior teor de água, tornando-se um produto bastante perecível. A falta da aplicação de processamentos e tecnologias para a sua conservação dificulta a sua comercialização (PAIVA *et al.*, 2000).

3.2.1 Subprodutos gerados na produção do suco de caju

O subproduto gerado a partir da utilização do pedúnculo de caju nas indústrias de sucos e polpas, denominado fibra de caju, possui um potencial para aproveitamento, apresentando vitaminas, sais minerais, fibras solúveis e insolúveis e compostos com propriedades funcionais, além de polifenóis e carotenoides (SIQUEIRA; BRITO, 2013).

Devido à alta perecibilidade, problemas com logística e armazenamento, 75% da produção de pedúnculo é desperdiçada anualmente na região Nordeste do país, e apenas 10 - 20% de sua produção anual é empregada na produção de suco integral (SIQUEIRA; BIRTO 2013; GOMES *et al.*, 2014).

3.2.2 Composição da fibra de caju

A fibra de caju possui em sua composição (Tabela 2) macronutrientes como carboidratos, lipídeos, fibras e proteínas, e micronutrientes como a vitamina C, e minerais necessários ao bom funcionamento e desenvolvimento do organismo humano sendo de suma importância a sua presença na alimentação (PINHO, 2012).

De acordo com Kouassi *et al.* (2018) e Dos Santos (2012) as fibras alimentares presentes na fibra do caju (Tabela 3) são em sua maior proporção a hemicelulose, e conjuntamente a celulose, pectina e lignina que formam a parede celular. A pectina é rica em ramnose, arabinose, galactose e ácidos galacturônicos e possui ligações covalentes ligadas a fenóis, proteínas e celulose na parede celular. As ligninas são polifenóis altamente insolúveis, formados através da polimerização de três álcoolos: álcool trans-p-cumaril, álcool-coniferil e álcool trans-sinapil, mantendo redes de ligações cruzadas na parede celular, conferindo resistência. A hemicelulose corresponde a um grupo heterogêneo de polissacarídeos

ramificados formando ligações de hidrogênio entre si e a celulose. A celulose é constituída de monômeros de glicose que forma cadeias por ligações β 1-4 e por ligações de hidrogênio entre as cadeias.

Tabela 2- Caracterização da farinha de bagaço de caju desidratado.

Parâmetros	PINHO (2012)	PINHO (2012) liofilizada	SANTOS e MOTA (2010)	KOUASSI (2018)	SANTOS <i>et al.</i> (2019)	AMARAL <i>et al.</i> , (2020)
Umidade (%)	6,80	4,04	9,56	9,07	6,13	12,15
Carboidratos totais (%)	-	-	61,19	-	89,12	54,12
Proteínas (%)	10,56	9,80	9,22	18,20	1,55	4,79
Lipídeos (%)	1,07	2,81	18,35	12,06	1,53	0,85
Fibra bruta (%)	53,71	40,35	16,51	-	-	26,29
Fibras solúveis	5,02	7,33	-	-	--	-
Fibras insolúveis	48,70	33,03	-	-	-	-
Cinzas (%)	1,90	1,20	1,68	3,20	1,63	1,76
Vitamina C (mg/100g)	9,32	6,61	240,03	-	-	78,32
Acidez (% de ácido cítrico)	2,61	3,10	1,79	-	-	1,53
pH	3,48	3,39	4,21	4,40	-	4,4

Fonte: Adaptado de Pinho (2012); Dos Santos e Da Mota, (2010); Kouassi *et al.*, (2018), Santos *et al.*, (2019); Amaral *et al.*, (2020).

A composição da fibra de caju é de 12% glicose, 37% xilose e 51 % arabinose, evidenciando o seu potencial de utilização em produtos alimentícios, com finalidade de enriquecer o alimento com fibras alimentares gerando grandes benefícios a saúde (SEIBEL; BELÉIA,2008; DOS SANTOS LIMA, 2012).

A fibra de caju também possui em sua composição compostos fenólicos que estão associados à fibra dietética, com predominância da fibra insolúvel (88%). De acordo com Rufino *et al.* (2010) pode conter 28 g/kg em base seca de polifenóis extratáveis e 52 g/kg em base seca de taninos condensados não extraíveis.

Tabela 3- Fibras alimentares presentes na fibra de caju.

Fibras alimentares	* Kouassi et. al (2018)	**Dos Santos, Lima (2012)
Pectina (%)	8,56	-
Celulose (%)	19,92	18,31
Hemicelulose (%)	51,10	27,18
Lignina (%)	3,56	23,91

Legenda: * Utilizou a fibra do caju. **Fibra do caju obtida da indústria de polpa.

De acordo com estudo de Barreto *et al.* (2008) foi constatado que além de possuir quantidade elevada de polifenóis, a fibra de caju possui também quantidades elevadas de carotenoides e de ácido ascórbico que permanece na fibra mesmo após cinco ciclos de maceramento, prensagem e filtragem e são os responsáveis por sua atividade antioxidante. Ao comparar seus teores de compostos fenólicos e atividade antioxidante com os de outras frutas, é observado que a fibra do caju apresenta maior teor (INFANTE *et al.*, 2013). Siqueira e Brito (2013), avaliaram a influência da extração de compostos fenólicos no bagaço de caju e verificaram que a extração com metanol, tornou as matrizes insolúveis das fibras mais disponíveis para interação sólido-líquido ao extrair fenólicos e flavonol, aumentando assim sua capacidade antioxidante.

Devido sua composição química a fibra de caju possui potencial para incorporação em formulações de produtos alimentícios e outros usos biotecnológicos (Tabela 4), permitindo a obtenção de novos produtos que atendam a públicos diversos, o que auxilia na diminuição do descarte da fibra de caju no meio ambiente.

Tabela 4- Aplicações da fibra de caju na indústria alimentícia.

PRODUTOS	FONTE
Produção biotecnológica de xilitol	Albuquerque <i>et al.</i> (2015)
Barra de cereais	Oliveira <i>et al.</i> (2013)
Hambúrguer	Pinho (2011); Lima (2008); Lima <i>et al.</i> (2011); Lima (2014).
Biscoitos	Santana& Silva (2008); Lima <i>et al.</i> (2002)
Biscoitos tipo <i>cookie</i>	Matias <i>et al.</i> (2005)
Massa fresca tipo talharim	Brito (2016)
Trufas	Medeiros <i>et al.</i> (2012)
Cupcake	Morais <i>et al.</i> (2018)

É importante ressaltar que ao utilizar a fibra de caju no desenvolvimento de novos alimentos é necessário analisar quais métodos de conservação são mais adequados para aumentar sua vida útil e manter suas características nutricionais. A desidratação é um dos métodos de conservação que pode ser empregado, resultando na obtenção de uma fibra seca que pode ser utilizada na produção de alimentos (ALVES *et al.*, 2011).

3.3 Fibras Alimentares

De acordo com a Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) nº360, 23 de dezembro de 2003, a fibra alimentar é definida como “qualquer material comestível, que não seja hidrolisado pelas enzimas endógenas do trato digestivo humano” (BRASIL, 2003). São encontradas nos alimentos de origem vegetal, embora não sejam absorvidas como nutrientes pelo organismo. A falta de fibras alimentares acarreta danos à saúde, pois possuem capacidade de absorver líquidos e aumentar a matéria do bolo fecal, sendo indispensável no tratamento de doenças do trato gastrointestinal (BODINSKICH, 2006).

As fibras alimentares são consideradas carboidratos de origem vegetal, sendo grandes fragmentos da parede celular formados por polissacarídeos, oligossacarídeos, lignina, entre outras substâncias. Estão presentes em vegetais comestíveis como cereais, frutas, hortaliças, tubérculos e leguminosas. A inclusão da fibra na dieta promove efeitos fisiológicos benéficos à saúde humana como auxiliar no bom funcionamento do intestino grosso, reduzir o colesterol e glicose no sangue; e pode ser classificada como um não nutriente com propriedade funcional (OLIVEIRA, 2008; REYNALDO *et al.*, 2019).

As fibras alimentares são classificadas a partir da sua solubilidade em água em solúveis e insolúveis. As fibras insolúveis atuam melhorando o trânsito intestinal e as fibras solúveis produzem impacto sobre a velocidade do trânsito intestinal, reduzem os picos das curvas de glicose além de modificar a secreção de insulina e colesterol (PAULA *et al.*, 2009; MIRA *et al.*, 2009). As fibras solúveis são mais viscosas e/ou facilmente fermentáveis no cólon, possuem a capacidade de se dissolver na água formando um gel, que é responsável pela redução do colesterol sanguíneo . Estão ligadas diretamente ao esvaziamento gástrico, ao retardar a absorção de glicose, proporcionando maior saciedade e auxiliam na proteção do intestino contra o câncer do intestino. São exemplos de fibras solúveis, a pectina, gomas, inulina e algumas hemiceluloses. As fibras insolúveis, são responsáveis pelo aumento de volume do bolo fecal, com limitada fermentação no cólon e aceleram o trânsito intestinal além de reduzir o tempo de

contato das fezes com a mucosa intestinal, diminuindo o risco de câncer de cólon. Em uma dieta composta por alimentos de origem vegetal, as fibras insolúveis são mais abundantes correspondendo por 2/3 a 3/4 das fibras alimentares. São fibras insolúveis a lignina, celulose e algumas hemiceluloses (CATALANI, *et al.*, 2003).

Uma alimentação rica em fibras pode reduzir o risco de doenças como as cardiovasculares, câncer do cólon, obesidade, previne e melhora problemas de constipação, diminui o risco de hemorroidas e diverticulite. Adicionalmente, aumenta a sensação de saciedade e consequentemente a redução do consumo de alimentos durante as refeições (FOOD INGREDIENTS, 2008).

3.4 Desidratação

A água apresenta-se de duas formas: molécula livre ou ligada em/a substratos. A atividade água (A_w) é um dos parâmetros intrínsecos dos alimentos que indica a água disponível para viabilizar o crescimento microbiológico ou reações. Já o teor de umidade é uma medida quantitativa dada em percentual de massa de toda água presente no alimento, tanto livre com ligada. A água livre não está ligada com as moléculas constituintes do produto, assim propicia as reações químicas, físicas e biológicas. Já a água ligada, está ligada com substâncias constituintes do alimento, dificultando a sua retirada (SILVA, 2017).

A secagem é umas das técnicas de conservação de alimentos mais antiga, e apresenta grandes vantagens quando comparada a outros métodos de conservação por ser mais simples, podendo ser realizada por métodos tradicionais, como a secagem em estufa convencional, ou por meio de técnicas mais sofisticadas como a liofilização (DIAS, 2018).

Ao submeter um sólido úmido à secagem térmica, dois processos ocorrem respectivamente: a transferência de energia e a de massa. A transferência de energia na forma de calor ocorre a partir do ambiente dependendo de condições externas, como temperatura, umidade do ar, fluxo e direção de ar, área de exposição do sólido (forma física) e pressão. Já a transferência de massa (água) pode ocorrer na superfície, bem como do interior para a superfície do material, com subsequente evaporação devido ao primeiro processo. O movimento interno da água no material é função da natureza física do sólido, sua temperatura e do teor de umidade (MUJUMDAR, 2007).

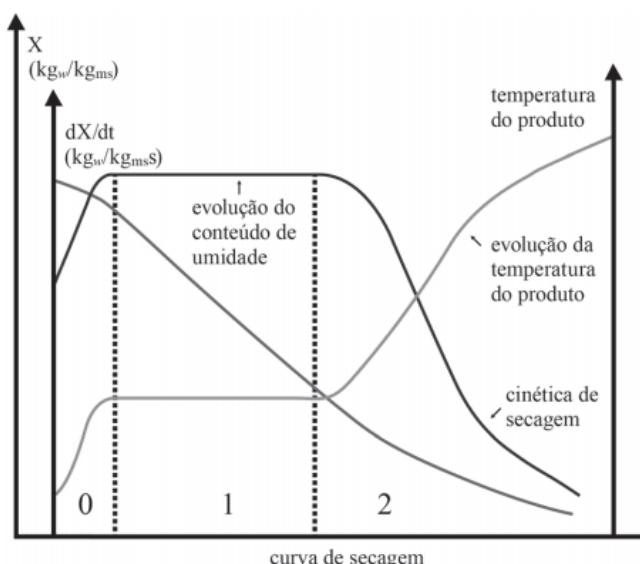
Durante o processo de secagem, a transferência de calor em alimentos sólidos ocorre por condução, envolvendo a retirada de água de um sistema sólido ou semissólido mecanicamente por vaporização térmica. Desse modo, o produto é aquecido promovendo uma transferência de vapor de água para o ar que, ao sair do secador, apresenta menor temperatura

e maior umidade relativa quando comparada às condições de entrada (MELONI, 2003; SILVA, 2006, 2010).

As características específicas de cada produto, associadas às propriedades do ar de secagem e ao meio de transferência de calor adotado, determinam diversas condições de secagem. Entretanto, a transferência de calor e de massa entre o ar de secagem e o produto é fenômeno comum a qualquer condição de secagem (CORNEJO *et al.*, 2003).

O processo de secagem, baseado na transferência de calor e de massa, pode ser dividido em três períodos (Figura 1).

Figura 1- Curva de Secagem.



Fonte: Park *et al.*, 2014.

Analizando os períodos da Figura 1:

- I. O primeiro período representa o início da secagem. Nesse período ocorre uma elevação gradual da temperatura do produto e da pressão de vapor de água. Essas elevações têm prosseguimento até o ponto em que a transferência de calor seja equivalente à transferência de massa (água).
- II. O segundo período caracteriza-se pela taxa constante de secagem. A água evaporada é a água livre. A transferência de massa e de calor é equivalente e, portanto, a velocidade de secagem é constante. Enquanto houver quantidade de água na superfície do produto suficiente para acompanhar a evaporação, a taxa de secagem será constante.

III. No terceiro período, a taxa de secagem é decrescente. A quantidade de água presente na superfície do produto é menor, reduzindo-se, portanto, a transferência de massa. A transferência de calor não é compensada pela transferência de massa; o fator limitante nessa fase é a redução da migração de umidade do interior para a superfície do produto. A temperatura do produto aumenta, atingindo a temperatura do ar de secagem. Quando o produto atinge o ponto de umidade de equilíbrio em relação ao ar de secagem, o processo é encerrado (PARK *et al.*, 2014).

Essa evolução de transferência de calor e massa no decorrer da secagem pode ser divididas em três períodos, demonstrados pelas curvas de secagem ilustrada na (Figura 1). Com a evolução do teor de água de um produto (X) em uma determinada temperatura (T) e na velocidade de secagem (dX/dt), ao longo do tempo, com a velocidade do ar constante. A curva da evolução do teor de água (a) representa a diminuição do teor de água do produto durante a secagem, já a curva de evolução da temperatura do produto (b) representa a velocidade da taxa de secagem do produto (variação de conteúdo de umidade por tempo) diferente da curva (a), na curva de cinética de secagem (c) é a variação de temperatura do produto durante a secagem em relação a evolução do tempo (t) (BROD *et al.* 1999)

A secagem é talvez o método de conservação mais antigo na indústria alimentar (MAISNAM *et al.*, 2015). Impede a deterioração microbiana e atividade enzimática, e consequentemente aumenta o prazo de validade dos produtos alimentares (DE BRUIJN *et al.*, 2016). Os produtos secos são mais adequados para manipulação, uma vez que o seu volume reduzido ajuda a reduzir os custos de embalagem, transporte e armazenamento (PROSAPIO e NORTON, 2018).

3.4.1 Desidratação por estufa em ar forçado (estufa)

A desidratação por estufa em ar forçado consiste na exposição do material a ser seco a um fluxo contínuo de ar aquecido que permite que a água evapore, reduzindo a umidade do material. A desidratação por ar quente pode estender a vida útil de um produto em até um ano, mas a qualidade do produto é fortemente dependente das condições operacionais (RATTI, 2001).

Algumas características podem afetar a taxa e o tempo total de secagem como tamanho e geometria das partículas, as propriedades físicas do produto, o material em relação ao ar que o atravessa em tubos, camadas, bandejas; propriedades físicas do ar (temperatura, umidade e velocidade) e o tipo do secador. O método influência nas características do produto que se deseja obter (SILVA *et al.*, 2017).

Há uma grande variedade de configurações de equipamentos e processos para aplicação na secagem de um determinado material, por essa razão os critérios de classificação e seleção de um sistema também são diversos. Existem equipamentos específicos para diversos tipos de materiais como, por exemplo: equipamentos para processar sólidos, pastas e líquidos podendo esse ser em batelada ou contínuos, para produção em escala industrial ou não. Portanto, para selecionar uma configuração de secador é fundamental avaliar as características que deseja obter do produto (SILVA, 2020).

A desidratação em bandejas consiste em um sistema de grelhas ou bandejas retangulares ou quadradas com fundo em tela. As bandejas são colocadas sequencialmente ao longo da cabine e no fundo da cabine está o ventilador e depois o sistema de aquecimento. O ar pode ser aquecido eletricamente ou por um trocador de calor com a circulação de ar sendo feita por um ventilador atrás da resistência elétrica usada para o aquecimento do ar de entrada. Esse ar é soprado a 0,5 a 5 ms⁻¹ através do sistema de dutos ou chicanos para promover a circulação uniforme do ar através das bandejas. Para garantir a uniformidade da secagem, o produto deve ser colocado de forma ordenada no sistema de bandejas e as camadas não devem ser superiores a 3 cm. O sistema de ar deve ser ligado antes da introdução do produto para que seja atingida a temperatura de secagem antes de começar o processo. (CELESTINO, 2010).

Esse tipo de secagem é mais utilizado para frutas, legumes e hortaliças em pequena escala. Podem ser desidratados rapidamente por este processo devido ao contato íntimo do ar quente com o produto. Alguns estudos utilizando secador de bandeja têm sido realizados com maçã, carambola, por exemplo (SANTOS *et al.*, 2013, SANTOS *et al.*, 2010).

3.4.2 Desidratação por liofilização

A desidratação por liofilização fundamenta-se na retirada da água contida no material por meio do congelamento da parte líquida e posterior sublimação do gelo. Por trabalhar com baixas temperaturas e sob vácuo, esse processo é recomendado para materiais muito sensíveis, como materiais biológicos, farmacêuticos, alimentos e produtos químicos, gerando produtos de qualidade superior quando comparados às outras técnicas de desidratação (VIEIRA, 2012).

De acordo com Souza *et al.*, (2011) os estágios principais da liofilização são: Estágio 1 - Congelamento, o produto a ser liofilizado é congelado a baixas temperaturas, geralmente menores que -18 °C; Estágio 2 - Secagem primária consiste na fase em que a água congelada é removida por sublimação e para que isto ocorra o material congelado deve permanecer a uma pressão absoluta de 2 mmHg (alto vácuo) ou menor e fornecer energia (sob forma de aquecimento) para sublimação; nesta etapa são removidos cerca de 90% do teor de água inicial do produto; Estágio 3 - Secagem secundária consiste na retirada da água que está ligada à estrutura do material quando não existe mais água na forma de gelo. Nesse caso, ocorre em menor velocidade que a sublimação, uma vez que o teor de água é menor e não está livre (5 a 10% do total de água do material).

No congelamento, ocorre a formação de cristais de gelo, sendo determinantes sobre a eficiência de transferência de massa e retirada de umidade. A depender do tamanho, formato e homogeneidade, os cristais de gelo pequenos e descontínuos fazem com que a transferência se torne limitada enquanto cristais grandes e homogêneos tornam as taxas de transferência maiores e o material pode ser liofilizado mais rapidamente (SOUZA *et al.*, 2011, LIAPIS *et al.*, 1996).

Quando as moléculas de água sublimam, o vapor de água formado carrega uma quantidade significativa de calor latente de sublimação (cerca de 2840 kJ/kg de gelo) e assim, a temperatura do produto sendo liofilizado se mantém reduzida. A sublimação ocorre no sentido da superfície para o interior do material, formando uma camada desidratada por onde o vapor de água é removido. Cerca de 65-90% da água presente no material é removida nesta etapa (LIAPIS *et al.*, 1996; LIAPIS; BRUTTINI, 2007).

No segundo estágio de secagem tem-se a dessorção, que consiste na retirada da água remanescente não congelada que ainda está adsorvida física ou quimicamente à estrutura interna do material. Como essa água não está livre, ocorre em velocidade menor que a sublimação, esta etapa deve acontecer até que a umidade residual seja tão pequena quanto a que o material necessite para manter sua estabilidade e qualidade por longo tempo (TATTINI, 2006).

As vantagens da liofilização sobre os processos convencionais são a preservação das propriedades químicas e físicas do material após a desidratação, não propiciam a degradação oxidativa, a desnaturação proteica, a perda de compostos voláteis (sabor e aroma), a degradação de compostos termossensíveis, como as vitaminas, além de ocorrer um encolhimento mínimo do material e a ausência de migração de sólidos solúveis para sua superfície (VIEIRA, 2012).

A partir dessas vantagens, a liofilização é utilizada no mercado de alimentos processados, como frutas e polpas desidratadas, retendo as características naturais dos produtos. E a principal limitação para a aplicação da liofilização em larga escala são os altos custos envolvidos na produção e o alto consumo de energia no processo (MARQUES *et al.*, 2006; HSU *et al.*, 2003).

3.5 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos ou polifenóis são um vasto grupo de fitoquímicos que possuem, pelo menos, um anel aromático ao qual se encontra ligado a um ou mais grupos hidroxila. A sua estrutura pode variar entre uma simples molécula fenólica a polímeros complexos de elevado peso molecular (BALANGE; BENJAKUL, 2009).

Nos últimos anos, muita atenção tem sido dada aos compostos fenólicos devido ao grande número de pesquisas que afirmam que o consumo regular e em quantidades adequadas de vegetais, frutas e bebidas ricos nestas substâncias está associado à prevenção de doenças crônicas não transmissíveis (TOMAS-BARBERAN; ESPIN, 2001).

São produzidos pela maioria das plantas como parte integrante da sua estrutura, os quais desempenham funções diversas, tais como: estrutura dos tecidos, defesa contra-ataques de agentes patogênicos, agentes protetores contra condições externas como temperatura extrema, estresse, radiação ultravioleta (UV) e oxidação das biomoléculas. Estas funções devem-se essencialmente por sua capacidade antioxidante, ou seja, à sua capacidade de agir como agentes redutores, sequestradores de radicais livres (BOUDET, 2007; CHUNGLONG *et al.*, 2008).

Mais de 8.000 compostos fenólicos já foram identificados, sendo os principais encontrados em alimentos pertencentes à classe dos flavonoides, ácidos fenólicos, estilbenos e taninos. Desempenham papel importante sobre as características sensoriais dos alimentos, principalmente em relação ao sabor, promovendo amargor, doçura e adstringência. Alguns compostos fenólicos são intensamente amargos, como a flavanona hesperidina presente em frutas cítricas. Porém, após a transformação química da flavonapara as di-hidrochalconas correspondentes se tornam intensamente doces (2.000 vezes mais doce que a sacarose) e são utilizadas como adoçantes e realçadores de sabor pela indústria (TOMAS-BARBERAN; ESPIN, 2001).

Estudos comprovam o potencial da alimentação rica em compostos fenólicos, em razão de suas possíveis alegações de propriedades funcionais, dentre as quais destacam-se atividade antioxidante na prevenção de reações oxidativas, na proteção de glóbulos vermelhos

contra os radicais livres (YOUSSEF et al., 2000), antitrombóticas, antimicrobianas (OU; KWOK, 2004), prevenção de doença pulmonar obstrutiva crônica, doenças cardiovasculares, acidente vascular cerebral (WU et al., 2013), na manutenção da saúde intestinal (BOUDJOU et al., 2013; CARDONA et al., 2013), na redução da incidência de câncer de próstata (GAWLIK-DZIK et al., 2012), previne o estresse oxidativo (YOUSSEF et al., 2000; ASADI et al., 2010; FERRERES et al., 2013).

Em virtude do notável número de resultados demonstrando a importância de compostos fenólicos para saúde humana, é clara a necessidade do consumo de alimentos fonte desses compostos para obtenção de uma dieta saudável (OBOH et al., 2012; NORATTO et al., 2014).

3.6 Produtos plant-based

Produtos à base de plantas (*plant-based*) é um nicho que tem crescido bastante devido à busca dos consumidores por novos hábitos a fim de melhorar a própria saúde ao reduzir os impactos ambientais causados por suas escolhas. A produção atual de alimentos de origem animal vem sendo criticada pelos impactos negativos na qualidade ambiental, saúde pública e bem-estar animal (PEW COMMISSION, 2008).

Em busca de respostas para tais questionamentos, inovações estão sendo produzidas como formas para apoiar a criação e comercialização alternativa de produtos de origem animal. Esse setor inclui análogos à base de plantas que combinam insumos vegetais com a ciência dos alimentos que permitem obter sabores, texturas próximas dos produtos animais existentes (MOUAT et al., 2019).

Atualmente tem sido usados materiais a base de plantas como soja, trigo, ervilha e nozes para produção de produtos animais alternativos que podem incluir também o leite alternativo. Ao longo das últimas décadas, esses produtos foram produzidos em massa e comercializados principalmente para consumidores vegetarianos (JACOBSEN, 2016).

Os defensores dos produtos a base de plantas argumentam que a sociedade deve consumir menos produtos de origem animal, a fim de se alimentar de forma sustentável. Pelo risco amplamente discutido aos consumidores referente as doenças crônicas relacionadas à dieta como doenças cardiovasculares, diabetes, obesidade, alguns cânceres, estudos indicam que uma dieta predominante a base de vegetais está associada a prevenção dessas doenças e promoção da saúde (KATZ; MELLER, 2014).

Portanto, os produtos a base de plantas são uma alternativa para pessoas preocupadas com alimentação, redução do sofrimento animal, pessoas com dieta restritiva e

pessoas que não gostam de carne. Esses produtos devem fornecer proteínas necessárias para o bom funcionamento do corpo. Buscando novas possibilidades de texturização de alimentos com proteínas em estruturas fibrosas distintas para imitar o músculo, algumas plantas têm em sua estrutura, músculos fibrosos e com nível de umidade semelhante a carne e imita a sensação de mordida á boca. Essa tendência é recente e promovida por um número cada vez mais sofisticado de novos produtos alimentares a partir de várias matérias-primas vegetais, simultaneamente, alternativas a carne que estão se tornando amplamente disponíveis nas lojas e restaurantes.

3.6.1 Produto de fibra de caju enriquecido com proteína de soja texturizada

Com o passar do tempo, o consumidor passou a se preocupar com a sua alimentação e quais nutrientes deve consumir para a manutenção da saúde. Nesse grupo de consumidores preocupados com alimentação encontram-se os vegetarianos, veganos além de outros grupos. Segundo a Sociedade Vegetariana Brasileira (2017), o vegetarianismo consiste em um regime alimentar que exclui todos os tipos de carne e em algumas classificações pode incluir ou não o consumo de ovos, leite e laticínios. Os veganos, por exemplo, excluem o consumo de todos os produtos de origem animal, incluindo leite e seus derivados.

Comumente pessoas com esse estilo de vida tem maior preocupação com problemas ambientais decorrentes do mercado da carne, defendem o respeito aos animais que sofrem com as más condições de criação e com os maus tratos. A busca pela qualidade de vida e por hábitos alimentares mais saudáveis são outros fatores que vem atraindo pessoas para o veganismo (SCHMIDT, 2013).

Com o crescente número de pessoas em busca de alimentação alternativa e as limitadas ofertas que atendem a esses consumidores, a elaboração de produtos a partir da fibra do pedúnculo de caju proporcionaria o aproveitamento da fibra e a possibilidade de diversificação da dieta da população, agregando valor nutricional ao produto, e proporcionando benefícios à saúde do consumidor (LIMA *et al.*, 2008).

A fibra do caju se mostra promissora na substituição de carne para produzir produtos de base vegetal que mimetizam produtos cárneos como hambúrgueres, bolinhos e croquete. Pesquisas que utilizam essa matéria-prima para a elaboração de produtos tipo hambúrguer, demonstram um resultado positivo na análise sensorial, indicando a viabilidade do aproveitamento da fibra do caju para elaboração de alimentos (PINHO *et al.*, 2012; BARROS *et al.*, 2012; LIMA *et al.*, 2018).

Dessa forma, observa-se que a utilização de fibra de caju em substituição a matérias-primas cárneas tem grande potencialidade. Contudo, como não é rica em proteína, é

necessário o uso de uma fonte proteica vegetal para a formulação de produtos. Um produto com potencial para aplicação da fibra de caju é o croquete, que é um empanado obtido a partir de carnes de diferentes espécies de animais acrescido de ingredientes, moldado ou não, e revestido de cobertura apropriada que o caracterize, podendo ser cru, pré-cozido, cozido, pré-frito ou frito, podendo conter recheios (MAPA, 1998).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Obtenção do bagaço de caju ou fibra de caju

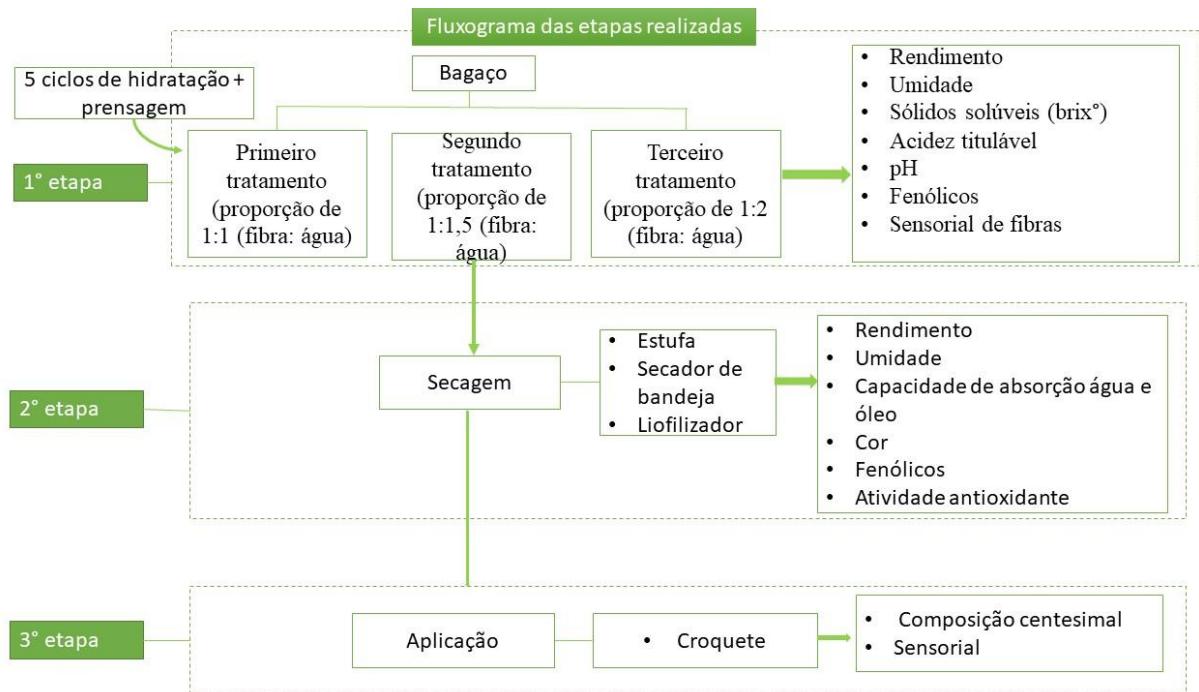
A matéria-prima, fibra de caju, foi obtida de uma indústria beneficiadora de caju localizada em Beberibe, CE, e armazenado em saco plástico a -18°C até o dia o processamento. O projeto de pesquisa e equipe foram registrados na plataforma de “Acesso ao Patrimônio Genético”, devido o caju ser uma fruta nativa brasileira.

4.2 Planejamento experimental

Para otimização do processo de obtenção da fibra de caju e aplicação em produtos alimentícios, foi realizado um planejamento experimental (Figura 2) dividido em três partes que compreendem a avaliação do efeito das etapas de processamento sobre a qualidade da fibra de caju obtida. A primeira etapa buscou identificar a proporção de água e número de ciclos de hidratação e prensagem da fibra de caju para obtenção de uma fibra de caju com pouco ou ausência do sabor residual de caju, adstringência e acidez.

A segunda etapa compreendeu o emprego de liofilização, secagem em estufa e secador de bandejada fibra oriunda da primeira etapa para avaliação de qual método é o mais adequado na conservação da integridade química, física e tecnológica da fibra. Com os resultados obtidos nessa etapa sendo aplicados na elaboração de croquete de fibra de caju na terceira etapa.

Figura 2- Etapas do planejamento do experimento.



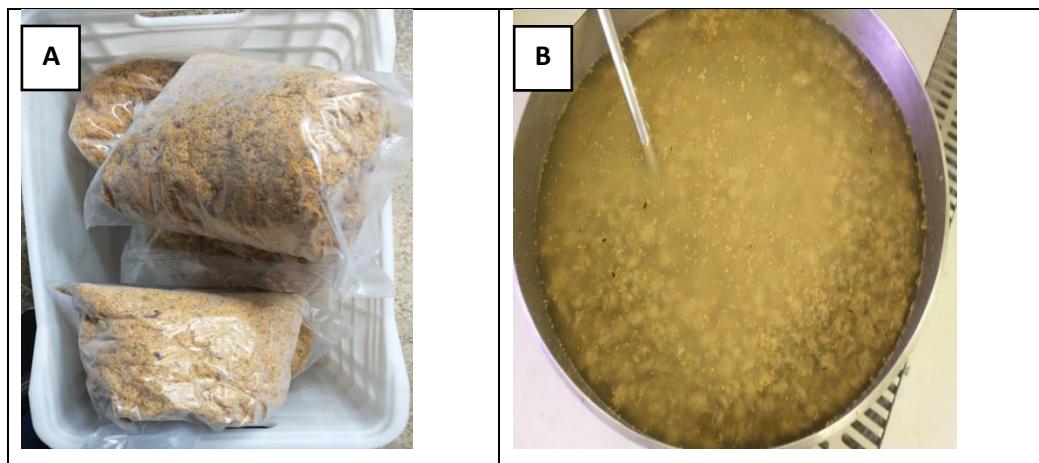
Fonte: Autora, 2022.

4.3 Processamento e análises da fibra do caju

Os cajus (variedades anão e comum) passaram primeiramente por uma seleção para eliminação dos pedúnculos verdes, machucados, excessivamente maduros e estragados. Após esse processo, os pedúnculos foram sanitizados por imersão em água clorada (50 mg de cloro/L) por 15 minutos. Posteriormente foi feita a extração do suco por meio de prensa e refinadora, as fibras foram coletadas em sacos plásticos e armazenados a -18°C até seu processamento (etapas realizadas na indústria).

Para obtenção da fibra de caju tratada foram realizadas etapas de hidratação e prensagem sequenciais (Figura 3). Foram avaliados três tratamentos com diferentes proporções de fibra:água, sendo: tratamento 01 (TR1) – 1:1 (m/m), tratamento 02 (TR2) – 1:1,5 (m/m) e tratamento 03 (TR3) – 1:2 (m/m). Cada tratamento passou por cinco ciclos de hidratação.

Figura 3- Fibra de caju antes do início da hidratação (A) e sendo hidratada (B).

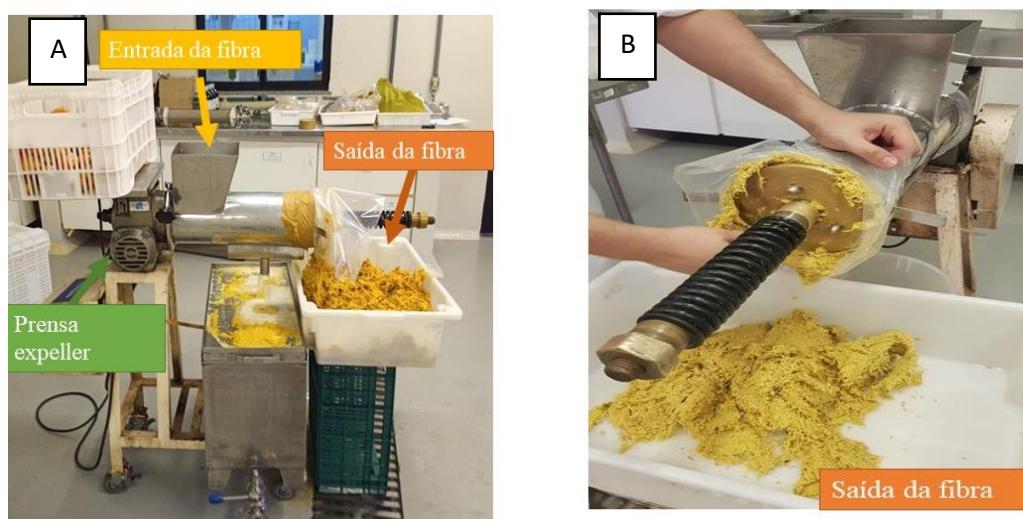


Fonte: Autora, 2022.

Para cada etapa do processo de hidratação foram efetuadas pesagens do conteúdo de entrada, teor de líquido obtido e quantidade de fibra resultante (Figura 4) para cálculo de rendimento.

Foram retiradas amostras de fibra em cada ciclo nos 3 tratamentos, guardados em embalagem plásticas e armazenadas a -18°C até a data de realização das análises de umidade, sólidos solúveis, acidez, pH, fenólicos totais e a sensorial da fibra.

Figura 4- Caju/fibra de caju processada em prensa Expeller (A); saída da fibra da prensa Expeller (B).



Fonte: Autora, 2022.

4.3.1 Rendimento de processo

O rendimento do processo de tratamento/obtenção das fibras foi obtido pela diferença entre as amostras inicial e final após o processo de hidratação e prensagem. O rendimento da secagem foi calculado a partir da diferença entre peso inicial (amostra úmida) e o peso final (amostras secas), com os valores de ambos os rendimentos dados em porcentagem.

4.3.2 Umidade, sólidos solúveis, acidez e pH

O teor de umidade foi determinado em estufa com circulação de ar forçado (marca Quimis, modelo Q314M), a 105 °C, utilizando 3g de cada amostra pesados em cápsula de porcelana, até obtenção de peso constante. Os resultados foram expressos em g/100 g de amostra (AOAC, 2016).

A quantificação dos sólidos solúveis da fibra *in natura* foi realizada utilizando o líquido intumescido ainda presente nas fibras. Retirou-se aproximadamente 50g após homogeneizar a fibra, assim foi extraído o suco, e realizado a aferição em refratômetro digital portátil (marca ATAGO, modelo PAL-3).

Para as fibras após os ciclos de tratamento, as amostras úmidas foram homogeneizadas com água destilada na proporção 1:1 (m/m) e filtradas por papel de filtragem rápida. Então, os sólidos solúveis foram determinados por leitura direta do líquido obtido em refratômetro digital, expressos em °Brix (IAL, 2008).

A acidez foi determinada de acordo com o método titulométrico da AOAC em titulador automático (HI 901/HI 902 – Hanna Instruments), utilizando solução padronizada de NaOH a 0,1 N, com ponto de viragem determinado em pH 8,1, com acidez expressa em gramas (g) de ácido cítrico por 100 g de amostra.

O pH das amostras foi determinado a partir de leitura em um pHmetro digital (Mettler Toledo, modelo F20, Ohio, EUA) (AOAC, 2016).

4.3.3 Polifenóis extraíveis totais

A determinação do teor de compostos fenólicos totais foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Singleton *et al.* (1999). Uma alíquota de 1,0 mL do extrato aquoso da fibra de caju foi transferida para tubos de ensaio com a adição de 1 mL de solução de etanol 95%, 5,0 mL de água destilada e 0,5 mL de regente Folin-Ciocalteau 1,0 N. Após

homogeneização e descanso de cinco minutos, foi adicionado 1,0 mL de solução de carbonato de sódio 5% (p/v) com os tubos mantidos em câmara escura por 60 minutos, posteriormente tiveram sua absorbância medida a 760 nm contra o branco (etanol 95%). Os resultados foram expressos em mg de equivalente de ácido gálico (EAG por 100 g de amostra (mg EAG/100 g).

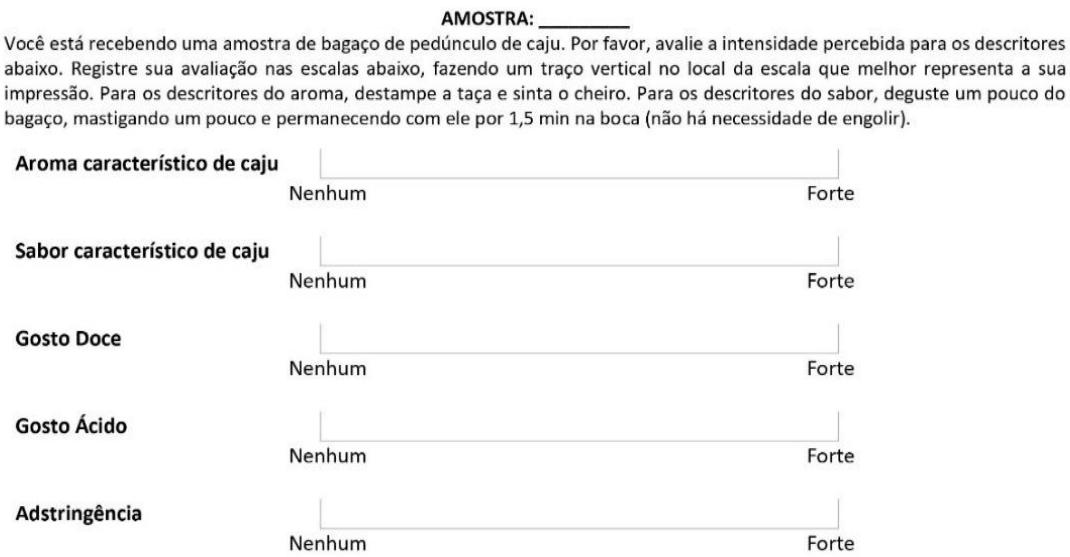
4.3.4 Análise sensorial da fibra de caju

A análise sensorial da fibra de caju foi realizada com uma equipe de provadores treinados de acordo com os critérios propostos pela ABNT (2016), Meilgaard *et al.* (2006) e Damásio e Costell (1991) na intensidade de descritores sensoriais de caju. Protocolo de Garruti *et al.* (2019) para avaliação de pedúnculo de caju, composta por funcionários da Embrapa Agroindústria Tropical, na faixa etária de 35 a 55 anos. Devido ao período de isolamento social vivido durante a pandemia da COVID 19, apenas sete pessoas concordaram em participar dos testes.

As amostras foram entregues codificadas com números aleatórios de três dígitos acompanhados de um copo descartável com água (100 mL). Cada amostra (5 g) de fibra envasada em uma embalagem plástica individual, selada e congelada até o dia da sensorial. Cada provador recebeu 4 amostras em cada sessão, sendo ao todo 12 sessões para cada provador subentende-se. Foi instruído aos provadores que bebessem água no intervalo de uma amostra a outra com o intuito de limpar os resíduos do palato que pudessem causar interferências.

Foi avaliada a intensidade percebida dos seguintes termos descritores: aroma característico de caju, sabor característico de caju, gosto doce, gosto ácido e adstringência, por meio de uma escala não estruturada de 9 cm, ancorada nos extremos com termos de intensidade variando de (0 = nenhum a 9 = forte). Sendo o padrão forte, a fibra de caju úmida, e sem hidratação, ainda embebida no suco do caju (Figura 5).

Figura 5- Ficha da sensorial da fibra de caju.



Fonte: Autora, 2022.

4.4 Métodos de secagem para a fibra do caju

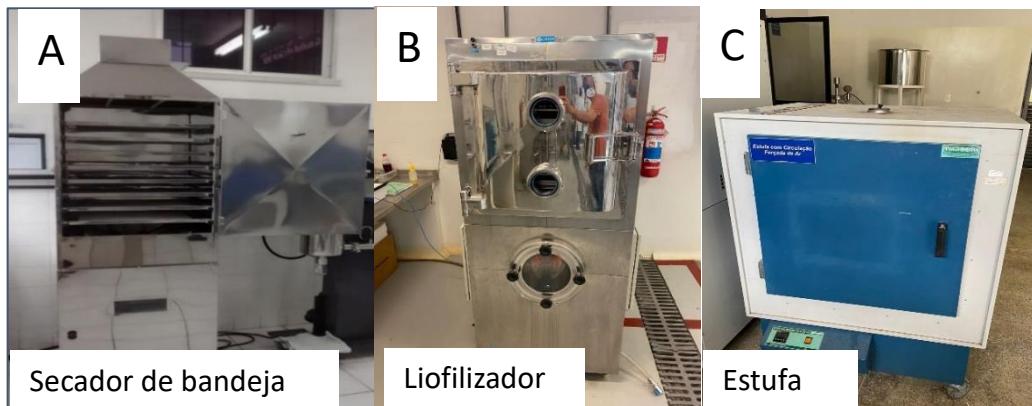
As fibras úmidas que seguiram para o estudo de secagem foram as que obtiveram os melhores resultados nas etapas anteriores que definiram a proporção de água e os ciclos de hidratação e prensagem. As fibras pré-tratadas foram acondicionadas em sacos plásticos de polietileno que forma selados e congelados a -18°C até sua utilização.

Os processos de secagem em secador de bandejas foram realizados em equipamento constituído de aço inox AISI 304 de dimensões 60 x 63 x 225 cm (Metalúrgica Lisboa Ltda) com circulação forçada de ar por meio de um exaustor localizado na parte superior do equipamento (topo) e entrada de ar e fonte de aquecimento na parte inferior, dispondo de prateleiras-bandejas com superfície perfurada medindo 51,3 cm x 51,3 cm e 0,5 cm de altura. Foi utilizada carga de 5,04 Kg de fibra de caju úmida pré-tratada (0,840 Kg por bandeja) por batelada. Os processos foram conduzidos em duplicata. Os processos foram realizados a 50 °C/24h, sendo necessário efetuar troca de posição das bandejas durante os processos, para melhor homogeneidade de temperatura.

Para a liofilização as fibras pré-tratadas foram acondicionadas em bandejas de aço inoxidável e colocadas no liofilizador piloto (Liobrás LP510) com vácuo < 3000 um Hg, temperatura inicial de 0°C e aquecimento até 45°C para desidratação por 19 h e 20 min.

Para a secagem em estufa, foi usado uma estufa com circulação de ar forçado (Marca MARCONI, modelo X) por 24 h a 50°C, mesmo binômio tempo e temperatura utilizado para o secador de bandeja.

Figura 6- Equipamentos utilizados para a secagem da fibra de caju.



Fonte: Autora, 2022.

O cálculo de rendimento foi realizado no final de cada secagem e em seguida as amostras foram armazenadas por 24 horas em saco plástico de polietileno para estabilizar a umidade do lote. Em seguida foram retiradas 100 g de fibra de caju seca para análises de umidade, capacidade de absorção de água e óleo, cor, polifenóis extraíveis totais e atividade antioxidante.

4.5 Rendimento dos métodos de secagem para fibra de caju

Para o rendimento, as pesagens das amostras foram realizadas utilizando uma balança analítica. A Equação 1 descreve como foi realizado o cálculo para a variável resposta rendimento do processo:

$$R = \frac{(1-U_{\text{produto}}) \cdot m_{\text{produto}}}{(1-U_{\text{fibra}}) \cdot m_{\text{fibra}}} \cdot 100 \quad (\text{Equação 01})$$

Onde,

R = rendimento do processo, %;

U_{produto} = umidade do produto obtido após secagem, g/g;

U_{fibra} = umidade da fibra úmida submetida a secagem, g/g.

m_{produto} = massa total do produto desidratado obtido após secagem, g;

m_{fibra} = massa total de fibra úmida submetida à secagem, g.

4.6 Determinação da umidade das fibras de caju secas

Para a determinação da umidade das fibras secas seguiu-se a mesma Metodologia igual do item (4.3.2).

4.7 Capacidade de absorção de água (CAA) e capacidade de absorção de óleo (CAO) das fibras de caju secas

A capacidade de absorção de água das fibras foi determinada conforme método descrito por Sosulski (1962) com modificações. Foi pesado 0,5 g de fibra e 10 mL de água destilada em um tubo de 12 mL para centrifuga, e agitados por um minuto a temperatura ambiente (28°C). Após repouso de 20 minutos, o material foi centrifugado (Excelsa II 206 BL) a 3.500 rpm por 10 minutos com o sobrenadante descartado ao final. A diferença de massa entre a quantidade inicial e final foi tomada como medida da absorção de água, e expressa como a quantidade de água absorvida por 100 g de amostra dada pela Equação 2.

$$AA (\%) = (30 - vL) \times 100 \text{ (Equação 02)}$$

Onde:

AA = Absorção de água

vL = volume (mL) de água não absorvidos

Para determinação da capacidade de absorção de óleo (CAO) das fibras foi utilizado o mesmo procedimento empregado para absorção de água, substituindo a água por óleo de milho comercial. Os valores obtidos foram expressos como a quantidade de óleo absorvido por 100 g de amostra (LIN *et al.*, 1974).

4.8 Análises de cor das fibras de caju secas

Para a análise de cor, as amostras foram avaliadas a 25°C por meio de colorímetro (Konica Minolta®, modelo CR 400, Osaka, Japão) pela escala CIELAB, com os resultados expressos nos termos de luminosidade (L*), a* e b*.

4.9 Obtenções dos extratos das fibras secas para determinação de fenólicos totais

Foi preparado um extrato das fibras secas para as determinações de fenólicos totais, no qual 10,0 g da fibra seca foram colocadas em contato com uma solução de água em etanol 20 % (m/m), sendo o volume de 50 mL para as fibras secas em estufa e secador de bandeja e 100 mL para as fibras liofilizadas. Posteriormente, o extrato foi homogeneizado em agitador magnético a 9 RPM por 30 minutos, seguido de ultrassom durante 30 minutos. Por fim, o extrato

foi filtrado a vácuo e acondicionado em recipiente escuro e armazenado sob refrigeração a 4°C até o momento das análises. A determinação dos fenólicos totais foi realizada de acordo ao descrito no item 4.3.5.

4.10 Atividades antioxidantes pelos métodos ABTS e DPPH

4.10.1 Determinação da atividade antioxidante pelo método ABTS

Para determinação da atividade antioxidante pelo método ABTS+[2,2'-azino-bis(3-etylbenzotiazolin) 6-ácido sulfônico], utilizou-se a metodologia descrita por RE *et al.* (1999) adaptada por Lima (2008). O radical ABTS foi gerado a partir da reação de 7 mM de ABTS+ com 2,45 mM de persulfato de potássio, sendo reservados à temperatura ambiente e na ausência de luz, por 12-16 h. Transcorrido esse período, a solução foi diluída em etanol P.A. até obter-se uma solução com absorbância de 0,70 ($\pm 0,01$). Adicionou-se 40 μ L das amostras diluídas (em etanol) a 1960 μ L da solução contendo o radical, determinando-se a absorbância em espectrofotômetro a 734 nm, após 30 minutos de reação. Como solução padrão, usou-se o antioxidante sintético Trolox® análogo da vitamina E, para construção de uma curva de calibração ($y=0,4214x-0,0103$) ($R^2 = 0,9993$). Todas as leituras foram realizadas em triplicata, e os resultados foram expressos em Capacidade Antioxidante Equivalente ao Trolox® (μ M de Trolox® por mg de amostra) e CE50 (concentração da amostra eficaz para inibir 50% do radical ABTS+).

4.10.2 Determinação da atividade antioxidante pelo método DPPH

Para realização das análises, adicionou-se 1,5 mL da solução etanólica do radical DPPH•(2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) (6×10^{-5} M) em uma alíquota de 0,5 mL das amostras, contendo diferentes concentrações de cada extrato. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 517 nm, após 30 minutos do início da reação. As determinações foram feitas em triplicata, acompanhada de um controle negativo (sem antioxidante) e dois controles positivos (padrões: ácido ascórbico e Trolox®, natural e sintético, respectivamente). A queda na leitura da densidade ótica das amostras foi correlacionada com o controle (somente o radical), estabelecendo-se a porcentagem de descoloração do radical DPPH conforme a Equação 03 (BRAND-WILLIAMS *et al.*, 1995; VIEIRA *et al.*, 2011).

$$\% \text{ de inibição do radical DPPH} = \frac{[Abs\text{controle} - Abs\text{amostra}]}{Abs\text{controle}} \times 100 \text{ (Equação 03)}$$

Onde:

ABS - absorbância

Além do porcentual de inibição, também foi calculada a concentração eficaz para inibir 50% do radical DPPH (CE50).

4.11 Desenvolvimento dos croquetes com fibra de caju desidratada

Foram elaboradas três formulações (Tabela 5) de croquete enriquecidas com proteína de soja e fibra de caju (TR3 hidratada e prensada três vezes, liofilizada). Os croquetes foram desenvolvidos com base em formulações já existentes com outros vegetais, até obter-se uma formulação adequada, utilizando-se matérias-primas selecionadas para o presente estudo. Devido pandemia de COVID-19, realizamos os pré-testes das formulações com um grupo de 10 pessoas a fim de obtermos formulação final.

Foi utilizada uma tabela nutricional que continha os dados da Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos (TBCA), para obtermos características próximas dos produtos já existentes (TBCA, 2020).

Tabela 5- Formulações de croquete de fibra de caju enriquecido com proteína de soja.

INGREDIENTES	Formulações		
	1	2	3
Fibra de caju úmida	30,0%	40,0%	50,0%
Proteína texturizada de soja hidratada	30,0%	20,0%	10,0%
Farinha de Trigo	14,4%	14,4%	14,4%
Água	8,6%	8,6%	8,6%
Óleo de Soja	8,6%	8,6%	8,6%
Molho Barbecue	5,8%	5,8%	5,8%
Alho em pó	0,9%	0,9%	0,9%
Cebola em pó	0,7%	0,7%	0,7%
Sal	0,6%	0,6%	0,6%
Salsa	0,3%	0,3%	0,3%
Pimenta do Reino	0,2%	0,2%	0,2%

Fonte: A autora, 2022

Os croquetes foram produzidos no Laboratório de Processos Agroindustriais da Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza - CE) a partir da incorporação da fibra do caju à massa base do croquete e em seguida foram moldados e empanados. Após o preparo, foram armazenados em câmara de congelamento a -18°C até data da avaliação sensorial. As etapas de produção dos croquetes podem ser visualizadas na Figura 7, a seguir.

Figura 7- Etapas do processo de elaboração dos croquetes com fibra de caju.



Fonte: Autora, 2022.

4.11.1 Composição centesimal dos croquetes

Umidade: seguiu a mesma metodologia descrita no item (4.3.2.)

Lipídeos: Teor de lipídeos avaliado de acordo com a quantificação de gorduras brutas sob sistema de alta pressão e alta temperatura em equipamento XT-15 Ankom (Ankom, 2009) conforme metodologia (Am 5-04) da American Oil Chemists Society (AOCS, 2005).

Proteínas: Teor de proteínas avaliado por combustão segundo o método de DUMAS em equipamento Analisador de Nitrogênio/Proteína NDA 701 Dumas (VELP, 2019), utilizando EDTA como padrão com base no método da AOAC 999.23 (AOAC, 2016).

Cinzas: conforme metodologia indicada pela AOAC (2016), na qual os teores são obtidos pela diferença de peso da matéria orgânica das amostras conforme método 923.03 da AOAC.

Carbohidratos: determinados por diferença, subtraindo de 100 somatória das porcentagens dos teores de umidade, cinza, proteína e lipídeos, sendo o resultado expresso em porcentagem (IAL, 2008).

4.11.2 Análise sensorial de croquete de fibra de caju

Os testes sensoriais foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial da Embrapa Agroindústria Tropical (Fortaleza – CE). Antes de cada sessão foi solicitado que os participantes assinassem um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Anexo A). Os protocolos dos testes sensoriais foram previamente aprovados pelo Comitê Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP, sob parecer nº 3.117.036.

A avaliação sensorial das amostras de fibra de caju e de croquete de fibra de caju foi realizada em cabines individuais climatizadas ($24 \pm 2^\circ\text{C}$).

Os croquetes foram fritos em óleo de soja a 150°C , por 5 min de cada lado, utilizando uma fritadeira industrial Modelo CROYDON. O excesso de óleo foi retirado com papel toalha.

As amostras foram servidas a $60 \pm 2^\circ\text{C}$ em pequenos copos descartáveis de tonalidade branca, codificados com números aleatórios de três dígitos (Figura 8), acompanhadas de copo descartável com água (100 mL) e pão branco, com instruções de que bebessem e comessem no intervalo de uma amostra para outra no intuito de limpar os resíduos do palato que pudesse causar interferências na análise. As amostras foram apresentadas em ordem balanceada, de forma a evitar vícios nos resultados (MACFIE *et al.*, 1993).

Figura 8- Bandeja sensorial dos croquetes entregue aos provadores.



Fonte: Autora, 2022.

Em uma mesma sessão, foram realizados testes afetivos (MEILGAARD *et al.*, 2015) com 60 indivíduos não treinados, consumidores reais ou potenciais de alimentos *plant-based*, recrutados entre os funcionários e estagiários da instituição. Para caracterizar estes participantes, foram efetuadas perguntas sobre gênero, idade, se gostam de caju, hábitos alimentares e frequência de consumo de produtos *plant-based* e se consomem produtos à base de fibra de caju.

A avaliação da aceitação global e dos atributos aparência externa e interna, sabor e textura foi realizada por meio da escala hedônica mista de nove pontos (1 =desgostei muitíssimo a 9 =gostei muitíssimo). Na mesma ficha (Anexo C) foi incluído um teste de Diagnóstico de Atributos, para avaliar a intensidade dos descritores: sabor característico de caju, gosto ácido e fibrosidade, utilizando uma escala de 9 pontos, variando de nenhum/pouco (1) a forte/muito (9).

Também foi solicitado ao provador indicar o quanto a firmeza estava ideal, de acordo com seu padrão mental de qualidade para um produto tipo croquete, utilizando uma escala de 5 pontos (1 =firmeza muito abaixo do ideal, 3 = ideal, 5 =firmeza muito acima do ideal). Ainda na mesma ficha, os provadores foram questionados quanto à sua intenção de compra, caso encontrassem os produtos à venda, por meio de uma escala estruturada de cinco pontos (5 = certamente compraria, 3 =talvez compraria/talvez não compraria, 1 =certamente não compraria).

4.12 Análise estatística

Todos os dados deste trabalho foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey entre as médias, estabelecendo-se diferença significativa ($p < 0,05$), utilizando-se o programa MiniTab (v19.1.1) e o programa XLSTAT.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na sequência serão apresentados os resultados obtidos no pré-processamento de fibra de caju, nos processos de conservação por secagem e na aplicação em produto plant-based análogo à croquete de carne. Dessa forma, como indicado na metodologia, os resultados são divididos em:

- 1^a parte:** resultados referentes ao tratamento da fibra de caju, para reduzir o sabor de caju, e permitir seu uso em formulações de alimentos;
- 2^a parte:** resultados referentes à avaliação do processo de secagem da fibra de caju como forma de reduzir o volume e permitir a conservação, sem a necessidade da cadeia de frio;
- 3^a parte:** avaliação da aplicação da fibra de caju em formulação de croquete.

5.1 Rendimento da etapa de pré-processamento

Os resultados de rendimento da etapa de pré-processamento obtidos nas pesagens ao final de cada ciclo de hidratação + prensagem está apresentados na (Tabela 6). É possível observar que os resultados não apresentaram diferença significativa entre si comparando cada ciclo de hidratação, com o rendimento do processo variando entre 50% e 80%.

Ao comparar o rendimento em relação aos tratamentos houve diferença significativa nos tratamentos 1:1 e 1:1,5, observa-se uma diminuição do rendimento de acordo com a quantidade de ciclos de hidratação e prensagens, para o tratamento com hidratação 1:2 não houve diferença significativa entre os seus ciclos.

Tabela 6- Rendimento da fibra de caju após cada prensagem (base seca).

Tratamentos	Rendimento (%) em base seca da fibra:água		
	1:1	1:1,5	1:2
1ºciclo	77,7 ± 4,7 ^{aA}	80,0 ± 5,2 ^{aA}	72,0 ± 17,8 ^{aA}
2ºciclo	69,9 ± 4,6 ^{abA}	68,8 ± 6,1 ^{abA}	67,9 ± 6,2 ^{aA}
3ºciclo	64,1 ± 4,5 ^{abcA}	60,4 ± 13,3 ^{abA}	62,1 ± 8,4 ^{aA}
4ºciclo	54,1 ± 9,1 ^{bC}	54,2 ± 6,6 ^{bA}	54,8 ± 2,4 ^{aA}
5ºciclo	50,7 ± 3,9 ^{cA}	53,9 ± 10,6 ^{bA}	50,4 ± 3,5 ^{aA}

**Médias com letras diferentes (letras maiúsculas para linhas e letras minúsculas para colunas), indicam diferença significativa em teste de Tukey ($p < 0,05$).

Em estudo realizado por Lima *et al.* (2014) foi obtido um rendimento 75,7% ao realizar a mesma quantidade ciclos na proporção de água 1:1, valor maior do que obtido neste trabalho. Siqueira (2013) realizou o mesmo tratamento de 1:1 com a mesma quantidade ciclos e obteve rendimento de 71,7%. Essa diferença de rendimento pode ser justificada pelo teor de umidade inicial da fibra e a regulagem da prensa.

A variação obtida no rendimento, entre os tratamentos com diferentes proporções de fibra: água, pode ser explicada pelo fato de que durante os ciclos de hidratação e prensagem, ocorre perda de massa devido ao arraste e/ou lixiviação de compostos pela água adicionada, resultando na remoção dos pigmentos, pequenos fragmentos de fibra, compostos solúveis, e outros (SIQUEIRA, 2013). Os processos foram realizados em três repetições e com processamento de 12 kg de fibra de caju em cada lote.

5.2 Parâmetros físico-químicos da fibra de caju

O bagaço recebido da indústria ainda apresentava resíduos de caju como líquido não extraído rico em açúcares, taninos e outras substâncias solúveis em água. Assim, o objetivo das hidratações e prensagens era reduzir o teor desses compostos na fibra.

5.2.1 Avaliação da redução do teor de sólidos solúveis, por ciclo de tratamento

Para o teor de sólidos solúveis totais (SST) (Tabela 7), a fibra de caju da indústria apresentou teor entre 10,3 e 10,9 °Brix. Esse valor é próximo ao encontrado por Matias *et al* (2005), que obtiveram 12 °Brix em estudo com bagaço de caju *in natura*.

Tabela 7- Teor de sólidos solúveis totais para cada ciclo de prensagem dos tratamentos da fibra de caju.

Ciclos	Sólidos solúveis					
	TR1	Redução (%)*)	TR2	Redução (%)*)	TR3	Redução (%)*)
Fibra da indústria	10,5 ± 0,4 ^{aA}		10,9 ± 0,1 ^{aA}		10,3 ± 0,2 ^{aA}	
1º ciclo	3,8 ± 0,2 ^{bA}	63,4	3,5 ± 0,3 ^{bAB}	68,3	3,1 ± 0,2 ^{bB}	69,4
2º ciclo	1,7 ± 0,4 ^{cA}	83,5	1,1 ± 0,1 ^{cB}	89,6	0,7 ± 0,4 ^{cC}	91,8
3º ciclo	0,8 ± 0,2 ^{dA}	92,2	0,6 ± 0,1 ^{dA}	94,5	0,5 ± 0,4 ^{cA}	97,2
4º ciclo	0,4 ± 0,1 ^{dA}	95,8	0,3 ± 0,3 ^{dAB}	97,2	0,2 ± 0,1 ^{cB}	98,1
5º ciclo	0,2 ± 0,1 ^{dA}	97,7	0,2 ± 0,0 ^{dA}	98,6	0,2 ± 0,1 ^{cA}	98,1

Legenda: TR1: proporção de fibra: água de 1:1 (m/m), TR2: proporção de fibra: água de 1:1,5 (m/m), TR3: proporção de fibra: água de 1:2 (m/m). Médias com letras diferentes (letras maiúsculas nas linhas e letras minúsculas nas colunas) indicam diferença significativa em análise de variância e teste de Tukey ($p < 0,05$).

*percentual médio de redução do teor de SS, em comparação ao teor presente na fibra da indústria (inicial).

Em relação à redução de SST a cada ciclo de hidratação e prensagem nos tratamentos, observa-se que houve uma redução significativa no teor após o primeiro e segundo ciclos, estabilizando-se no terceiro ciclo em diante.

Ao comparar os resultados de SST entre os ciclos de hidratação e prensagem, nota-se que a proporção de água utilizada em cada TR está diretamente proporcional à redução do teor de SST. Redução esta que acontece no 2º e 3º ciclos dos TR, com o teor de SST estabilizando em 0,2 °Brix no 4º e 5º ciclos para todos os tratamentos.

O TR3 no terceiro ciclo apresentou uma redução de 97,2% de SS em relação ao teor inicial, sendo o que obteve maior redução entre os tratamentos, e uma redução de 98,1% para o 4º e 5º ciclos. O TR1 apresentou redução de 97,7% e o TR2 de 98,6% ao final dos cinco ciclos de prensagens, não havendo diferença significativa entre os tratamentos ao final do processamento.

A redução no teor de SST é importante para conservação da fibra, diminuindo a possibilidade de crescimento de leveduras e da atividade de enzimas, sendo necessários os ciclos de hidratação + prensagem para melhor conservação da fibra.

5.2.2 Avaliação da redução da acidez /pH, por ciclo de tratamento

Em relação à acidez (Tabela 8), no TR1 houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os ciclos do início ao 3º ciclo, já o TR2 diferiu significativamente entre cada ciclo podendo ser

justificado pela quantidade de água adicionada. Já no TR3 só houve diferença entre a fibra da úmida obtida da indústria e o 1º ciclo, para os demais ciclos não teve diferença significativa. Em estudo realizado por Pinho *et al.* (2012), obtiveram acidez de 0,50 (g de ácido cítrico/100g), próximo ao encontrado nesse trabalho para fibra úmida.

Para pH, apenas o TR2 apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre os ciclos de hidratação + prensagem, com pH final de 5,6. Para o TR1, o pH final foi de 5,0 e o TR3 apresentou pH final igual ao do TR2, 5,6. Esses valores de pH são compatíveis com a acidez apresentada anteriormente e observa-se um aumento gradativo da remoção dos ácidos orgânicos presentes do suco a cada ciclo de hidratação independentemente do tratamento.

Ao se comparar com os resultados obtidos por Pinho *et al.* (2012) que obtiveram pH 3,31 e Matias *et al.* (2005) pH 4,01 para fibra *in natura*, os valores obtidos neste trabalho estão próximos dos presentes na literatura.

Tabela 8- Comparação do efeito dos tratamentos (proporção de água e número de ciclos de hidratação + prensagem), na acidez e pH da fibra de caju

	Acidez(g/100mL)		
	TR1	TR2	TR3
Fibra da indústria	0,7 ± 0,2 ^{aA}	0,7 ± 0,1 ^{aA}	0,6 ± 0,1 ^{aB}
1ºciclo	0,6 ± 0,1 ^{abA}	0,5 ± 0,1 ^{bAB}	0,4 ± 0,2 ^{bB}
2ºciclo	0,4 ± 0,4 ^{bcA}	0,3 ± 0,2 ^{cA}	0,2 ± 0,1 ^{cA}
3ºciclo	0,3 ± 0,1 ^{cA}	0,2 ± 0,1 ^{dA}	0,2 ± 0,2 ^{dA}
	pH		
	TR1	TR2	TR3
Fibra da indústria	3,4 ± 0,1 ^{aA}	3,4 ± 0,1 ^{dA}	3,3 ± 0,0 ^{bA}
1ºciclo	4,0 ± 0,6 ^{AB}	4,3 ± 0,1 ^{cAB}	5,2 ± 0,1 ^{aA}
2ºciclo	4,7 ± 0,9 ^{aA}	5,1 ± 0,2 ^{bA}	5,4 ± 0,3 ^{aA}
3ºciclo	5,0 ± 0,8 ^{aA}	5,6 ± 0,1 ^{aA}	5,6 ± 0,1 ^{aA}

Legenda: **TR1:** proporção de fibra: água de 1:1 (m/m), **TR2:** proporção de fibra: água de 1:1,5 (m/m), **TR3:** proporção de fibra: água de 1:2 (m/m). Médias com letras diferentes (letras maiúsculas nas linhas e letras minúsculas nas colunas), indicam diferença significativa em análise de variância e teste de Tukey ($p < 0,05$).

Comparando os tratamentos, tanto para acidez quanto pH, é possível observar que todos apresentaram acidez (menor que 0,3 g de ácido cítrico/100 mL) e pH entre (5,0 e 5,6) reduzidos após os ciclos de prensagem e hidratação. É importante destacar que como o objetivo era reduzir o sabor de caju na fibra, assim como acidez também, os tratamentos TR2 e TR3 foram indicados como os mais adequados.

5.3 Teor de umidade da fibra úmida

A determinação do teor de umidade é uma informação importante no que diz respeito a conservação dos alimentos. Na Tabela 9 são mostrados os valores encontrados para a fibra de caju recebida da indústria e após os ciclos de hidratação e prensagens.

Os teores de umidade aumentaram gradativamente até a última prensagem, apresentando diferença significativa para o TR1 e TR2, que apresentaram uma redução no primeiro ciclo e aumentaram em seguida, até não haver mais diferença no 4º e 5º ciclos. No tratamento TR3, não houve diferença significativa entre os ciclos.

Ao comparar os ciclos entre os diferentes tratamentos, apenas no 2º ciclo houve diferença significativa, sendo que a TR3 se diferiu do TR1 ao apresentar uma umidade maior que os outros tratamentos. O que pode ser explicado devido à maior quantidade de água adicionada nesse tratamento.

Lima *et al.* (2017), em sua pesquisa, encontrou valor médio de 88,77% para umidade da fibra *in natura*, valor superior ao encontrado nesse trabalho.

Tabela 9- Umidade da fibra de caju antes e após cada ciclo de hidratação e prensagem.

Prensagem	Umidade (%)		
	TR1	TR2	TR3
Fibra da indústria	72,06 ± 0,06 ^a	72,06 ± 0,06 ^a	72,06 ± 0,06 ^a
1º ciclo	66,4 ± 0,6 ^{cA}	65,1 ± 1,4 ^{bA}	69,1 ± 6,1 ^{aA}
2º ciclo	67,8 ± 0,3 ^{bB}	68,3 ± 0,4 ^{abAB}	70,0 ± 1,3 ^{aA}
3º ciclo	68,6 ± 1,0 ^{bA}	70,7 ± 6,4 ^{abA}	69,4 ± 1,7 ^{aA}
4º ciclo	72,4 ± 1,2 ^{aA}	73,3 ± 0,7 ^{aA}	73,9 ± 1,4 ^{aA}
5º ciclo	73,4 ± 0,5 ^{aA}	73,5 ± 2,5 ^{aA}	76,7 ± 1,5 ^{aA}

Legenda: **TR1:** proporção de fibra: água de 1:1 (m/m), **TR2:** proporção de fibra: água de 1:1,5 (m/m), **TR3:** proporção de fibra: água de 1:2 (m/m). Médias com letras diferentes (letras maiúsculas nas linhas e letras minúsculas nas colunas), indicam diferença significativa em análise de variância e teste de Tukey ($p < 0,05$).

A hidratação reduziu a umidade no 1º ciclo nos três tratamentos, e em seguida, ocorreu um aumento nos valores em decorrência do aumento da área de superfície causada pela força de cisalhamento da prensa *Expeller* ao quebrar a estrutura da fibra, deixando as superfícies mais abertas para a hidratação.

Os cinco ciclos de hidratação + prensagens inicialmente utilizadas foram determinadas para a extração de pigmentos carotenoides da fibra. Visualizando a Tabela 9 percebe-se que a hidratação reduziu a umidade no 1º ciclo nos três tratamentos (o bagaço de

caju oriundo da indústria absorve bastante água no início), e a partir do 3º ciclo ocorreu um aumento nos valores de umidade em decorrência do aumento da área de superfície de contato com a água causada pela força de cisalhamento da prensa *Expeller* ao quebrar a estrutura da fibra, deixando as superfícies mais abertas para a hidratação.

Apesar dos tratamentos terem apresentado valores elevados de umidade, ou seja, maior capacidade de hidratação, o alto teor de umidade não é desejado devido à necessidade de maiores gastos com energia empregados no processo de prensagem, assim como na secagem posterior, o que pode tornar o processo muito oneroso.

5.4 Polifenóis extraíveis totais das fibras do caju úmidas

Os resultados da determinação do teor de polifenóis extraíveis totais estão apresentados na Tabela 10. Observa-se que o teor de fenólicos totais ficou entre 350 e 647 mg GAE/ 100g, não sendo observada diferença significativa ($p>0,05$) entre a fibras da indústria e as fibras tratadas.

Tabela 10- Efeito dos tratamentos de hidratação e prensagem no teor de polifenóis extraíveis total na fibra de caju.

Ciclos	Fenólicos em bases seca (mg GAE/100g)		
	TR1	TR2	TR3
Fibra da indústria	522± 0,0 ^a	522± 0,0 ^a	522± 0,0 ^a
1º ciclo	445,4± 22,3 ^{aA}	507,4 ± 126,3 ^{aA}	412,7 ± 122,9 ^{aA}
2º ciclo	350,7 ± 25,3 ^{aA}	381,5 ± 166,3 ^{aA}	370,7± 171,6 ^{aA}
3º ciclo	463,9± 37,4 ^{aA}	413,0 ± 145,6 ^{aA}	387,6± 166,6 ^{aA}
4º ciclo	469,8± 37,7 ^{aA}	554,6± 60,8 ^{aA}	416,8 ± 113,5 ^{aA}
5º ciclo	489 ± 181,1 ^{aA}	637,2± 76,7 ^{aA}	401,0 ± 98,0 ^{aA}

Legenda: TR1: proporção de fibra: água de 1:1 (m/m), TR2: proporção de fibra: água de 1:1,5 (m/m), TR3: proporção de fibra: água de 1:2 (m/m). Médias com letras diferentes (letras maiúsculas nas linhas e letras minúsculas nas colunas), indicam diferença significativa em análise de variância e teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os resultados também indicam que o teor de polifenóis extraíveis totais não foi afetado pela proporção de água utilizada e nem pelo número de ciclos de hidratação + prensagens. Se não houve diferença significativa esse comentário não é pertinente.

Comparando com dados da literatura, Barreto *et al.* (2007) realizaram estudo com duas fibras de safras diferentes, prensadas cinco vezes e obtiveram valores inferiores a 118 e 97,7 mg/100g.

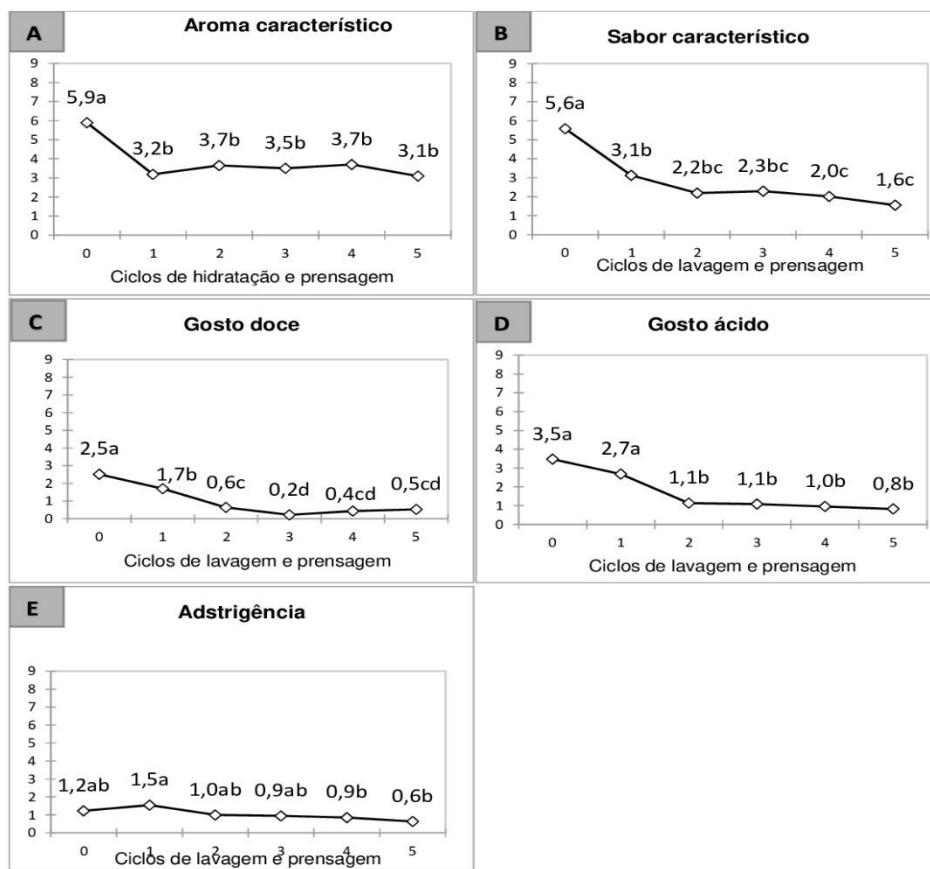
5.5 Análise sensorial da fibra de caju úmida

Para a avaliação sensorial da fibra de caju, a equipe de provadores treinados recebeu amostras codificadas da fibra de caju recebida da indústria, sem tratamento, e amostras de cada um dos ciclos de hidratação + prensagem de cada um dos tratamentos (TR).

A evolução das médias de intensidade para cada descritor durante o decorrer dos ciclos do processo para o tratamento TR1 (1:1), conforme a Figura9. Para o aroma característico de caju (Gráfico 1A), houve uma redução de quase 50% na intensidade percebida com o primeiro ciclo de hidratação. E a partir do segundo ciclo de hidratação e prensagem, a intensidade do aroma se torna constante, mostrando que os sucessivos ciclos de hidratação e prensagens não conseguiram retirar totalmente os compostos voláteis responsáveis pelo aroma característico do caju.

Esse resultado está de acordo com o estudo de Nobre *et al.* (2015), no qual as fibras resultantes do processamento do suco de caju obtidas no mesmo sistema de prensagem, apresentaram uma rica fração de compostos voláteis, mesmo após sucessivas lavagens. De acordo com os autores, os ésteres odoríferos foram substancialmente reduzidos, mas muitos compostos foram liberados da fibra pela força utilizada na prensa *Expeller* e estiveram presentes até a última hidratação. Entre eles estão compostos odoríferos como octanoato de etila, γ -dodecalactona, (E)-2-decenal, copaeno e cariofileno, os quais podem contribuir para o aroma de caju mais suave, mas ainda perceptível nas fibras que foram prensadas e lavadas cinco vezes.

Figura 9- Avaliação sensorial da fibra de caju em relação ao processo de hidratação e prensagem do TR1(1:1).



Legenda: Escores 1 - ausente a 9 – forte. Valores seguidos de letras diferentes indicam diferença significativa de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Para o sabor característico (Figura 9B), observa-se um comportamento semelhante ao apresentado pelo aroma, porém, com valores obtidos nos dois últimos ciclos inferiores à média obtida no 1º ciclo de hidratação e prensagem. O sabor característico de um alimento também é formado pelos compostos voláteis odoríferos. Quando mastigamos o alimento, seu aroma característico é liberado na boca e passa às narinas pela cavidade retronasal (nasofaringe) até atingir o epitélio olfatório (DUTCOSKY, 2015). No entanto, colocamos uma pequena porção de alimento na boca e os compostos voláteis são ainda diluídos na saliva, o que pode causar uma percepção menos intensa na boca do que o aroma percebido no nariz.

Quanto à intensidade do gosto doce (Figura 9C), houve uma redução significativa até o 3º ciclo de hidratação, chegando próximo ao valor zero da escala utilizada, correspondente à total ausência da percepção sensorial. Esse resultado está de acordo com resultados obtidos

na análise de sólidos solúveis totais (Tabela 7) que mostrou redução de açúcares ao longo dos ciclos de hidratação, resultado esperado, visto que os açúcares são solúveis em água.

Em relação ao gosto ácido (Figura 9D), não houve diferença significativa entre o controle e primeira hidratação, apesar dessa intensidade ter sido reduzida em 23%. Houve uma redução significativa da percepção da acidez (aproximadamente 70%), do primeiro para o segundo ciclo, permanecendo estável em torno de 1,0 até o final do processo.

Nos resultados de acidez titulável (Tabela 8) foram observadas reduções significativas entre os ciclos de hidratação e prensagem, desde a primeira hidratação (redução mais significativa). Entretanto, as reduções quantitativas observadas a partir do 3º ciclo não foram suficientes para gerar uma diminuição na sensação sensorial percebida no paladar dos provadores.

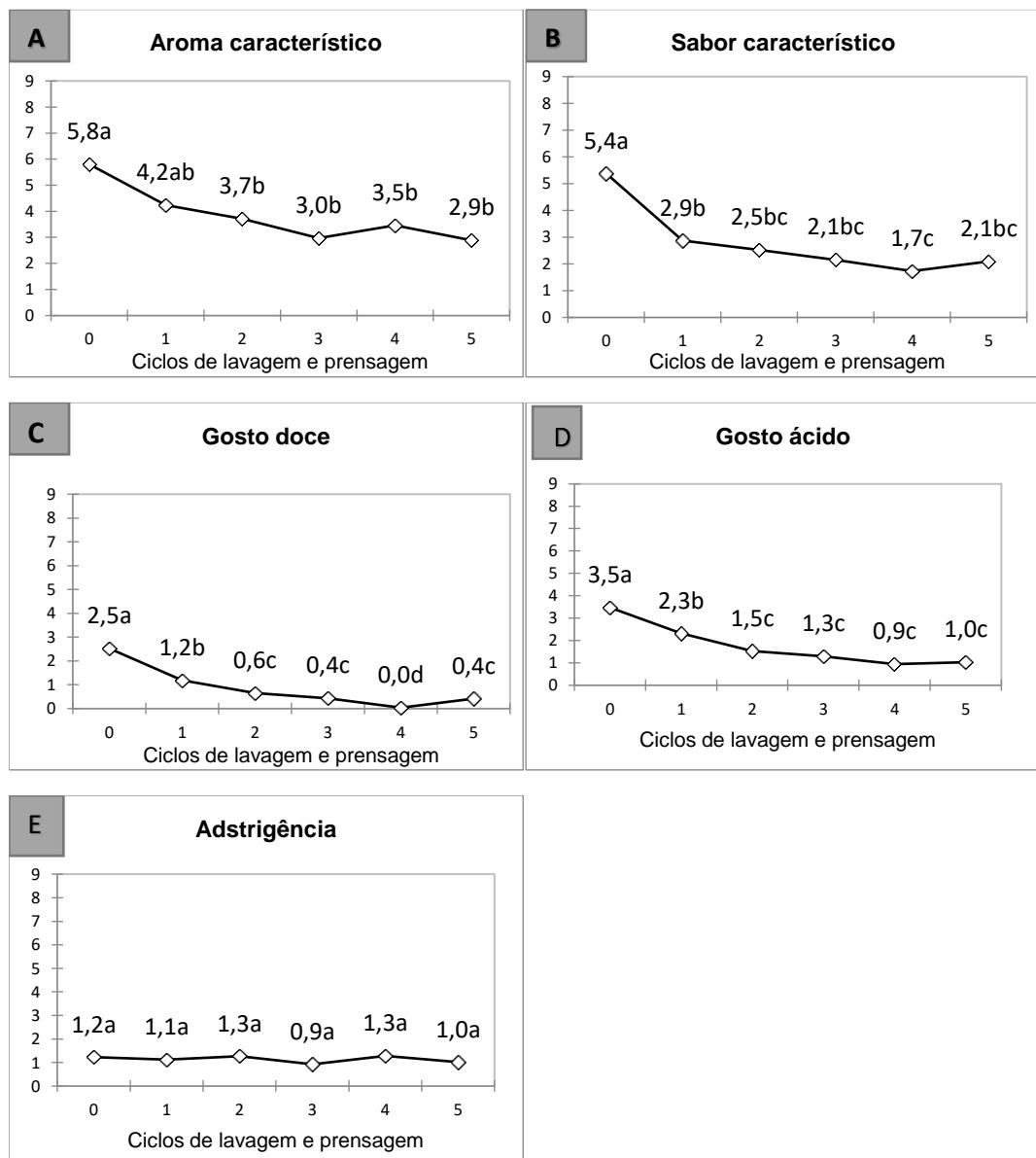
Para o atributo adstringência (Figura 9E), a média da intensidade percebida foi muito baixa desde a amostra controle (sem hidratação), não apresentando diferença significativa durante todo o processo. Esse resultado está de acordo com aqueles encontrados na análise de polifenóis extraííveis totais, os quais também não apresentaram diferença significativa entre os ciclos de hidratação e prensagem.

Assim, observou-se que, com a utilização de 1 parte de água para 1 parte de fibra (TR1) e uma única hidratação foi suficiente para reduzir a percepção sensorial dos descritores aroma e sabor característicos, enquanto duas lavagens foram necessárias para reduzir ao máximo a percepção do gosto ácido e três lavagens a do gosto doce.

Para o tratamento TR2 (1;1,5) conforme Figura 10, o sabor característico, gosto doce e adstringência apresentaram o mesmo comportamento de redução observado no tratamento TR1. O aroma característico (Figura 10A) apresentou uma redução significativa em relação ao controle somente com a 2ª hidratação, diferente do observado no TR1, onde a redução ocorreu já na primeira hidratação.

Quanto ao gosto ácido (Figura 10D), de modo diferente do TR1, foi observada redução significativa em relação ao controle já na primeira hidratação (34%), e outra redução significativa entre o 1º e o 2º ciclo (35%). A partir do 2º ciclo não houve mais diferença significativa.

Figura 10- Avaliação sensorial da fibra de caju em relação ao processo de hidratação e prensagem do TR2(1:1,5).



Legenda: Escores 1 - ausente a 9 – forte. Valores seguidos de letras diferentes, indicam diferença significativa de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

Também não houve diferença significativa para a adstringência (Figura 10E), que se mostrou-se ausente em sua intensidade percebida independentemente dos ciclos de lavagem e prensagem empregados. Para TR2 (1,5 partes de água para 1 parte de fibra), uma única hidratação foi suficiente para reduzir a percepção sensorial do sabor característico, enquanto duas lavagens foram necessárias para reduzir ao máximo a percepção dos descritores aroma característico, gostos doce e ácido.

Na Figura 11 encontram-se discriminados os resultados para a intensidade dos descritores sensoriais relacionados ao tratamento TR3 (1:2). O aroma característico (Figura 11A) apresentou comportamento semelhante ao observado no tratamento TR1, com redução de 41% de sua intensidade já no primeiro ciclo de hidratação, permanecendo constante até quase o final do processo. No entanto no 5º ciclo houve uma redução significativa em relação ao valor observado no 4º ciclo, porém esse valor (2,3) não diferiu significativamente dos demais ciclos.

Diferente do apresentado nos tratamentos anteriores (TR1 e TR2), a utilização de mais água, neste tratamento, permitiu uma redução do sabor característico (Figura 11B) de quase 75% no 2º ciclo em relação ao controle. Houve uma leve oscilação nos demais ciclos, porém pode-se considerar que a intensidade percebida para o sabor característico de caju permaneceu constante até o último ciclo.

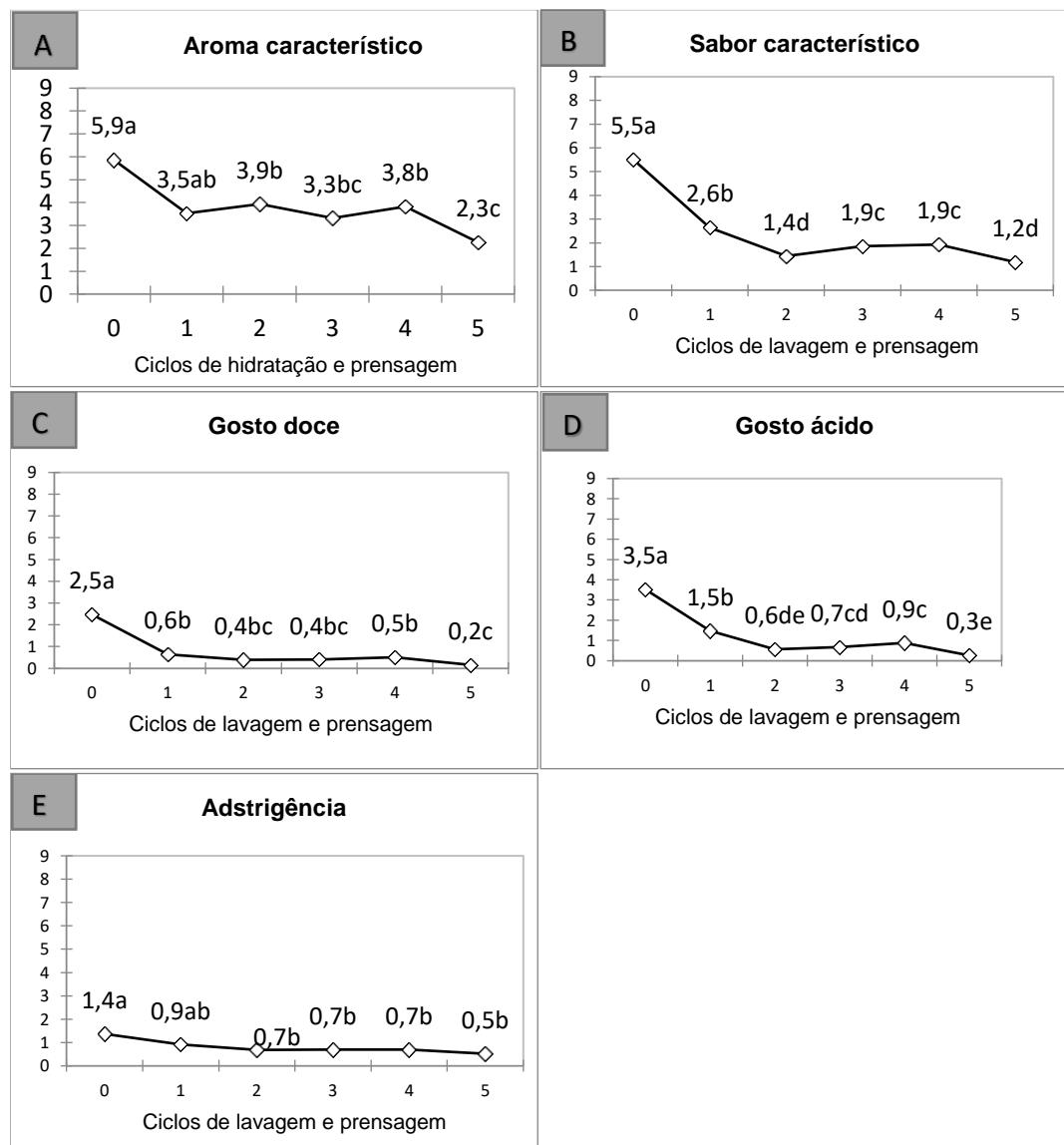
Para o gosto doce (Figura 11C) houve uma redução significativa já no 1º ciclo de hidratação, com valores muito próximos de zero, indicando quase ausência, esse resultado está de acordo com aqueles obtidos para sólidos solúveis totais (Tabela 7), que mostrou redução de 69% a 98% ao longo dos ciclos de hidratação.

O gosto ácido (Figura 11D) apresentou comportamento semelhante ao observado para os tratamentos anteriores, porém, a adstringência (Figura 11E) apresentou uma maior redução no 2º ciclo em relação ao controle.

A utilização de 2 partes de água para 1 parte de fibra (TR3) permitiu que com uma única hidratação fosse possível reduzir a percepção sensorial dos descritores aroma característico e gosto doce, enquanto duas lavagens são necessárias para reduzir ao máximo a intensidade dos descritores sabor característico, gosto ácido e adstringência.

Para avaliar a influência da proporção de água foi realizada a comparação entre os tratamentos, dentro de cada ciclo (Tabela 11). O aroma característico de caju não foi influenciado pela quantidade de água nas lavagens, por não haver diferença significativa entre os tratamentos em nenhum dos ciclos, apesar de apresentar uma variação da intensidade de 2,6 a 4,2, colocando o aroma presente nos tratamentos com intensidade entre fraca a média.

Figura 11- Avaliação sensorial da fibra de caju em relação ao processo de hidratação e prensagem do TR3 (1:2).



Legenda: Escores 1 - ausente a 9 – forte. Valores seguidos de letras diferentes, indicam diferença significativa de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

O sabor característico do caju apresentou médias variando de 1,5 a 3,1 com diferença significativa entre os tratamentos apenas nos 2º e 5º ciclos, sendo o menor valor apresentado pelo TR3 devido à maior quantidade de água presente nesse tratamento.

Quanto ao gosto doce, no 1º ciclo, o TR1 apresentou maior intensidade (1,7) que (\pm 1,40 TR3 (0,6). No entanto, com a sequência de ciclos de hidratação + prensagem, ocorreu uma redução da sua percepção, com valores médios entre 0,6 a 0,2, indicando que nenhum gosto doce foi percebido nos tratamentos após o 1º ciclo.

Tabela 11- Avaliação de percepção dos atributos para fibra de caju em relação a proporção de água e número de ciclos.

Tratamentos	Aroma característico de caju	Sabor característico de caju	Gosto doce	Gosto ácido	Adstringência
1º ciclo					
Trat. 1:1	3,2 ^a	3,1 ^a	1,7 ^a	2,6 ^a	1,5 ^a
Trat. 1:1,5	4,2 ^a	2,9 ^a	1,2 ^{ab}	2,3 ^a	1,1 ^{ab}
Trat. 1:2	3,5 ^a	2,6 ^a	0,6 ^b	1,5 ^b	0,9 ^b
2º ciclo					
Trat. 1:1	3,6 ^a	2,2 ^{ab}	0,6 ^a	1,1 ^b	1,0 ^{ab}
Trat. 1:1,5	3,7 ^a	2,5 ^a	0,6 ^a	1,5 ^a	1,3 ^a
Trat. 1:2	3,9 ^a	1,5 ^b	0,4 ^a	0,6 ^c	0,7 ^b
3º ciclo					
Trat. 1:1	3,5 ^a	2,3 ^a	0,3 ^a	1,1 ^{ab}	1,0 ^a
Trat. 1:1,5	3,0 ^a	2,2 ^a	0,5 ^a	1,3 ^a	0,9 ^a
Trat. 1:2	3,0 ^a	2,0 ^a	0,4 ^a	0,7 ^b	0,7 ^a
4º ciclo					
Trat. 1:1	3,7 ^a	2,0 ^a	0,5 ^a	1,0 ^a	0,9 ^{ab}
Trat. 1:1,5	3,5 ^a	1,7 ^a	0,2 ^b	1,0 ^a	1,3 ^a
Trat. 1:2	3,8 ^a	1,9 ^a	0,5 ^a	0,9 ^a	0,7 ^b
5º ciclo					
Trat. 1:1	3,4 ^a	1,9 ^{ab}	0,6 ^a	0,8 ^b	0,6 ^b
Trat. 1:1,5	3,2 ^a	2,3 ^a	0,5 ^b	1,0 ^a	1,0 ^a
Trat. 1:2	2,6 ^a	1,5 ^b	0,2 ^c	0,4 ^c	0,5 ^b

*Valores seguidos de letras diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

O gosto ácido foi o descritor que apresentou a maior variação na intensidade média, apresentando valores de 2,6 (TR1, 1º ciclo) a 0,4 (TR3, 5º ciclo) ao longo do processo. É possível observar que houve diferença entre os tratamentos na maioria dos ciclos, com o TR3 destacando-se com as menores médias de intensidade para o descritor.

Apesar de apresentar intensidade muito baixa (< 1,5) nos tratamentos, a adstringência sofreu influência da quantidade de água nas lavagens, na maioria dos ciclos. O TR3 apresentou as menores médias (0,9 a 0,5) em comparação aos demais tratamentos.

Com resultados obtidos, conclui-se que não há necessidade da realização de cinco ciclos de hidratação e prensagem no tratamento das fibras para reduzir o sabor e aroma de caju podendo utilizar a fibra de caju em formulações de alimentos. É possível, portanto, realizar dois ou três ciclos de hidratação + prensagem da fibra, com qualquer das proporções de água utilizadas, uma vez que não se observou diferença significativa dos descritores entre os tratamentos. Além disso, os valores de umidade, sólidos solúveis totais, acidez, fenólicos e pH corroboram com os resultados sensoriais.

5.6 Avaliação da secagem da fibra tratada em estufa, secador de bandeja e liofilizador

Embora os resultados da etapa de pré-tratamento da fibra demonstraram que o tratamento TR1 com dois ciclos ou três ciclos de hidratação + prensagem são suficientes para a remoção de forma significativa do sabor residual de caju e da acidez e do teor de açúcares, os experimentos de secagem da fibra tiveram que ser conduzidos antes da conclusão desta pesquisa, por consequência da pandemia. Na ocasião, decidiu-se empregar o tratamento TR3 com 3 ciclos de lavagem para avaliação dos diferentes métodos de secagem.

5.6.1 Rendimento do processo de secagem e umidade

O rendimento dos processos de secagem é relacionado ao teor inicial e final de umidade das fibras (Tabela 12). Para o mesmo teor de umidade inicial, processos com maior rendimento, consequentemente, originam produtos com um valor final menor de umidade. Entre os métodos empregados e processos testados, a liofilização apresentou fibras com menor teor de umidade final e, portanto, menor rendimento (27,8%), enquanto os processos com secador de bandeja e estufa apresentaram rendimento levemente superior, com umidade final dos produtos maiores do que os obtidos por liofilização.

Tabela 12- Rendimento e umidade em diferentes processos de secagem de fibra de caju.

Tipo de secagem	Rendimento (%)	Umidade inicial (%)	Umidade final (%)
Secador de bandeja	30,0 ± 0,70 ^a	72,5	7,13± 0,15 ^a
Estufa de ar forçado	29,0 ± 0,91 ^{ab}	72,5	6,8± 0,07 ^a
Liofilização	27,8 ± 0,1 ^b	70,6	3,6± 0,03 ^b

*Valores seguidos das mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).
Média de 3 repetições de processo.

O teor de umidade da fibra liofilizada foi de 3,6%, enquanto a fibra seca no secador de bandeja apresentou teor de 7,13% e a da estufa de 6,8%. O teor de umidade da fibra obtido pelos três processos de secagem apresentou valores diferenciados, uma vez que cada método de secagem e tipo de equipamento retida a água do produto de forma diferente, mesmo muitas vezes empregando-se a mesma relação tempo temperatura. Lima *et al.* (2014) apresentaram resultados menores para amostras secas em estufa (4,91%) e semelhantes para a amostra liofilizada (3,5%). utilizando o processo de secagem de 30 h com temperatura máxima de 30 °C. %). Entretanto a quantidade de produto que entra no processo de secagem é um dado de processo igualmente importante, ou seja, a capacidade de produção de cada equipamento. Pinho

(2012) obteve teor de umidade aproximado de 4,04% ao submeter a fibra de caju ao processo de liofilização, valor superior ao encontrado no presente estudo.

5.7 Capacidade de absorção de água (CAA) e de óleo (CAO) das fibras desidratadas

A capacidade de retenção ou absorção de água CAA (Tabela 13) das fibras obtidas nos três equipamentos não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$). A fibra C (liofilizador) demonstrou maior valor de CAA com percentual de 767,1% (quantidade de água absorvida por 100g de amostra), possivelmente devido à maior remoção de água nesse tipo de processo.

Tabela 13- Capacidade de absorção de água e óleo das fibras secas.

Amostras	Capacidade de absorção de água (g/100g)	Capacidade de absorção de óleo (g/100g)
Fibra A	634,8 ± 38,9 ^a	361,5 ± 41,8 ^b
Fibra B	690,2 ± 85,0 ^a	353,3 ± 22,3 ^b
Fibra C	767,1 ± 23,3 ^a	450,4 ± 11,9 ^a

Legenda: **Fibra A** - seca em secador de bandeja (50°C por 24 horas); **Fibra B**- seca em estufa de ar forçado (50°C por 24 horas) e **Fibra C** - seca em liofilizador (19 horas e 20 minutos).*Valores seguidos das mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si (Tukey, $p < 0,05$).

LIMA *et al.* (2014) realizaram secagem da fibra de caju na proporção de água 1:1 em estufa e liofilizador usando temperaturas próximas as empregadas no presente estudo, e obtiveram valores de 451,78% (estufa) e 597,02% (liofilizador), percentuais inferiores aos encontrados para as fibras B e C.

A capacidade de retenção ou absorção de água e óleo são propriedades importantes quando se fala em aplicação em alimentos. Uma alta CAA é indicativo do potencial de hidratação desejável na aplicação de farinhas para produtos cárneos, de preparo rápido e panificação por permitir uma maior adição de água na massa, ajudando o manuseio e deixando a massa menos propícia ao ressecamento durante o armazenamento (CLERICI; EL-DASH, 2008).

A CAO tem grande importância na formulação de alimentos, pois influenciar na ordenação dos ingredientes na hora do preparo, ou seja, o tempo que a mistura vai demorar para absorver o óleo além de influenciar nos sabores e textura do produto final, sendo uma característica importante para indústria de alimentos cárneos emulsionados (CHAUD; SGARBIERI, 2006; KHATTAB; ARNTFIELD, 2009).

A CAO da fibra liofilizada (fibra C) se destacou com maior capacidade de absorção (450,4%) e diferindo se significativamente ($p < 0,05$) das demais fibras que possuíram CAO de 361,5% (fibra A) e 353,3% (fibra B).

Em estudo realizado por Lima *et al.* (2014), foi encontrada para a amostra liofilizada 476,27% de CAO, valor superior ao encontrado no presente trabalho, enquanto, para a fibra seca em estufa (183,43%), o valor foi menor.

A temperatura e forma que ocorre a retirada de umidade da amostra, pode modificar a estrutura da fibra, favorecendo positivamente ou não a hidratação e absorção de óleo. Essa capacidade de absorção de água da fibra está diretamente ligada em como ela irá se comportar nos em diferentes produtos, influenciando na textura dos alimentos, assim os altos valores apresentados na Tabela 13 são bastante promissores.

5.8 Cor das fibras secas

A análise de cor instrumental das fibras (Tabela 14) foi efetuada para identificar a influência dos processos de secagem na cor da fibra. Os parâmetros de cor avaliados foram a luminosidade (L^*), podendo variar de 0 (preta) a 100 (branca). A coordenada a^* varia do vermelho (+ 60) ao verde (- 60) e a coordenada b^* do amarelo (+ 60) ao azul (- 60) (BONACITA *et al.*, 2017).

As fibras A e B apresentaram coloração mais escura, com valores de L^* menores (41,4% e 40,1%, respectivamente), diferindo significativamente da fibra C (62,0%), que apresentou aspecto mais claro. As fibras desidratadas obtidas nos processos A e B apresentaram-se mais avermelhadas, coordenada a^* , em comparação à fibra C. Além disso, o processo de liofilização (fibra C) manteve mais a cor amarela (b^*) da fibra úmida do que as fibras obtidas pelos outros processos.

Valores próximos foram encontrados por Lima *et al.* (2014), onde a fibra de caju seca em estufa apresentou valores de L^* (38,39), a^* (7,72) e b^* (18,62), enquanto a fibra liofilizada apresentou valores de $L^*(48,07)$, $a^*(5,44)$ e $b^*(17,26)$.

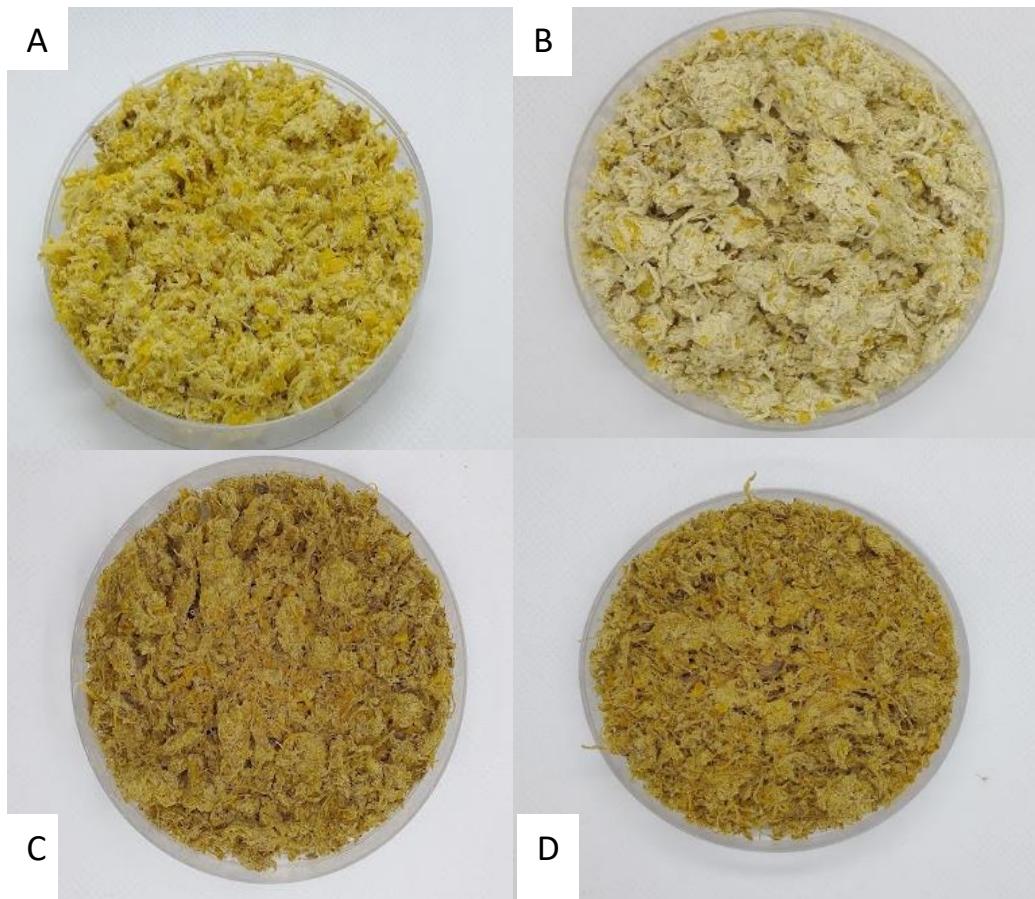
Tabela 14- Cor das fibras secas por diferentes métodos de secagem.

Amostras	Cor		
	L*	a*	b*
Fibra A	41,4 ± 0,19 ^b	6,6 ± 0,17 ^a	20,4 ± 0,34 ^b
Fibra B	40,1 ± 0,69 ^b	7,1 ± 0,23 ^b	20,2 ± 0,50 ^b
Fibra C	62,0 ± 0,19 ^a	5,5 ± 0,09 ^c	22,8 ± 0,18 ^a

Legenda: **Fibra A** - seca em secador de bandeja (50°C por 23 horas); **Fibra B** - seca em estufa de ar forçado (50°C por 24 horas) e **Fibra C** - seca em liofilizador (19 horas e 20 minutos). *Valores seguidos de letras diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa em teste de Tukey, ($p < 0,05$).

É perceptível essa diferença de coloração ao visualizar a Figura 12 (A-D) que mostra a coloração da fibra inicial (Figura 12A), sem secagem e as amostras liofilizada (Figura 12B), seca em secador de bandejas (Figura 12C) e em estufa (Figura 12D).

Figura 12- Cor da fibra de caju úmida e em diferentes processos de desidratação: fibra úmida (A) e após a secagem em liofilizador (B), secador de bandeja (C) e estufa (D).



Fonte: Autora, 2022.

5.9 Teor de fenólicos totais

As fibras secas apresentaram quantidade relevante de fenólicos (Tabela 15), ocorrendo uma variação para cada tipo de processo, indicado pela diferença significativa entre os tratamentos. A fibra C (secador de bandeja) se destacou com a maior quantidade de fenólicos, 98,42 mg GAE eq/100g, evidenciando a conservação desses constituintes pelo processo de liofilização.

As demais fibras tiveram uma redução no teor de compostos fenólicos em decorrência das temperaturas de secagem ou mesmo pela forma que a secagem ocorre nos diferentes equipamentos utilizados, evidenciando que a liofilização foi o método que mais preservou os compostos fenólicos presentes na fibra de caju.

Tabela 15- Teores de polifenóis extraíveis totais da fibra de caju por diferentes métodos de secagem.

AMOSTRAS	mg GAE eq/100 g de amostra
Fibra A	72,04 ± 5,62 ^c
Fibra B	89,01 ± 2,03 ^b
Fibra C	98,42 ± 1,40 ^a

Legenda: **Fibra A** - seca em secador de bandeja (50°C por 23 horas); **Fibra B** - seca em estufa de ar forçado (50°C por 24 horas) e **Fibra C** - seca em liofilizador (19 horas e 20 minutos). *Valores seguidos das mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si (Tukey, p < 0,05).

5.10 Atividade antioxidante

5.10.1 Capacidade antioxidante pela captura do radical DPPH

A capacidade antioxidante da fibra de caju desidratada (Tabela 16) foi influenciada pelo método de secagem. A fibra C apresentou a maior capacidade antioxidante (CE₅₀ 0,026 mg/mL), seguida da fibra B (0,033 mg/mL), e a A (0,097 mg/mL). A fibra C apresentou valores próximos do ácido ascórbico (0,023 mg/mL), destacando-se que a fibra quando desidratada por liofilização mantém a atividade antioxidante elevada. Tendência também vista pela fibra B que possui uma atividade antioxidante próxima a apresentada pela fibra C e o ácido ascórbico.

Tabela 16- Atividade antioxidante pela captura do radical DPPH das fibras secas pelos diferentes métodos de secagem.

AMOSTRAS	CE ₅₀ mg/mL
Fibra A	0,097 ± 0,01
Fibra B	0,033 ± 0,01
Fibra C	0,026 ± 0,01
Ácido Ascórbico	0,023 ± 0,01
Trolox®	0,015 ± 0,01

Legenda: **Fibra A** - seca em secador de bandeja (50°C por 23 horas); **Fibra B** - seca em estufa de ar forçado (50°C por 24 horas) e **Fibra C** - seca em liofilizador (19 horas e 20 minutos). **CE₅₀** – Concentração eficaz para inibir 50% do radical DPPH·CE₅₀.

5.10.2 Capacidade antioxidante pelo método ABTS

Os resultados de atividade antioxidante obtidos pelo método ABTS (Tabela 17) demonstram que a secagem também influenciou na capacidade antioxidante presente na fibra de caju. A fibra A apresentou a menor atividade antioxidante de 1,425 µM Trolox/mg diferindo estatisticamente diferente das demais.

As fibras B e C não possuíram diferença significativa entre si indicando que a secagem por liofilização ou por estufa de ar forçado podem ser empregadas sem que ocorra perdas na atividade antioxidante da fibra de caju.

Tabela 17- Capacidade antioxidante das fibras secas obtida pelo método ABTS, sendo por diferentes métodos de secagem.

AMOSTRAS	µM Trolox/mg de amostra
Fibra A	1,4 ± 0,1 ^b
Fibra B	1,9 ± 0,4 ^a
Fibra C	1,9 ± 0,1 ^a

Legenda: **Fibra A** - seca em secador de bandeja (50°C por 23 horas); **Fibra B** - seca em estufa de ar forçado (50°C por 24 horas) e **Fibra C** - seca em liofilizador (19 horas e 20 minutos). *Letras diferentes seguindo as médias indicam diferença significativa em teste de ANOVA e comparação múltipla de Tukey ($p < 0,05$).

A fibra de caju é um ingrediente com uma capacidade antioxidante sendo possível relacioná-la com os compostos fenólicos. As fibras com maiores quantidades de compostos fenólicos, foram também as que apresentaram maior atividade antioxidante tanto ao capturar o radical DPPH como o radical ABTS.

5.11 Aplicação da fibra de caju em croquete plant-based

5.11.1 Composição centesimal

A composição centesimal (Tabela 18) das formulações utilizadas na preparação dos croquetes mostra que o teor de umidade apresentou pequena diferença em relação ao percentual utilizado de fibras de caju (FC), sendo a formulação com 50% a que apresentou menor umidade. Os teores de cinzas apresentaram diferença significativa entre si.

Tabela 18- Composição centesimal dos croquetes com fibra de caju e proteína de soja.

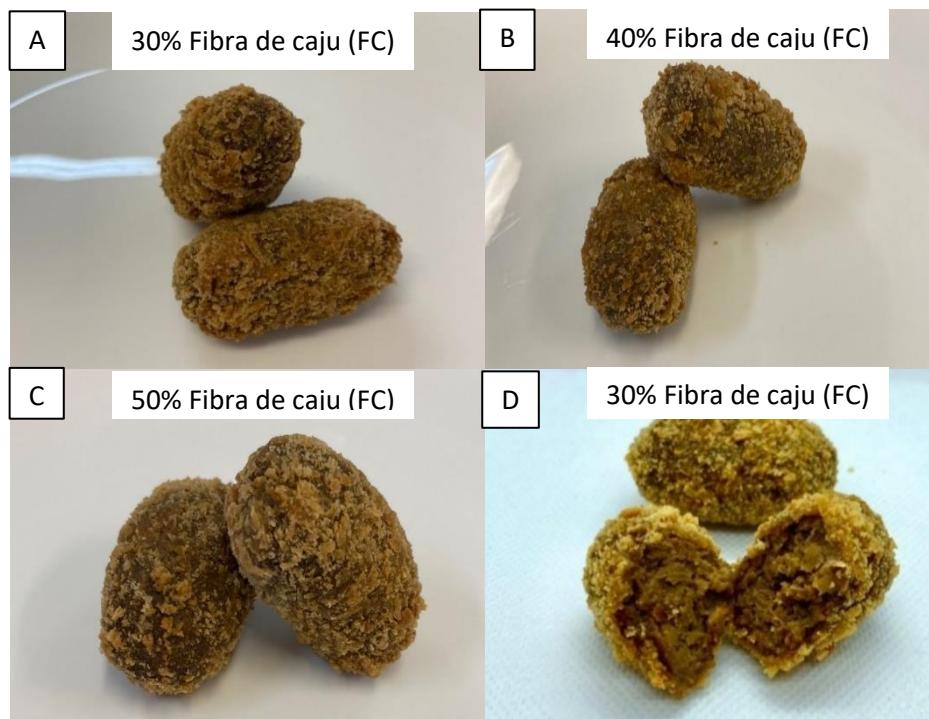
Composição (%)	30% FC*	40% FC**	50% FC***
Umidade	55,2 ± 0,8 ^a	55,5± 0,3 ^a	53,6 ± 0,5 ^b
Cinzas	1,5 ± 0,1 ^a	1,4 ± 0,01 ^b	1,4 ± 0,1 ^c
Lipídeos	1,8 ± 0,1 ^a	1,9± 0,1 ^a	1,2± 0,2 ^b
Proteína	9,61 ± 0,4 ^a	8,8± 0,9 ^a	7,2 ± 0,1 ^b
Carboidratos	31,6 ± 0,8 ^b	32,4± 0,9 ^b	36,5± 0,6 ^a

Legenda: *Croquete com 30% de fibra de caju e 30% de proteína de soja, **Croquete com 40% de fibra de caju e 20% de proteína de soja e ***Croquete com 50% de fibra de caju e 10% de proteína de soja. **FC** – fibra de caju.
*Médias seguidas de letras diferentes indicam diferença significativa, em Anova e teste de Tukey ($p < 0,05$).

O teor de lipídeos do croquete com 50% FC diferiu das demais formulações, ao possuir o menor valor (1,20%). Como foi adicionada proteína de soja aos croquetes para aumentar o teor proteico, uma vez que a fibra do caju é pobre em proteína, a formulação com menor quantidade de soja (50% FC) adicionada consequentemente apresentou menor quantidade de proteína (7,2%).

Em relação ao teor de carboidratos, a formulação com maior quantidade de fibra (50%) apresentou maior quantidade de carboidratos, pois a fibras de caju é rica em fibra alimentar. A Figura 13 (A-B) mostra os croquetes preparados nas diferentes proporções da fibra de caju.

Figura 13- Croquetes de fibras de caju com proteína de soja.



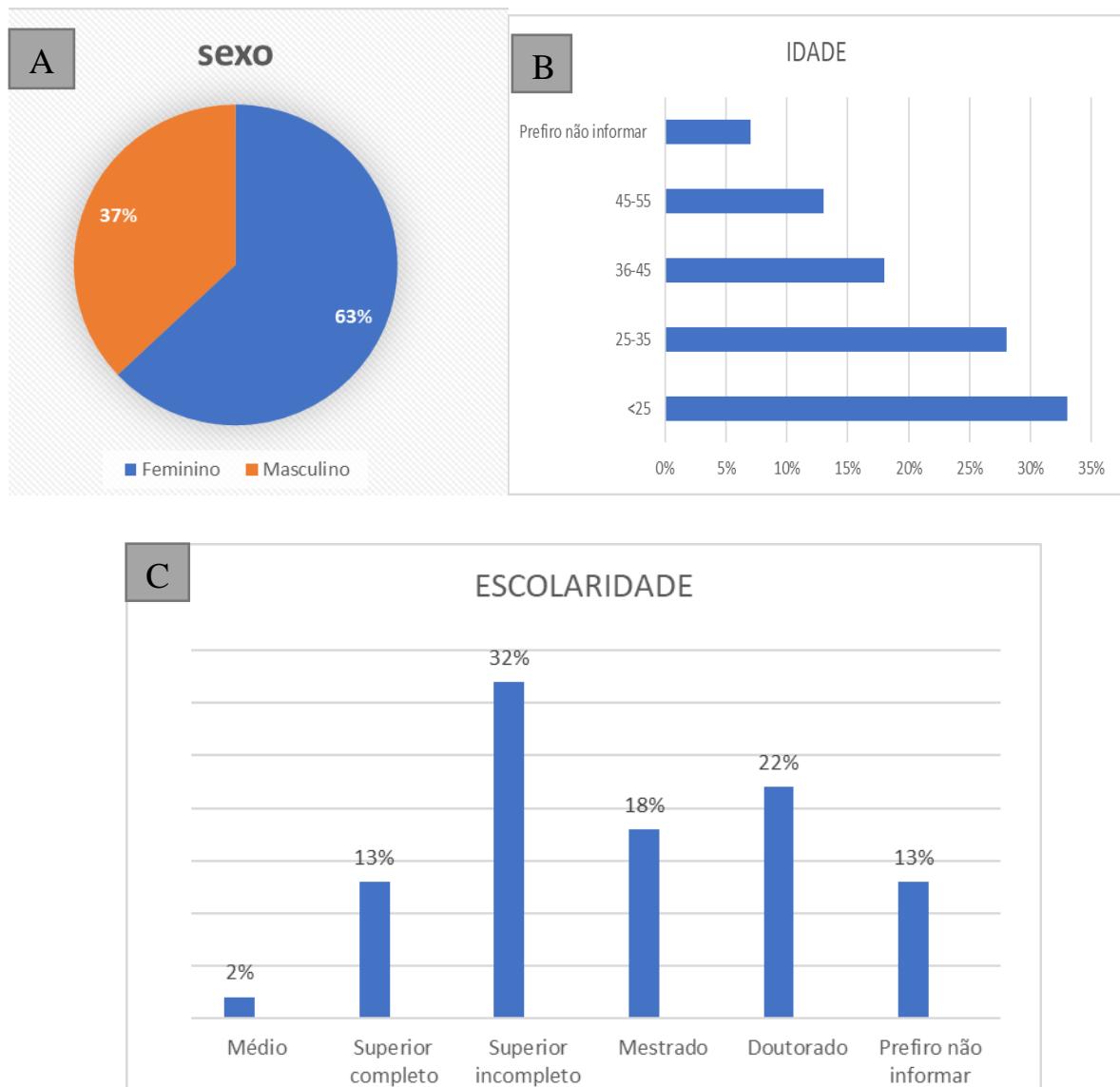
Fonte: Autora, 2022.

5.12 Análise sensorial

5.12.1 *Perfil dos provadores (consumidores)*

O grupo de consumidores que participou do teste sensorial compôs-se majoritariamente de pessoas do sexo feminino (63%) (Figura 14A). Tratou-se de um público jovem (33% inferior a 25 anos e 28% entre 25 e 35 anos) (Figura 14B), com elevada escolaridade (Figura 14C), com a maioria (45%) possuindo curso superior incompleto ou completo, seguido daqueles com pós-graduação (40%).

Figura 14- Perfil dos provadores da análise sensorial do croquete de fibra de caju com proteína de soja.



Fonte: Autora, 2022.

Quanto aos resultados obtidos com relação ao consumo de produtos *plant-based* (tabela 19), 82% dos provadores afirmaram já ter consumido esse tipo de produto, já em relação a frequência de consumo, a maioria (53%) afirmou consumir mensalmente produtos. As motivações para consumo desse tipo de produto foram principalmente a busca por produtos com apelo funcional (77%) e a diminuição do consumo de produtos de origem animal (42%), mostrando serem consumidores conscientes em relação aos produtos que consomem.

Quando questionados sobre já terem consumido produtos com fibra de caju em sua formulação, a maioria afirmou que sim (83%), e os produtos citados foram hambúrguer de fibra de caju (53%), carne de caju (12%) e salgados (10%).

Tabela 19- Conhecimento sobre produtos plant-based e fibra de caju.

Você gosta de caju?	
Sim	90 %
Não	10 %
Você já ouviu falar em produtos com fibra de caju?	
Sim	95 %
Não	5 %
Você já consumiu ou consome produtos plant-based (à base de plantas), como exemplo: produtos à base de carne de jaca, fibra de caju, pães, proteínas de soja, etc..?	
Sim	82 %
Não	18 %
Qual a sua frequência de consumo dos produtos plant-based (à base de plantas)?	
2 a 3 vezes por semana	7 %
Quinzenalmente	13 %
Mensalmente	53 %
Prefiro não informar	27 %
O que leva/levaria você a consumir produtos plant-based? (Pode marcar mais de uma opção)	
A busca por alimentos com apelo funcional	77 %
O sabor deles é mais gostoso.	15 %
Diminuir o consumo de produtos de origem animal	42 %
São produtos mais baratos que os de origem animal.	3 %
Você já consumiu ou consumiria algum produto que continha ou contém fibra de caju na formulação?	
Sim	83 %
Não	17 %
Carne de caju	12 %
Hambúrguer de caju	53 %
Salgados	10 %
Prefiro não informar	8%

Fonte: Autora, 2022.

5.12.2 Aceitabilidade

Na avaliação sensorial de croquetes, os resultados das médias de aceitação global (AG) e aceitação por atributos (aparência externa, aparência interna, sabor e textura) dos croquetes é apresentada na Tabela 20. Todas as formulações apresentaram ótima aceitabilidade, com médias variando entre 7,5 e 8,0, muito próximas à categoria “gostei muito” da escala hedônica, tanto para a aceitação global, quanto para os atributos avaliados, evidenciando que os croquetes foram bem aceitos pelos provadores.

Tabela 20- Aceitação das formulações de croquetes de fibra de caju enriquecidos com proteína de soja (PTS).

Atributos	Formulações		
	30% FC*	40% FC**	50% FC***
Aceitação Global (AG)	7,7 ± 1,2 ^a	8,0 ± 0,9 ^a	7,7 ± 1,2 ^a
Aparência Externa	8,0 ± 1,0 ^a	7,9 ± 1,0 ^a	7,9 ± 1,0 ^a
Aparência Interna	7,6 ± 1,2 ^a	7,6 ± 1,2 ^a	7,6 ± 1,0 ^a
Sabor	7,6 ± 1,3 ^a	7,8 ± 1,2 ^a	7,5 ± 1,5 ^a
Textura	7,7 ± 1,2 ^a	7,6 ± 1,1 ^a	7,7 ± 1,3 ^a

*Croquete com 30% de fibra de caju e 30% de proteína de soja, **Croquete com 40% de fibra de caju e 20% de proteína de soja e ***Croquete com 50% de fibra de caju e 10% de proteína de soja. **FC** – fibra de caju. Valores seguidos de letras diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa em Anova e teste de Tukey ($p < 0,05$).

Observa-se ainda que não houve diferença significativa entre as formulações para nenhum dos atributos analisados, mesmo no croquete com maior quantidade de fibra de caju (50%) em sua formulação, indicando que o aumento do teor de fibra de caju na formulação, de 30 para 50%, não prejudicou a sua aceitabilidade.

Os resultados obtidos para o croquete de fibra de caju e proteína de soja foram próximos da aceitabilidade apresentada pelo hambúrguer vegetal de fibra de caju e feijão-caupi avaliados no estudo de LIMA *et al.* (2018), em que a média de aceitação global foi 7,8. Também foram superiores aos valores alcançados pelo hambúrguer de caju em outros estudos (LIMA *et al.*, 2014; LIMA *et al.*, 2017), nos quais foram obtidas médias entre 7,0 e 7,2.

5.12.3 Avaliação da intensidade dos termos descritores (Diagnóstico de atributos)

Para a intensidade dos termos descritos (Tabela 21), a formulação com 50% de FC foi a que apresentou maior intensidade (3,9) do sabor de caju, em decorrência da maior quantidade de fibra presente em sua composição, diferindo-se das demais formulações que apresentaram intensidade de 2,8 (30% de FC) e 2,7 (40% de FC).

A formulação com 50% de FC também apresentou maior intensidade de acidez (2,2) em relação à formulação com 40% (1,7) e com 30% (1,9). Para os descritores firmeza e fibrosidade, observou-se uma leve tendência de aumento na intensidade com o aumento do teor de fibras, acrescentando características de consistência ao produto na qual ela é aplicada, ou seja, tornado o produto mais firme.

E embora não tenha ocorrido diferença significativa entre as formulações para esses dois atributos, nota-se que a formulação com 50% de fibra de caju obteve os maiores scores de intensidade e a percepção da intensidade para fibrosidade e firmeza ficou entre leve e média na escala utilizada.

Tabela 21- Intensidade dos atributos percebidos pelos provadores nas formulações de croquete de fibra de caju enriquecida com proteína de soja.

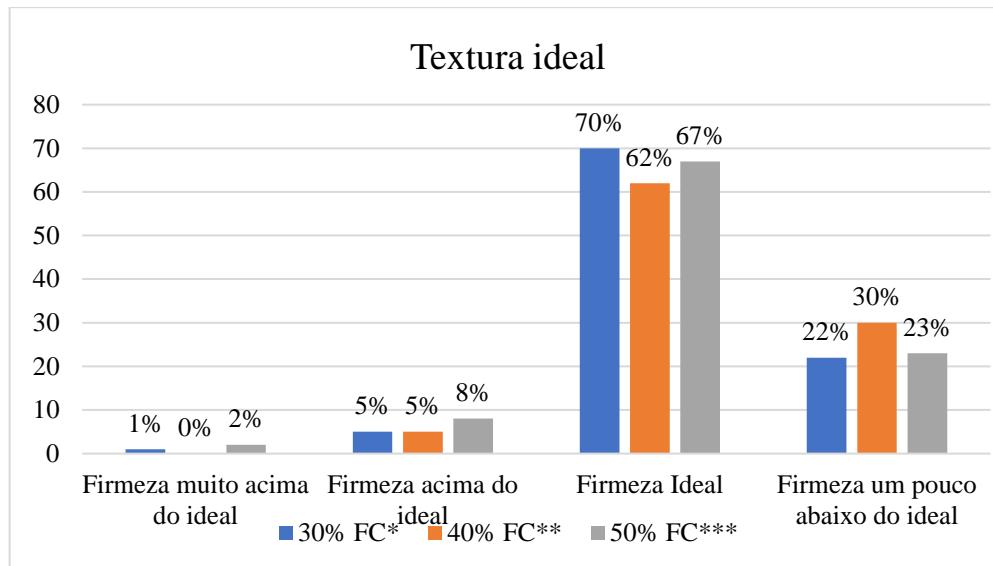
Atributos	Formulações		
	30% FC*	40% FC**	50% FC***
Sabor de Caju	$2,8 \pm 2,1^b$	$2,7 \pm 2,1^b$	$3,9 \pm 2,5^a$
Acidez	$1,9 \pm 1,4^{ab}$	$1,7 \pm 1,1^b$	$2,2 \pm 1,7^a$
Firmeza	$4,8 \pm 2,0^a$	$4,6 \pm 2,1^a$	$5,2 \pm 2,0^a$
Fibrosidade	$3,3 \pm 2,2^a$	$3,6 \pm 2,0^a$	$3,8 \pm 2,3^a$

*Croquete com 30% de fibra de caju e 30% de proteína de soja, **Croquete com 40% de fibra de caju e 20% de proteína de soja e ***Croquete com 50% de fibra de caju e 10% de proteína de soja. **FC** – fibra de caju. Valores seguidos de letras diferentes, nas colunas, indicam diferença significativa em Anova e teste de Tukey ($p < 0,05$).

5.12.4 Escala do ideal para textura e intenção de compra

Por meio da Figura 15, observa-se que os croquetes com as diferentes quantidades de fibra de caju possuíram percentuais distintos quanto a serem considerados tendo a firmeza ideal para este tipo de produto. A formulação com 30% de FC foi considerada por 70% dos entrevistados como possuindo a firmeza ideal. A formulação com 40% de FC obteve percentual de 62% e a formulação com 50% de FC obteve percentual de 67%. Isso indica que a firmeza ideal foi daquele com a menor quantidade de fibra de caju (30%) e maior proporção de proteína de soja texturizada (30%).

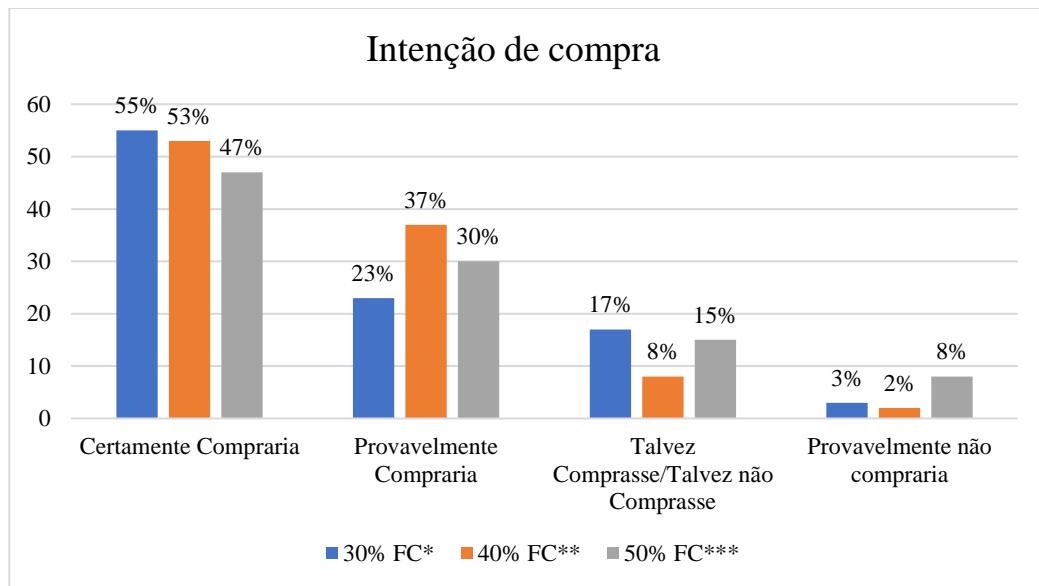
Figura 15- Percentual para o teste de textura ideal para os croquetes de fibra de caju com proteína de soja.



Legenda: *Croquete com 30% de fibra de caju e 30% de proteína de soja, **Croquete com 40% de fibra de caju e 20% de proteína de soja e ***Croquete com 50% de fibra de caju e 10% de proteína de soja.

Em relação à intenção de compra dos croquetes (Figura16), a formulação com adição de 40% de FC apresentou a melhor intenção de compra, com 90% das respostas nas categorias de intenção de compra positiva (provavelmente e certamente compraria). As formulações com 30 e 50% de FC também apresentaram um desempenho satisfatório, com mais de 75% das respostas nas categorias de intenção de compra positiva, o que destaca que os croquetes elaborados indicam potencial como alternativa viável para emprego da fibra de caju.

Figura 16- Intenção de compra para os croquetes de fibra de caju com proteína de soja.



Legenda: *Croquete com 30% de fibra de caju e 30% de proteína de soja, **Croquete com 40% de fibra de caju e 20% de proteína de soja e ***Croquete com 50% de fibra de caju e 10% de proteína de soja

6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos proporcionaram um conhecimento acerca do melhor tratamento a ser utilizado no processamento do bagaço de pedúnculo de caju, resíduo agroindustrial, para possibilitar seu uso como ingrediente em formulações de alimentos, de forma a torná-lo menos perecível, aumentando a sua vida útil por meio da redução do teor de umidade, reduzindo consequentemente peso e volume, facilitando seu armazenamento e transporte.

Na extração de compostos solúveis e característicos de caju, conclui-se que pode ser usado processamento com a extração aquosa em três ciclos sequenciais de hidratação e prensagem, com proporção de água igual (1:1) ou 50% maior (1:1,5) que a quantidade de bagaço de caju que está sendo tratado. Desta forma, reduz-se o sabor e aroma característico de caju, evidenciado pela análise sensorial, e teores de sólidos solúveis e acidez, além do pH.

Na avaliação de diferentes métodos de secagem, o processo de liofilização apresentou os melhores resultados em relação à propriedade tecnológica de capacidade de absorção de água e manutenção da cor, seguido de secagem em bandejas e estufa. Porém, os três processos podem ser empregados, considerando-se o custo oneroso da liofilização frente a secagem em estufa e bandejas, sem ocasionar grandes perdas.

A aplicação da fibra de caju em formulação de croquete, indicou que pode ser utilizada proporção de 30 a 40% de fibra para obtenção de um produto com boa aceitabilidade e intenção de compra. Maiores teores de fibra de caju podem levar a maior percepção de sabor de caju, podendo ser um fator de rejeição por parte dos provadores.

REFERÊNCIAS

- ABNT, ABNT NBR ISO 8586; Análise sensorial — Guia geral para a seleção, treinamento e monitoramento de avaliadores selecionados e de especialistas ou experts. [S. l.; s. n.] 33 p, ABNT, 2016
- ALBUQUERQUE, T. L.; GOMES, S. D. L.; JUNIOR, J. E. M.; JUNIOR, I. J. S.; ROCHA, M. V. P. Xylitol production from cashew apple bagasse by Kluyveromyces marxianus CCA510. **Catalysis Today**, v. 255, p. 33–40, 2015.
- ALVES, F. M. S.; MACHADO, A. V.; QUEIROGA, K. H. Alimentos produzidos a partir de farinhas de caju, obtida por secagem. **Revista Verde de Agroecologia e desenvolvimento Sustentável**. v.6, n.3, p.131-138, 2011.
- AMARAL, S. M. B.; NASCIMENTO, C. P.; OLIVEIRA, B. F.; ALMEIDA, M. J. O.; SANTOS, S. M. L.; DAMACENO, M. N. **Pó de resíduo de polpa de caju: processamento e caracterização**. Prática e Pesquisa em Ciência e Tecnologia de Alimentos 3: Atena, p. 140-152, 2020.
- AMORIM, Q. S.; BARROS, H. E. A.; SILVA, S. L. C.; GUALBERTO, S. A.; SILVA, M. V. Resíduos da indústria processadora de polpas de frutas: capacidade antioxidante e fatores antinutricionais. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 2, p. 591-608, 2019.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N. **Compostos fenólicos em alimentos** – Uma breve revisão. Anuário Brasileiro de Fruticultura. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, p.104, [s.l.], 2015
- ANKOM. Rapid determination of oil/fat utilizing high temperature solvent extraction, **Technology Method**, 12-12-05 Macedon, [S. l.; s. n.], p.2, 2009,
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. Official Methods 991.43. Total, Soluble, and Insoluble Dietary Fiber in Foods, Enzymatic-gravimetric method, ed. 20, [s. l.], 2016.
- AOCS - American Oil Chemists' Society. Official Method Am 5-04. **Rapid determination of oil/fat utilizing high temperature solvent extraction**. Urbana: Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society, [S. l.; s. n.], 2005.
- ARAÚJO, J. P. P. **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, [S. l.; s. n.], 2013, 532 p.
- ARAÚJO, J. P. P. **Caju: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Coleção 500 perguntas, 500 respostas. 2ed. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, [S. l.; s. n.], 2015. p. 18-172.
- ASADI, S.; AHMADIANI, A.; ESMAEILI, M. A.; SONBOLI, A.; ANSARI, N.; KHODAGHOLI, F. In vitro antioxidant activities and an investigation of neuroprotection by six *Salvia* species from Iran: A comparative study. **Food and Chemical Toxicology**, v. 48, n. 5, p. 1341-1349, 2010.
- ASCHERI, J. L. R.; OLIVEIRA, A.; AZEVEDO, T. L.; CARVALHO, C. W. P. Elaboração de farinha pré-gelatinizada de bagaço de caju e quirera de arroz através do processo de extrusão termoplástica. In: Congresso de Pesquisa Científica, 2. **Anais**. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2004.

- ASSUNÇÃO, R. B.; MERCADANTE, A. Z. Carotenoids and ascorbic acid composition from commercial products of cashew apple (*Anacardium occidentale* L.). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 16, n. 6, p. 647–657, 2003.
- BALANGE, A. K.; BENJAKUL, S. Effect of oxidised phenolic compounds on the gel property of mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) surimi. **Food Science and Technology**, v. 42, p.1059-1064, 2009.
- BARRETO, G. P. M.; SOUZA, A. C. R.; AZEREDO, H. M. C.; MERCADANTE, A. Z. Compostos bioativos em sub-produtos da castanha de caju. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 18, n. 2, p. 207-213, 2008.
- BODINSKI, L. H. **Dietoterapia: princípios e práticas**. São Paulo: Editora Ateneu, 1999, p.397.
- BONACINA, M. S.; BACCIN, M. A.; ROSA, L. S. Características Sensoriais e Instrumentais do Leite Pasteurizado Integral. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 72, n. 3, p. 139-151, 2017.
- BOUDET, A. M. **Evolution and current status of research of in phenolic compounds**. Phytochemistry, v. 68, p.2722-2735, 2007.
- BOUDJOU, S.; OOMAH, B. D.; ZAIDI, F.; HOSSEINIAN, F. Phenolics content and antioxidant and anti-inflammatory activities of legume fractions. **Food Chemistry**, v. 138, p. 1543-1550, 2013.
- BRAND-WILLIANS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologia**, v. 28, n. 1, p.25-30, 1995.
- BRASIL, Instituto Brasileiro de Fruticultura – **IBRAF**. Panorama da cadeia produtiva das frutas em 2012 e projeções para 2013, [S. l.;s. n.], 2013.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução - RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003, publicada no **Diário Oficial da União nº 251**, Seção 1, página 33, 2003.
- BRITO, E. C. C. **Efeito da adição da fibra de caju nas propriedades tecnológicas da farinha de trigo para a produção de macarrão massa fresca tipo talharim**. Orientador: Renato Souza Cruz. 2016. 68f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.
- CARDONA, F.; ANDRÉS-LACUEVA, C.; TULIPANI, S.; TINAHONES, F. J.; QUEIPO-ORTUÑO, M. I. Benefits of polyphenols on gut microbiota and implications in human health. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 24, p. 1415-1422, 2013.
- CATALANI, L. A. *et al.* Fibras alimentares. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v. 18, n.4, p.178-182, [S. l.;s. n.], 2003.
- CELESTINO, S. M. C. **Princípios de Secagem de Alimentos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, Documentos 276, [S. l.;s. n.], 2010.

- CHUNGLONG, C.; SONG, L.; RONGSU, L.; FENGPING, W.; JUNQPIN, L. I. Concentration of phenolic compounds of *Populus euphratica* and soil water contents in Ejina oasis, Inner Mongolia, China. **Acta Ecologica Sinica**, v. 28, n. 1, p. 69-75. 2008.
- CORNEJO, F. E. P.; NOGUEIRA, R. I.; WILBERG, V. C. **Secagem como método de conservação de frutas**. Embrapa Agroindústria de Alimentos-Dокументos (INFOTECA-E), 2003.
- COSTA, J. M. C.; FELIPE, E. M. F.; MAIA, G. A.; HERNANDEZ, F. F. F.; BRASIL, I. M. Production and Characterization of the cashew apple (*Anacardium Occidentale L.*) and Guava (*Psidium Guajava L.*) fruit powders. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 33, n. s1, p. 299–312, 2009.
- DA MOTA, M. L. S.; MORI, E. **Caracterização físico-química do subproduto da indústria de suco de caju**. In: IV Encontro Universitário da UFC no Cariri-2012. [S. l.;s. n.], 2012.
- DAMASIO, M.H.; COSTELL, E. Análisis sensorial Descriptivo: Generación de Descriptores y selección de catadores. Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos. 31(2):165-178, 1991.
- DE BRUIJN, J., et al. Effect of vacuum microwave drying on the quality and storage stability of strawberries. **J. Food Process. Preserv.** v. 40, n.5, p.1104–1115, 2016.
- DELGADO, C. H. O.; FLEURI, L. F. Orange and mango by-products: agro-industrial waste as source of bioactive compounds and botanical versus commercial description—a review. **Food Reviews International**, v. 32, n. 1, p. 1–14, 2016.
- DIAS, T. G. N. **Alimento liofilizado temperado do tipo Snack obtido a partir do pedúnculo de Caju**. Orientador: Roberta Targino Hoskin. 2018. 55f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2018.
- DOS SANTOS LIMA, Flávia Cristina et al. Chemical composition of the cashew apple bagasse and potential use for ethanol production. **Advances in Chemical Engineering and Science**, v. 2, n. 04, p. 519, 2012.
- DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de alimentos**. Curitiba: Champagnat, 4^a ed., [s.l.], 2013. 540 p.
- FAO - Organizaçāo das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. Corporate Document Repository. Crop Prospects and Food Situation – Nº. 4, [S. l.;s. n.], 2008.
- FERRERES, F.; GROSSO, C; GIL-IZQUIERDO, A.; VALENTĀO, P.; ANDRADE, P. B. Phenolic compounds from Jacaranda caroba (Vell.) A. DC.: Approaches to neurodegenerative disorders. **Food and Chemical Toxicology**, v. 57, p. 91-98, 2013.
- FOOD INGREDIENTS BRAZIL. **Dossiê: Fibras Alimentares**. n. 46, 2019. Disponível em: https://revista-fi.com/upload_arquivos/201606/2016060604378001465822086.pdf. Acesso em: 14 maio 2022.
- GAWLIK-DZIKI, U.; JEŻYNA, M.; ŚWIECA, M.; DZIKI, D.; BARANIAK, B.; CZYŻ, J. Effect of bioaccessibility of phenolic compounds on in vitro anticancer activity of broccoli sprouts. **Food Research International**, v. 49, n. 1, 469-476, 2012.

- GARRUTI, D. S. *et al* Protocolo para avaliação da qualidade sensorial de pedúnculos de clones de cajueiro. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2019. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico, 256).
- GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, [S. l.;s. n.], 2009. 301 p
- GOMES, S. D. L; ALBUQUERQUE, T. L; JUNIOR, J. E. M; GONÇALVES, L. R. B; ROCHA, M. V. P. Produção de xilitol e etanol a partir de hidrolisado enzimático de bagaço de caju. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**. v.1, p. 683-688. 2014.
- HSU, C. L.; CHEN, W.; WENG, Y. M.; TSENG C. Y. **Chemical composition, physical Industrial Drying**, 3^a Ed. p. 257-281, [S. l.], 2007.
- IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4 ed. Brasília: Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária-(Série A – Normas e Manuais Técnicas), p. 97-140, 2008.
- INFANTE, J.; SELANI, M.; TOLEDO, N.; FERNANDA, M.; ALENCAR, S.; HELENA, M. Atividade antioxidante de resíduos agroindustriais de frutas tropicais. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 24, n. 1, p. 92, 2013.
- JACOBSEN, R. The biography of a plant-based burger. Pacific Standard. 2016. Disponível em:<https://psmag.com/news/the-biography-of-a-plant-based-burger>. Acesso em: 17 fev 2022.
- KATZ, D. L., MELLER, S. Can we say what diet is best for health? **Annu Rev Public Health**, v.35, p.83-103, 2014.
- KHATTAB, R.Y.; ARNTFIELD, S. D. Nutritional quality of legume seeds as affected by some physical treatments 2. Antinutritional factors. **LWT-Food Science and Technology**, v.42, p.1113-1118, 2009
- KOUASSI, E. K. A.; SORO, Y.; VACA-GARCIA, C.; YAO, K. B. Chemical composition and specific lipids profile of the cashew apple bagasse. **Rasayan Journal**, v. 11, n. 1, p. 386–391, 2018.
- LERICI, M.T. P. S.; EL-DASH, A. A. Características tecnológicas de farinhas de arroz pré-gelatinizadas obtidas por extrusão termoplástica. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.5, p.1543-1550, 2008.
- LIAPIS, A. I.; BRUTTINI, R. **Freeze Drying**. Handbook of Industrial Drying. 3^a Ed. p. 257-281, [S. l.], 2007.
- LIAPIS, A. I.; PIKAL, M. J.; BRUTTINI, R. Research and development needs and opportunities in freeze drying. **Drying Technology**, v. 14, n. 6, p. 1265-1300, 1996.
- LIMA, A. C. S.; SOARES, D. J.; SILVA, L. M. R.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M.; MENEZES, E. A. In vitro bioaccessibility of copper, iron, zinc and antioxidant compounds of whole cashew apple juice and cashew apple fiber (*Anacardium occidentale* L.) following simulated gastro-intestinal digestion. **Food chemistry**, v.161, n 14, p. 142–7, 2014.
- LIMA, A. **Caracterização química, avaliação da atividade in vitro e in vivo, e identificação dos compostos fenólicos presentes no Pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.)**.

(Tese Doutorado), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, 2008, 219p.

LIMA, F. C. S.; SILVA, F. L. H.; GOMES, J. P.; NETO, J. M. S. Chemical composition of the cashew apple bagasse and potential use for ethanol production. **Advances in Chemical Engineering and Science**, v. 2, n. 04, p. 519, 2012.

LIMA, J. R. Caracterização físico-química e sensorial de hambúrguer vegetal elaborado à base de caju. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 191-195, 2008.

LIMA, J. R.; BRUNO, L. M.; SOUZA NETO, M. A. **Estabilidade durante armazenamento de hambúrguer vegetal elaborado à base de caju**. Embrapa Agroindústria Tropical, Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 43, 2011. 20 p.

LIMA, J. R.; GIRAO, A. L.; FIRMINO, D. S.; PINTO, G. A. S.; LIMA, L. V.; OLIVEIRA, L. M. V.; WURLITZER, N. J.; PESSOA, P. F. A. P. **Hambúrguer vegetal de fibra de caju e proteína texturizada de soja: obtenção e avaliação da viabilidade econômica e financeira**. Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado técnico, 208, 2013a. 11p.

LIMA, J. R.; MODESTO, A. L. G.; COSTA, A. N.; GARRUTI, D. S.; PINTO, G. A. S.; MAGALHAES, H. C. R.; ARAUJO, I. M. S.; OLIVEIRA, L. M. V.; VASCONCELOS, N. M.; MESQUITA, W. S. **Desidratação da fibra de caju para utilização em produtos alimentícios**, Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 91. 2014. 23 p.

LIMA, J. R.; MODESTO, A. L. G.; GARRUTI, D. S.; FIRMINO, D. S.; ARAÚJO, I. M. S.; MORAES, I. V. M. **Elaboração de hambúrguer vegetal de fibra de caju e feijão-caupi. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical**, Comunicado técnico, 203. 2013b. 6p.

LIN, M. J. Y.; HUMBERT, E. S.; SOSULSKI, F. W. Certain functional properties of sunflower meal products. **Journal of Food Science**, v. 39, n. 2, p. 368-370, 1974.

LOPES, M. M. A. *et al.* Caracterização física de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce em diferentes estádios de maturação. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 914-920, 2011.

MAISNAM, D., *et al.* Recent advances in conventional drying of foods. **J. Food Technol. Preserv.** v. 1, n. 1, p.25–34, 2015.

MAPA-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 574, de 8/12/98. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária, [S. l.;s. n.],1998.

MARQUES, L. G.; SILVEIRA, A. M.; FREIRE, J. T.; Freeze-drying characteristics of tropical fruits. **Drying Technology**, v. 24, n.1-7, p. 457-463, 2006.

MACFIE, Halliday JH; HEDDERLEY, Duncan. Current practice in relating sensory perception to instrumental measurements. **Food quality and preference**, v. 4, n. 1-2, p. 41-49, 1993.

MATIAS, M. F. O.; OLIVEIRA, E. L.; GERTRUDES, E.; MAGALHÃES, M. M. A. Use of fibers obtained from cashew (*Anacardium occidentale*, L) and guava (*Psidium guayava*) fruits for enrichment of food products. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 48, p. 143-150, 2005.

MEDEIROS, M. J. M.; SILVA, J. F.; FAUSTINO, M. V. S.; SANTOS, M. F. G.; ROCHA, L. C. S.; CARNEIRO, L. C. Aceitação sensorial e qualidade microbiológica de trufas de caju obtidas artesanalmente. **Holos**, v. 2, p. 77-86, 2012.

MELONI, P. L. S. **Desidratação de frutas e hortaliças**. Fortaleza: Instituto Frutal, [S. l.; s. n.], 2003, 87p.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques (4th Edition)**. Boca Raton: CRC Press, 464 p. 2006.

MIRA, G. S.; GRAF, H.; CÂNDIDO, L. M. B. Visão retrospectiva em fibras alimentares com ênfase em beta-glucanas no tratamento do diabetes. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 45, n. 1, p. 12-20, 2009.

MORAES, I. V. M. **Aproveitamento industrial do pedúnculo de caju**. In: ARAÚJO, J. P. P. (Ed.). Agronegócio caju: práticas e inovações. Brasília, DF: Embrapa, 2013. Parte 5, cap. 2, p. 291-348.

MOUAT, M. J., PRINCE, R, M. M. Marking value out of ethics: The emerging economic geography of lab-grown meat and other animal-free food products. **Econ. Geography**, v. 95, n. 2, p.136-158, 2019.

MUJUMDAR, A. S. **Handbook of Industrial Drying**, 3a Ed., 2007, p. 4-31.

NORATTO, G. PORTER, W.; BYRNE, D.; CISNEROS-ZEVALLOS, L; Polyphenolics from peach (*Prunus persica* var. Rich Lady) inhibit tumor growth and metastasis of MDA-MB-435 breast cancer cells in vivo. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 7, p. 796-800, 2014.

OBOH, G.; ODEMILUYI, A. O.; AKINVEMI, A. J.; HENLE, T.; SALIU, J. A.; SCHWARZENBOLZ, U. Inhibitory effect of polyphenol-rich extracts of jute leaf (*Cochinchinella olitorius*) on key enzyme linked to type 2 diabetes (α -amylase and α glucosidase) and hypertension (angiotensin I converting) in vitro. **Journal of Functional Foods**, v. 4, n. 2, p. 450-45, 2012.

OKINO *et al.* Orange and mango by-products: agro-industrial waste as source of bioactive compounds and botanical versus commercial description - a review. **Food Reviews International**, v. 32, n. 1, p. 1–14, 2016.

OLIVEIRA, C. F. P.; MALTA, H. L.; JESUS, M. A. C. L.; CRUZ, R. S.; CARDOSO, F. S. N. Desenvolvimento, avaliação sensorial e físico-química de barra de cereal de caju. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 7, n. 1, 2013.

OLIVEIRA, J. E. D.; MARCHINI, J. S. **Ciências nutricionais**. São Paulo: Sarvier, 2^a ed. 2008. p.107-21.

OU, S.; KWOK, K. Ferulic acid: pharmaceutical functions, preparation and applications in foods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 84, n. 11, p. 1261-1269, 2004.

PAIVA, F. F. A.; GARRUTTI, D. S.; SILVA NETO, R. M. **Aproveitamento industrial do caju**. Embrapa Agroindústria Tropical-Documentos (INFOTECA-E), 2000.

PARK, K. J. B.; PARK, K. J.; ALONSO, L. F. T.; CORNEJO, F. E. P. Secagem: fundamentos e equações. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 16, n. 1, p. 93-127, 2014.

PAULA, L. D.; MARQUES, C. F.; CHAULD, S. G. Efeitos produzidos pela ingestão de fibras alimentares: solúveis e insolúveis em camundongos. **Rev. Ciência et Praxis**, v. 2, n. 3, p.55-60, 2009.

PEREIRA, L. G. R.; AZEVEDO, J. A. G.; PINA, D. S.; BRANDÃO, L. G. N.; ARAUHO, G. L.; VOLTOLINI, T. V. **Aproveitamento dos Coprodutos da Agroindústria Processadora de Suco e Polpa de Frutas para Alimentação de Ruminantes**. Petrolina: Embrapa Semi-Arido, 2009. (Documentos, 220).

Pew Commission on Industrial Farm Animal Production. **Putting Meat on the Table: Industrial Farm Animal Production in America**. 2008. Disponível em :https://www.pcifap.org/_images/PCIFAPSmry.pdf. acesso 15 jun 2021.

PINHO, L. X. Desidratação e aproveitamento de resíduo de pedúnculo de caju como adição de fibra na elaboração de hambúrguer. **Alimentos e Nutrição**, v. 22, n. 4, p. 571-576, 2012.

PROSAPIO, V.; NORTON, I. **Simultaneous application of ultrasounds and firming agents to improve the quality properties of osmotic of freeze-dried foods**. LWT, 96, p.402–410, 2018.

RAMOS, E. D.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologia**. Minas Gerais: Ed. UFV, [S. l.;s. n.], 2007. 599 p.

RATTI, C.; Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p.311-319, 2001.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICEEVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine**, New York, v. 26, n. 9-10, p. 1231-1237, 1999.

REYNALDO, D. S.; DA PENHA, M. P. Análise de produtos integrais de panificação com alegação de fonte de fibras. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 2, n. 2, p. 1483-1494, 2019.

ROCHA, M. V. P.; RODRIGUES, T. H. S.; MELO, V. M. M.; GONÇASLVES, L. R. B.; MACEDO, G. R. Cashew apple bagasse as a source of sugars for ethanol production by Kluyveromyces marxianus CE025. **Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology**, v. 38, n. 8, p. 1099–1107, 2011.

RUFINO, M. DO S. M.; PÉREZ-LIMÉNEZ, J.; TABERNO, M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; SAURA-CALIXTO, F. Acerola and cashew apple as sources of antioxidants and dietary fiber. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 45, n. 11, p. 2227–2233, 2010.

SANCHO, S. O.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; RODRIGUES, S.; SOUSA, P. H. M. Alterações químicas e físico-químicas no processamento de suco de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v.27, n.4, p. 878-882, 2007.

SIDALC, BDAGBAMB. Performance do Departamento de Economia Rural/DERAL e aspectos para o seu aperfeiçoamento [Brasil]. P. imprensa: Curitiba, PR (Brazil).2020. 37 p.

SANTANA, M.; SILVA, E. **Elaboração de biscoitos com resíduo da extração de suco de caju.** Embrapa Amazônia Oriental-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), [S. l.;s. n.], 2008.

SANTOS, C. T.; BONOMO, R. F.; CHAVES, M. A.; FONTAN, R. C. I.; BONOMO, P. Cinética e modelagem da secagem de carambola (*Averrhoa carambola L.*) em secador de bandeja. **Acta Scientiarum. Technol.**, v. 32, n. 3, p. 309-313, 2010.

SANTOS, E. **Tecnologia de aproveitamento do bagaço do caju.** Embrapa Agroindústria de Alimentos. 2004. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/17917696/tecnologia-aproveita-bagaco-do-caju>. Acesso em: 17 abr. 2022

SANTOS, M. L.; MACHADO, A. V.; ALVES, F. M. S.; COSTA, A. P. L. M. Estudo físico-químico de maçã desidratada em secador convectivo. **Rev. Verde**, v. 8, n. 1, p. 30 – 37, 2013.

SANTOS, N. C.; BARROS, S. L.; MELO, M. O. P.; ALMEIDA, R. L. J.; GOMES, J. P. **Elaboração e caracterização físico-química de farinha proveniente dos resíduos de abacaxi e de pedúnculo de caju.** In: IV congresso internacional das ciências agrárias, 4., 2019.

SCHMIDT, C. A. Análise bioquímica e qualidade da alimentação dos vegetarianos. In: III Seminário de Práticas em Educação e Saúde e II Simpósio da Clínica Universitária Regional de Educação e Saúde, Lajeado. **Anais**. Lajeado: Univates, 2013. 48p.

SEIBEL, N. F.; BELÉIA, A. D. P. **Carboidratos das fibras de cotilédones e proteínas de produtos derivados de soja (*Glycine max (L.) Merril*).** Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 28, n. 3, p. 607-613, 2008.

SERRANO, L. A. L.; PESSOA, P. F. A. P. **Aspectos econômicos da cultura do cajueiro.** In: Luiz Augusto Lopes Serrano. (Org.). Sistema de Produção do CAJU. 2ed. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2016.

SILVA, A. P. F.; SOUSA, A. P. M.; MACEDO, A. D. B.; DANTAS, D. L.; COSTA, J. D.; ALMEIDA, A. F.; SANTANA, R. A. C.; CAMPOS, A. R. N. Obtenção de produto farináceo a partir de resíduos agroindustriais por diferentes métodos de Secagem. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, e405997334, 2020.

SILVA, J. M. **Secagem de pedaços cúbicos de goiaba em Leito de Jorro.** Orientador: Odelsia Leonor Sánchez de Alsina. 2011. 110f. (Tese de Doutorado em Engenharia de Processos), Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande - Paraíba - Brasil, 2011.

SILVA, L.C. **Processamento de Alimentos.** Boletim Técnico. Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre, [S. l.;s. n.], 2006.

SILVA, N. C.; DUARTE, C. R.; BARROZO, M. A. Effects of dehydration methods on quality characteristics of yellow passion fruit co-products. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n.14, p. 4750–4759, 2017.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods Enzymology**, v.299, p.152 -178, 1999.

SIQUEIRA, A. M. de A.; BRITO, E. de S. **Aproveitamento do bagaço do caju para alimentação humana e utilização em outras indústrias de alimentos.** In: ARAÚJO, J. P. P. de. (Ed.). Agronegócio caju: práticas e inovações. Brasília, DF: Embrapa, parte 5, cap. 3, p. 349-362, 2013.

SOCIEDADE VEGETARIANA BRASILEIRA. **Fome e Dignidade Humana.** 2017. Disponível em: <https://www.svb.org.br/vegetarianismo1/dignidade-humana>. Acesso em: 10 jun. 2022.

SOSULSKI, F. W. **The centrifuge method for determining flour absorption in hard red spring wheats.** Cereal Chemistry, v. 39, p. 344-350, 1962.

SOUSA, K. A.; RESENDE, O.; CHAVES, T. H.; COSTA, L. M. Cinética de secagem do nabo forrageiro (*Raphanus sativus L.*). **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 883-892, 2011.

SWAIN, T.; HILLS, W. E. The phenolic constituents of *Punnus domestica*. I- quantitative analysis of phenolics constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 19, p.63-68, 1959.

Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA). Universidade de São Paulo (USP). Food Research Center (FoRC). Versão 7.1. São Paulo, 2020. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tbca>. Acesso em: 05 maio. 2021.

TATTINI JR, V.; PARRA, D. F.; DE MORAES PITOMBO, R. N. Influência da taxa de congelamento no comportamento físico-químico e estrutural durante a liofilização da albumina bovina. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 1, p. 127-136, 2006.

TOMAS-BARBERAN, F. A.; ESPIN, J. C. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 81, n. 9, p. 853-876, 2001.

VIEIRA, A. P.; NICOLETI, J. F.; TELIS, V. R. N. Liofilização de fatias de abacaxi: avaliação da cinética de secagem e da qualidade do produto. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 50-58, 2012.

VIEIRA, L. M.; SOUSA, M. S. B.; MANCINI-FILHO, J.; LIMA, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de polpas de frutos tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal – SP, v. 33, n. 3, p. 888-897, 2011.

WU, SHI-BIAO; LONG, C.; KENNELLY, E. J. Phytochemistry and health benefits of jaboticaba, an emerging fruit crop from Brazil. **Food Research International**, v. 54, p. 148-159, 2013.

YOUDIM, KA.; SHUKITT-HALE, B.; MACKINNON, S.; KALT, W.; JOSEPH, JA. Polyphenolics enhance red blood cell resistance to oxidative stress: in vitro and in vivo. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects**, v.1523, n.1, p. 117-122, 2000.

ZARO, Marcelo *et al.* Desperdício de alimentos: velhos hábitos, novos desafios. Caxias do Sul, RS: **Educs**, v. 417, [S. l.;s. n.], 2018.

ANEXO A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O Sr.(a) está sendo convidado(a) a participar como voluntário(a) em uma atividade do projeto de pesquisa “*Rotas tecnológicas aplicadas à produção de fibra de pedúnculo de caju para aplicação como “carne vegetal” em produtos alimentícios plant-based*”, sob a coordenação dos pesquisadores.....

O propósito do teste sensorial é avaliar a aceitação sensorial de produtos (croquetes) que foram elaborados com fibras provenientes de um dos processos industriais de tratamento e conservação da fibra de caju (FC) do estudo. Assim, lhe será solicitado comparecer ao Laboratório de Análise Sensorial, onde em cerca de 15 minutos realizará os testes sensoriais.

Você não será remunerado por esta atividade, porém contribuirá para a definição de processo para obtenção da fibra de caju. Sua participação não é obrigatória, e, a qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição. Ainda lhe será garantido o sigilo que assegure a privacidade da sua identidade, como também a confidencialidade de todos os resultados obtidos, os quais somente serão divulgados em relatórios e/ou artigos diretamente relacionados aos objetivos da pesquisa e pelos pesquisadores desse projeto.

O consumo deste produto não oferece riscos à saúde, contudo se ocorrer algum desconforto durante ou até 12 h após a análise você será encaminhado ao serviço público de saúde.

Após ter sido esclarecido(a) sobre as informações acima, no caso de concordar em fazer parte do estudo, por favor assinar ao final do documento. Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e endereço do pesquisador principal, podendo tirar dúvidas do projeto e de sua participação.

(Pesquisadora)

Eu, _____, declaro que li as informações contidas nesse documento, fui devidamente informados (a) pela pesquisadora -----sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o consentimento a qualquer momento, sem que isso leve a qualquer penalidade. Declaro ainda que recebi uma cópia desse Termo de Consentimento. Desse modo, concordo em participar, como voluntário, do projeto de pesquisa acima descrito.

Fortaleza/CE, ____ de _____ de _____,

Participante

(Responsável pelo teste)

ANEXO B – FICHA DA SENSORIAL DA FIBRA DO PEDÚNCULO DE CAJU

ANÁLISE SENSORIAL DE FIBRA DE PEDÚNCULO DO CAJU

P: _____

NOME: _____ DATA: _____

SESSÃO: _____

AMOSTRA: _____

Você está recebendo uma amostra de bagaço de pedúnculo de caju. Por favor, avalie a intensidade percebida para os descritores abaixo. Registre sua avaliação nas escalas abaixo, fazendo um traço vertical no local da escala que melhor representa a sua impressão. Para os descritores do aroma, destampe a taça e sinta o cheiro. Para os descritores do sabor, deguste um pouco do bagaço, mastigando um pouco e permanecendo com ele por 1,5 min na boca (não há necessidade de engolir).

Aroma característico de caju _____

Nenhum _____ Forte _____

Sabor característico de caju _____

Nenhum _____ Forte _____

Gosto Doce _____

Nenhum _____ Forte _____

Gosto Ácido _____

Nenhum _____ Forte _____

Adstringência _____

Nenhum _____ Forte _____

OBRIGADO!

ANÁLISE SENSORIAL DE FIBRA DE PEDÚNCULO DO CAJU

P: _____

NOME: _____ DATA: _____

SESSÃO: _____

AMOSTRA: _____

Você está recebendo uma amostra de bagaço de pedúnculo de caju. Por favor, avalie a intensidade percebida para os descritores abaixo. Registre sua avaliação nas escalas abaixo, fazendo um traço vertical no local da escala que melhor representa a sua impressão. Para os descritores do aroma, destampe a taça e sinta o cheiro. Para os descritores do sabor, deguste um pouco do bagaço, mastigando um pouco e permanecendo com ele por 1,5 min na boca (não há necessidade de engolir).

Aroma característico de caju _____

Nenhum _____ Forte _____

Sabor característico de caju _____

Nenhum _____ Forte _____

Gosto Doce _____

Nenhum _____ Forte _____

Gosto Ácido _____

Nenhum _____ Forte _____

Adstringência _____

Nenhum _____ Forte _____

ANEXO C- FICHA DA SENSORIAL DO CROQUETE

3ª AMOSTRA _____

1) ACEITAÇÃO SENSORIAL: Utilizando a escala hedônica, avalie a aceitação dos atributos abaixo, escrevendo o valor correspondente da escala.

ESCALA HEDÔNICA	ATRIBUTO	VALOR HEDÔNICO DE ACEITAÇÃO
 Desgostei muitoíssimo Desgostei muito Desgostei Desgostei pouco Nem gostei nem desgostei Gostei pouco Gostei Gostei muito Gostei muitoíssimo	a) Prove a amostra e indique o quanto você gostou ou desgostou da dessa amostra de uma maneira GLOBAL: b) Analisando apenas a APARÊNCIA EXTERNA, o quanto você gostou ou desgostou dela? c) Analisando a APARÊNCIA INTERNA, o quanto você gostou ou desgostou dela? d) E apenas o SABOR, o quanto você gostou ou desgostou? e) E avaliando apenas a TEXTURA, o quanto você gostou ou desgostou da textura dessa amostra ?	

2) DIAGNÓSTICO SENSORIAL: Por favor, avalie os descritores abaixo, indicando com um traço vertical, na escala não estruturada de 9 cm, a intensidade percebida para cada descritor na amostra. Para cada descritor foi utilizada uma escala ancorada nos seus extremos com termos descritivos que indica (nenhum/Pouco = 1 cm; forte/muito = 9 cm).

Sabor característico de caju	()	()	()	()	()	()	()	()	()	Forte
Gostos Ácido	()	()	()	()	()	()	()	()	()	Forte
Firmeza	()	()	()	()	()	()	()	()	()	Muito
Fibrosidade	()	()	()	()	()	()	()	()	()	Muito

3) TESTE DO IDEAL: Indique o quão IDEAL está a TEXTURA dessa amostra para você?

()	()	()	()	()
Firmeza muito acima do ideal	Firmeza acima do ideal	Firmeza Ideal	Firmeza um pouco abaixo do ideal	Firmeza muito abaixo do ideal

4) TESTE DE INTENÇÃO DE COMPRA: Indique sua atitude de compra, caso você encontrasse essa amostra disponível no mercado.

()	Certamente Compraria
()	Provavelmente Compraria
()	Talvez Comprasse/Talvez não Comprasse
()	Provavelmente não Compraria
()	Certamente não Compraria