



**UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E DE ALIMENTOS
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

Ana Luísa Schiessl Fabri

**DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS DE PASTAS COMERCIAIS DE
CASTANHA-DO-BRASIL (*Bertholletia excelsa*)**

Florianópolis
2022

Ana Luísa Schiessl Fabri

**DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS DE PASTAS COMERCIAIS DE
CASTANHA-DO-BRASIL (*Bertholletia excelsa*)**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em
Engenharia de Alimentos do Centro de Ciência e
Tecnologia da Universidade Federal de Santa Catarina
como requisito para a obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Alimentos

Orientador: Prof.^a Dr.^a Maria Manuela Camino Feltes

Coorientador: M.^a Maria Luiza Tonetto Silva

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Fabri, Ana Luísa Schiessl
DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS DE PASTAS
COMERCIAIS DE CASTANHA-DO-BRASIL (*Bertholletia excelsa*) /
Ana Luísa Schiessl Fabri ; orientador, Maria Manuela Camino
Feltes, coorientador, Maria Luíza Tonetto Silva, 2022.
57 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia de Alimentos, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia de Alimentos. 2. Pastas comerciais. 3.
Castanha-do-brasil. 4. Textura. 5. Sinérese. I. Feltes,
Maria Manuela Camino. II. Silva, Maria Luíza Tonetto. III.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Engenharia de Alimentos. IV. Título.

Ana Luísa Schiessl Fabri

**DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS DE PASTAS COMERCIAIS DE
CASTANHA-DO-BRASIL (*Bertholletia excelsa*)**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia de Alimentos” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia de Alimentos

Florianópolis, 22 de março de 2022.



Documento assinado digitalmente
Joao Borges Laurindo
Data: 05/04/2022 07:37:25-0300
CPF: 052.167.828-50
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. João Borges Laurindo
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
Maria Manuela Camino Feltes
Data: 05/04/2022 11:12:52-0300
CPF: 955.421.910-53
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof^a. Dr^a Maria Manuela Camino Feltes.
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Joao Borges Laurindo
Data: 05/04/2022 07:37:52-0300
CPF: 052.167.828-50
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. João Borges Laurindo
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Ricardo Lemos Monteiro
Data: 04/04/2022 17:59:04-0300
CPF: 014.616.830-50
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Dr. Ricardo Lemos Monteiro
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado à minha família, em especial a minha amada mãe e a minha avó Maria Cerly (*in memoriam*), que sempre foram exemplo de força e resiliência.

AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial a minha mãe Gilvani, meu pai Ailton e minha irmã Poliana, pelo incentivo e apoio durante todos esses anos na universidade, sem eles minha trajetória não seria possível.

Ao meu companheiro João, pelo suporte diário.

Aos meus amigos, com os quais compartilhei experiências, angústias e vitórias durante essa caminhada.

À minha orientadora Prof^a Maria Manuela e a minha coorientadora M.^a Maria Luiza, por todos os ensinamentos e dedicação durante a elaboração desse projeto.

Aos colegas do grupo de pesquisa, por toda experiência e conhecimentos compartilhados.

À Universidade Federal de Santa Catarina, e a todos os professores, que contribuíram para minha formação.

Aos laboratórios de Central de Análises, Propriedades Físicas de Alimentos (PROFI), de Biotecnologia Ambiental (e-Biotech) e de Controle de Processos de Polimerização (LCP), por serem sempre solícitos e estarem de portas abertas, possibilitando assim a realização desse trabalho experimental.

RESUMO

A castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) é um fruto nativo da Bacia Amazônica da América do Sul, sendo importante na geração de renda regional e na conservação da floresta Amazônica. A amêndoa de castanha-do-brasil possui propriedades funcionais devido à sua composição com alto teor de selenoaminoácidos, presença de fitoesteróis, tocoferol, esqualeno e compostos fenólicos. Além disso, é uma fonte energética muito rica em função do alto teor de lipídios o qual apresenta majoritariamente ácidos graxos insaturados. A pasta de castanha-do-brasil é um produto pouco explorado pela indústria brasileira e pode ser uma alternativa de geração de renda em comunidades locais. O presente estudo teve como objetivo caracterizar pastas comerciais quanto às propriedades físicas. Três pastas de castanha-do-brasil comercializadas e produzidas no Brasil foram selecionadas: uma delas continha em sua formulação castanha-do-brasil e outras oleaginosas, cacau, melado de cana e manteiga de cacau; outra possuía somente castanha-do-brasil em sua composição; e a última amostra continha castanha-do-brasil, açúcar, cacau e leite em pó. Os valores médios obtidos na avaliação dos parâmetros de textura, obtidos por análise instrumental, variaram entre -2,299 g.s e -39,769 g.s para adesividade, 8,505 g e 10,740 g para firmeza, 0,851 e 0,917 para coesividade, 87,686% a 90,216% para elasticidade e 8,330 e 9,370 para gomosidade, sendo observado um aumento da adesividade, firmeza e gomosidade; e diminuição da coesividade nas amostras com menores teores de gordura e com maiores teores de sólidos. As pastas apresentaram um comportamento reológico não newtoniano tipo pseudoplástico, com índice de comportamento de fluido (n) variando entre 0,144 a 0,774 e índice de consistência (K) entre 3,173 Pa.sⁿ a 53,977 Pa.sⁿ, onde as amostras com menores teores de gordura e com maiores teores de sólidos apresentaram os maiores valores de K. A separação de óleo (sinérese, determinada por centrifugação) acumulado variou entre 0% a 32,89% para a primeira semana e de 0% a 34,59% para a última semana, sendo observado um aumento na separação de óleo com o tempo. A atividade de água variou de 0,336 a 0,514, o que é favorável para conservação microbiológica e desfavorável para pró oxidação lipídica das amostras. Portanto, considera-se que a textura, viscosidade aparente e sinérese foram influenciadas pelo teor de lipídios, sólidos adicionados e gordura sólida entre os ingredientes da formulação. Este estudo teve contribuição para o conhecimento dos fatores que influenciam as propriedades físicas da pasta de castanha-do-brasil, auxiliando no desenvolvimento e aprimoramento de novos produtos.

Palavras-chave: Pastas comerciais. Castanha-do-brasil. Textura. Sinérese. Reologia.

ABSTRACT

The Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) is a native fruit of the Amazon Basin of South America, being important in the generation of regional income and in the conservation of the Amazon rainforest. The Brazil nut kernel has functional properties due to its composition with a high content of selenoamino acids, presence of phytosterols, tocopherol, squalene and phenolic compounds. In addition, it is a very rich energy source due to the high lipid content, which has mostly unsaturated fatty acids. The Brazil nut paste is a product little explored by the Brazilian industry and can be an alternative to generate income in local communities. The present study aimed to characterize commercial pulps in terms of physical properties. Three Brazil nut pastes marketed and produced in Brazil were selected: one of them contained Brazil nut and other oilseeds, cocoa, cane molasses and cocoa butter in its formulation; another had only Brazil nuts in its composition; and the last sample contained Brazil nuts, sugar, cocoa and powdered milk. The average values obtained in the evaluation of texture parameters, obtained by instrumental analysis, varied between -2.299 gs and -39.769 gs for adhesiveness, 8.505 g and 10.740 g for firmness, 0.851 and 0.917 for cohesiveness, 87.686% to 90.216% for elasticity and 8.330 and 9.370 for gumminess, with an increase in adhesiveness, firmness and gumminess being observed; and decreased cohesiveness in samples with lower fat contents and higher solids contents. The pastes showed a non-Newtonian pseudoplastic rheological behavior, with a fluid behavior index (n) ranging from 0.144 to 0.774 and a consistency index (K) from 3.173 Pa.sⁿ to 53.977 Pa.sⁿ, where samples with lower levels of fat and with higher solids contents had the highest K values. The accumulated oil separation (syneresis, determined by centrifugation) ranged from 0% to 32.89% for the first week and from 0% to 34.59% for the second week. last week, with an increase in oil separation observed with time. The water activity ranged from 0.336 to 0.514, which is favorable for microbiological conservation and unfavorable for lipid pro-oxidation of the samples. Therefore, it is considered that the texture, apparent viscosity and syneresis were influenced by the content of lipids, added solids and solid fat among the formulation ingredients. This study contributed to the knowledge of the factors that influence the physical properties of Brazil nut paste, helping in the development and improvement of new products.

Keywords: Commercial Spreads. Brazil nut. Texture. Syneresis. Rheology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – (2A) Ouriços de castanha-do-brasil, amontoados na floresta; (2B) Ouriço em detalhe; (2C) Ouriço aberto, mostrando casca espessa e organização interna das sementes.	19
Figura 2 – Curva típica de uma análise de perfil de textura (TPA) em um Texturômetro G.F	22
Figura 3 – Classificação do comportamento reológico de fluidos.	25
Figura 4 – Reogramas típicos de vários tipos de fluidos com comportamento reológico independente do tempo.	25
Figura 5 – Velocidade relativa de reações em função da atividade de água.	30
Figura 6 – Textura dos alimentos de acordo com a atividade de água.	31
Figura 7 – Aspecto das amostras A (1-A), B (2-B) e C (3-C) de pastas comerciais de castanha-do-brasil	35
Figura 8 – Viscosidade aparente (Pa.s) em função da taxa de cisalhamento (1/s).	38
Figura 9 – Curva de fluxo, tensão de cisalhamento (Pa) em função da taxa de cisalhamento (1/s).	39
Figura 10 – (A e B) Representação gráfica da taxa de óleo liberado em função da rotação. Separação de óleo das amostras de pasta de castanha-do-brasil A (1-A), B (2-B) e C (3-C).	41

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1 – Estudos da literatura para a avaliação do perfil de textura de pastas à base de sementes oleaginosas, em texturômetro. 23
- Quadro 2 – Propriedades reológicas de pastas ou manteiga de frutos e sementes oleaginosos. 27
- Quadro 3 – Lista de ingredientes, teor de lipídios (%) e prazo de validade das três marcas comerciais de pastas à base de castanha-do-brasil. 32

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Resultados da análise de textura instrumental de pastas comerciais à base de castanha-do-brasil ($n = 3$) *. 35
- Tabela 2 – Parâmetros reológicos e estatísticos do modelo da Lei da Potência para as amostras de pasta de castanha-do-brasil. 39
- Tabela 3 – Atividade de água de pastas comerciais à base de castanha-do-brasil ($n = 3$). 43
- Tabela 4 – Avaliação da sinérese das amostras de pastas comerciais à base de castanha-do-brasil, mediante a determinação do teor de óleo liberado (%) das mesmas em centrífuga (3000, 9000 e 15000 g), à temperatura de 10 °C. Medição realizada em três semanas consecutivas, e as demais com espaçamento de uma semana ($n = 3$) *. 51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA – Análise de variância

ANVISA – Agência de Vigilância Sanitária

a_w – Atividade de água

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Eq. – Equação

FAO – Food and Agricultural Organization

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

TPA – Perfil de Textura

LISTA DE SÍMBOLOS

n - Índice de comportamento do fluido (adimensional)

η - Viscosidade (Pa.s)

η_{ap} - Viscosidade aparente (Pa.s)

K - Índice de consistência (Pa.sⁿ)

τ - Tensão de cisalhamento (Pa)

$\dot{\gamma}$ - Taxa de deformação (s⁻¹)

%RH - Umidade relativa

p - Pressão de vapor de água de um alimento

p_o - Pressão de vapor da água pura

R^2 - Coeficiente de determinação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo Geral	17
2.1.1	Objetivos Específicos	17
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1	CASTANHA-DO-BRASIL	18
3.2	PASTAS À BASE DE FRUTOS E/OU SEMENTES OLEAGINOSOS.....	19
3.3	TEXTURA DE PASTAS À BASE DE SEMENTES OLEAGINOSAS	21
3.4	VISCOSIDADE DE PASTAS DE SEMENTES OLEAGINOSAS	24
3.5	SINÉRESE DE PASTAS DE SEMENTES OLEAGINOSAS	27
3.6	ATIVIDADE DE ÁGUA DE PASTAS DE SEMENTES OLEAGINOSAS	29
4	MATERIAL E MÉTODOS	32
4.1	MATERIAL.....	32
4.2	MÉTODOS	32
4.2.1	Análise de textura	32
4.2.2	Análise reológica	33
4.2.3	Avaliação da sinérese por centrifugação	33
4.2.4	Determinação da atividade de água	34
4.2.5	Análise Estatística.....	34
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5.1	ATRIBUTOS DE TEXTURA FÍSICAS	35
5.2	ANÁLISE REOLÓGICA	38
5.3	SINÉRESE POR CENTRIFUGAÇÃO	40
5.4	ATIVIDADE DE ÁGUA	43
6	CONCLUSÃO.....	45
	REFERÊNCIAS	46
	APÊNDICE A	51

DIAGRAMA CONCEITUAL DO TRABALHO

Trabalho de Conclusão de Curso - Ana Luísa Schiessl Fabri
O QUE? <ul style="list-style-type: none">• Caracterizar amostras comerciais de pasta de castanhas quanto a seus aspectos físicos, avaliando a textura, a viscosidade, a sinérese e a atividade de água;• Relacionar as propriedades das pastas com os ingredientes usados na formulação destes produtos.
POR QUÊ? <ul style="list-style-type: none">• A castanha-do-brasil é um fruto da biodiversidade brasileira com alegações de propriedades funcionais, devido à sua composição com alto teor de selenoaminoácidos, presença de fitoesteróis, tocoferol, esqualeno, compostos fenólicos. Além disso, é uma fonte energética em função do alto teor de lipídios, os quais apresentam majoritariamente ácidos graxos insaturados;• Fatores como teor de lipídios e adição de outros ingredientes na formulação de pastas podem influenciar nas propriedades físicas do produto;• “Pastas de castanha-do-brasil” ainda não são comuns no mercado e faltam dados sobre as propriedades físicas dos produtos comercializados. Assim, é necessário estudar e conhecer as propriedades dos produtos disponíveis, hoje, no mercado brasileiro, para contribuir, por exemplo, com o desenvolvimento e o aperfeiçoamento de formulações de pasta de castanha-do-brasil com características físicas adequadas.• Não foram encontrados dados sobre o comportamento reológico de pastas de castanha-do-brasil.
O QUE JÁ EXISTE? <ul style="list-style-type: none">• Caracterização física (textura, viscosidade, sinérese e atividade de água) de pastas e manteigas comerciais de oleaginosas como pistache, amendoim, castanha de caju, noz pecã, gergelim, entre outras.• Caracterização física (composição centesimal, textura, sinérese e atividade de água) de pasta de castanha-do-brasil e pasta de noz pecã.
HIPÓTESES DO ESTUDO <ul style="list-style-type: none">• Variações de firmeza, adesividade, coesividade, elasticidade e gomosidade podem ser observadas em função do teor de lipídios e da atividade de água das pastas;• As pastas podem apresentar atividade de água intermediária, o que poderá conferir estabilidade microbiológica e acelerar a oxidação das amostras;• As pastas podem apresentar maior sinérese em formulações sem emulsificante;• Estes produtos podem apresentar característica reológica de fluido não newtoniano pseudoplástico;
CONTRIBUIÇÕES DO PRESENTE ESTUDO <ul style="list-style-type: none">• O presente estudo visa contribuir com o conhecimento sobre as características físicas de pasta de castanha-do-brasil, sendo útil para comparação com novos produtos a serem desenvolvidos, além de servir como fonte de informação para desenvolvimento de projetos de produção industrial de pasta de castanha-do-brasil.

1 INTRODUÇÃO

A castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) é um fruto da biodiversidade brasileira, fonte de compostos com atividade antioxidante como fitoesteróis, tocoferol, esqualeno, compostos fenólicos e selênio, todos relacionados a potenciais benefícios à saúde, como auxílio na prevenção de doenças cardiovasculares e câncer. As propriedades funcionais da castanha-do-brasil decorrem da sua capacidade antioxidante e de regulação de hormônios, sendo que o selênio e a vitamina E são os compostos de maior atuação (YANG, 2009). Também, a castanha-do-brasil é uma excelente fonte energética em função de seu teor lipídico, o qual, adicionalmente, é caracterizado por uma alta concentração do ácido graxo monoinsaturado oleico e do ácido graxo essencial polinsaturado linoleico. Ainda, contém proteínas ricas em aminoácidos sulfurados (SOUZA, JOANA MARIA LEITE DE, 2013; FERREIRA *et al*, 2006).

Em busca de produtos mais saudáveis, os consumidores têm se mostrado interessados em pastas de origem vegetal, como pastas de nozes e castanhas (OLALEYE; ORESANYA; BELLO, 2021). O consumo de pastas introduz ou aumenta o consumo destas oleaginosas na dieta e torna refeições, como o café da manhã e lanches, mais saudáveis, desde que a ingestão seja feita dentro de uma dieta equilibrada e que esteja associada a hábitos de vida saudáveis (SHAKERARDEKANI *et al.*, 2013). Assim, o desenvolvimento de produtos à base de sementes oleaginosas, com ou sem sabores adicionados, pode ser de grande interesse comercial, principalmente para agroindústrias que buscam agregar valor às suas castanhas beneficiadas, alavancando, assim, a economia e a produção regional.

O conhecimento das características físicas do produto, como viscosidade, textura, atividade de água e sinérese, são de extrema importância, uma vez que são parâmetros extremamente necessários para as etapas do desenvolvimento de um processo produtivo, como o dimensionamento de equipamentos, o melhoramento de produto, a avaliação da vida-de-prateleira, a influência na intenção de compra do consumidor, dentre outros (GLICERINA *et al*, 2013; ROZALLI; CHIN; YUSOF, 2015). Características como o alto teor de lipídios e tamanho das partículas afetam a qualidade do produto final em seus aspectos físicos supracitados (PAZ-YÉPEZ *et al*, 2019).

Totlani e Chinnan (2007) avaliaram o efeito dos níveis de estabilizantes na textura e viscosidade aparente de manteiga de amendoim e concluíram que este é um fator significativo que afeta a consistência das amostras. Semelhante a isso, Shakerardekani *et al.* (2013) observaram que a adição de monoacilglicerídeos como um dos emulsificantes lipofílicos

influenciou significativamente as propriedades físicas, físico-químicas e reológicas de pastas de pistache. Já Wagener e Kerr (2017) avaliaram os efeitos do teor de óleo em pastas de noz pecã e observaram que o aumento do teor de óleo diminui a viscosidade aparente das pastas e reduz exponencialmente a firmeza das amostras. Destaca-se também estudo de Glicerina *et al.* (2013), que analisaram cremes de nozes desenvolvidos com variações de tipos e quantidades de gorduras. Estes autores observaram que a qualidade e a estabilidade reológica dos cremes são afetadas por essas variáveis, sendo que um dos resultados apontou que uma maior quantidade de gordura hidrogenada levou a maiores valores de índice de consistência e maior valores de parâmetros texturais. Cabe mencionar que é fundamental priorizar o desenvolvimento de formulações que tenham baixo teor de ácidos graxos saturados e *trans*, razão pela qual o uso de gordura parcialmente hidrogenada deve ser evitado. Por fim, Çiftçi *et al.* (2008) observaram que menores tamanhos de partícula afetam positivamente a estabilidade coloidal da pasta de gergelim, além de aumentar a tendência do caráter elástico para viscoso da pasta.

O produto “pasta de castanha-do-brasil” ainda não é presente no mercado de forma massiva, sendo que pastas à base de diversas outras oleaginosas como castanha de caju, amendoim, amêndoas, avelã e pistache são comercializadas com mais frequência. Isso pode decorrer dos altos teores de selênio na castanha-do-brasil, que se ingerido em excesso pode causar intoxicação (FABRI, ZENIN, FELTES, 2022), como também da falta de incentivo aos produtores locais. Porém, uma formulação correta, com mistura de ingredientes, pode prevenir problemas relacionados a intoxicação por selênio em pastas dessa oleaginosa. Assim, é necessário estudar e conhecer as propriedades físicas das opções disponíveis hoje no mercado brasileiro, para contribuir com mais conhecimento científico nesta área, visando desenvolver produtos com características adequadas (alta espalhabilidade e coesão, firmes o suficiente para manter a forma e boa palatabilidade) e projetar plantas adequadas a este tipo de alimento.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar amostras comerciais de pasta de castanha-do-brasil quanto às suas propriedades físicas, avaliando a textura, a viscosidade, a sinérese e a atividade de água.

2.1.1 Objetivos Específicos

- Avaliar o perfil de textura das pastas (adesividade, firmeza, coesividade, elasticidade e gomosidade), relacionando as observações com a formulação das amostras;
- Caracterizar o comportamento reológico das amostras;
- Avaliar a separação de óleo (sinérese), relacionando os resultados com a composição das mesmas e prevendo seu comportamento durante o armazenamento.
- Determinar a atividade de água das amostras, para prever a estabilidade das pastas durante o armazenamento.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CASTANHA-DO-BRASIL

A castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), assim denominada a partir do decreto lei nº 51209 de 18 de setembro de 1961 para efeito de comércio exterior (SANTOS, O. V., 2012), também conhecida como castanha-do-pará e castanha-da-amazônia, é produzida por uma grande árvore da floresta tropical da família Lecythidaceae que cresce em toda a Bacia Amazônica da América do Sul. O Brasil é um dos produtores mundiais desse fruto, com uma safra média de 35 mil toneladas e uma área plantada de 300 milhões de hectares na Amazônia brasileira. O ouriço, como é chamado o fruto, representado na Figura 1, é esférico e possui uma casca muito dura. Em seu interior, normalmente são encontradas de 8 a 26 sementes que permanecem dentro do fruto até serem extraídas por humanos ou animais; a amêndoa é branca e coberta com película marrom escura (SOUZA, JOANA MARIA LEITE DE, 2013; KAINER; WADT; STAUDHAMMER, 2007; SANTOS, ORQUÍDEA VASCONCELOS DOS, 2012).

Em 2018 e 2019, a extração de castanha-do-brasil em território nacional foi respectivamente de 34 mil e 33 mil toneladas aproximadamente (IBGE, 2020). O Brasil chegou a ocupar o terceiro lugar no *ranking* de exportação de castanha-do-brasil em 2018, com um total de 4,9 mil toneladas exportadas. Já em 2019, ocupou a sexta posição, com aproximadamente 1,2 mil toneladas exportadas. O maior exportador de castanha-do-brasil é a Bolívia, com uma exportação de aproximadamente 25 e 22 mil toneladas nos anos de 2018 e 2019, respectivamente (FAO, 2021).

A castanha-do-brasil é amplamente reconhecida como a pedra angular da economia extrativa amazônica. A produção desta oleaginosa é um componente chave na geração de renda regional e conservação da Amazônia (KAINER; WADT; STAUDHAMMER, 2007).

Figura 1– (2A) Ouriços de castanha-do-brasil, amontoados na floresta; (2B) Ouriço em detalhe; (2C) Ouriço aberto, mostrando casca espessa e organização interna das sementes.



Fonte: Souza, Joana Maria Leite de (2013)

A amêndoa de castanha-do-brasil é classificada como oleaginosa em função de seu elevado teor de óleo (60 a 70%), o qual apresenta majoritariamente ácidos graxos insaturados, entre eles o ácido oleico (ômega-9) e linoleico (ômega-6), sendo este essencial na vida adulta. Também possui um alto teor proteico (15 a 20%) (SOUZA, JOANA MARIA LEITE DE, 2013; FERREIRA *et al*, 2006; SANTOS *et al.*, 2013). Ainda, é uma das principais fontes de selênio, encontrado nas castanhas na forma predominante de selenoaminoácidos, principalmente selenometionina. Este é um mineral essencial para várias vias metabólicas, com função imunológica, atuação na prevenção de risco de câncer e distúrbios da tireoide; proteção de neurônios, músculos esqueléticos e cardíacos (MOREDA-PIÑEIRO *et al.*, 2018; SANTIAGO, SOUZA, 2020). O selênio participa das enzimas antioxidantes, as selenodeiodinases, como a glutathione peroxidase, a selenoproteína P e a tirosina redutase; e, quando combinado com a vitamina E, torna-se um dos antioxidantes orgânicos mais importantes (SANTOS *et al.*, 2013). Porém, o consumo em excesso de selênio pode causar uma intoxicação denominada selenose. Na castanha-do-brasil o mineral se encontra principalmente na forma orgânica selenometionina (SeMet), sendo que esta é uma das formas mais biodisponíveis e menos tóxicas em comparação com as formas inorgânicas do mineral (FABRI, ZENIN, FELTES, 2022). Com isso, a castanha-do-brasil torna-se uma matéria-prima em potencial para o desenvolvimento de novos produtos visando uma maior inserção na dieta, contribuindo para a manutenção da saúde do consumidor.

3.2 PASTAS À BASE DE FRUTOS E/OU SEMENTES OLEAGINOSOS

Produtos como cremes, pastas e manteiga de oleaginosas são matrizes complexas apresentadas na forma de suspensão coloidal, onde partículas sólidas da oleaginosa estão envoltas no óleo da mesma (ROZALLI; CHIN; YUSOF, 2015). As “manteigas” devem conter no mínimo 90% de nozes ou outras oleaginosas na composição, enquanto os produtos classificados como “pastas” ou “spreads” são produzidos com no mínimo 40% desses ingredientes (SHAKERARDEKANI *et al.*, 2013; OLALEYE; ORESANYA; BELLO, 2021). Já os cremes de nozes podem ser definidos como um sistema complexo formado por diferentes partículas sólidas (açúcar, cacau em pó, soro de leite, leite em pó, nozes, etc.) dispersas em um fluido contínuo (óleo) (GLICERINA *et al.*, 2013).

Atualmente, preocupações com a saúde, como doenças cardiovasculares, diabetes, alto colesterol, têm levado à busca por opções de alimentos mais interessantes dos pontos de vista nutricional e bioativo. Neste sentido, produtos pastosos contendo frutas, avelãs, amêndoas, nozes, amendoins, chocolate têm sido desenvolvidos e recebido ampla aceitação globalmente (OLALEYE; ORESANYA; BELLO, 2021). O desenvolvimento de pastas de matrizes oleaginosas pode aumentar potencialmente o consumo de nozes e castanhas, introduzir opções saudáveis aos consumidores (como no café da manhã) e ser uma alternativa para substituir produtos de origem animal, por exemplo (SHAKERARDEKANI *et al.*, 2013)

Basicamente, o processo de obtenção de pastas de semente oleaginosas envolve as operações unitárias de moagem e mistura com outros ingredientes como açúcar, emulsificantes, estabilizantes e antioxidantes. Com a fabricação da pasta, é possível aproveitar castanhas quebradas no processo de beneficiamento que geralmente não são destinadas para comercialização *in natura* (LIMA; BRUNO, 2007)

Diferenças nas técnicas de moagem, na formulação (presença de aditivos como emulsificantes ou antioxidantes, uso de óleos ou gorduras de diferentes origens, incluindo gorduras hidrogenadas), na composição (teor de óleo), no tamanho das partículas, afetam as características físicas do produto, como textura, viscosidade, sinérese e atividade de água (ROZALLI; CHIN; YUSOF, 2015; SHAKERARDEKANI *et al.*, 2013; WAGENER, KERR, 2017)

Diversos autores têm investigado as características físicas de pastas de oleaginosas. Em estudo anterior feito no grupo de pesquisa, Pereira *et al.*, (2019) caracterizaram pastas comerciais de castanha-do-brasil e noz pecã, determinando a composição físico-química, os aspectos de textura, o teor de óleo separado e a atividade de água das amostras. Glicerina *et al.* (2013) avaliaram aspectos texturais, o comportamento reológico e a cor de amostras de creme

de nozes frente às mudanças no tipo e teor de gorduras acrescentadas na formulação. Wagener e Kerr (2017), semelhantemente, avaliaram atributos de textura, viscosidade e cor, fizeram medições reológicas dinâmicas e avaliação sensorial de amostras de pasta de pistache com diferentes teores de gordura. Shakerardekani *et al.* (2013) determinaram as propriedades reológicas frente à adição de monoacilglicerídeos em pasta de pistache. Totlani e Chinnan (2007), além de avaliarem aspectos texturais, também determinaram a viscosidade aparente de pastas de manteigas de amendoim adicionadas com diferentes concentrações de estabilizante. Çiftçi *et al.* (2008) determinaram o tamanho de partícula e a estabilidade coloidal, fizeram análises reológicas e de cor de pastas de gergelim.

3.3 TEXTURA DE PASTAS À BASE DE SEMENTES OLEAGINOSAS

A textura dos alimentos, assim como outros atributos sensoriais, é determinante para a aceitabilidade e a decisão de compra do consumidor (SHAKERARDEKANI *et al.*, 2013). A aceitação com base na textura está relacionada com características do público, como fatores fisiológicos, idade e cultura, com a expectativa formada pelo mesmo, baseada em uma imagem passada pelo alimento ou em produtos similares (SZCZESNIAK, 2002).

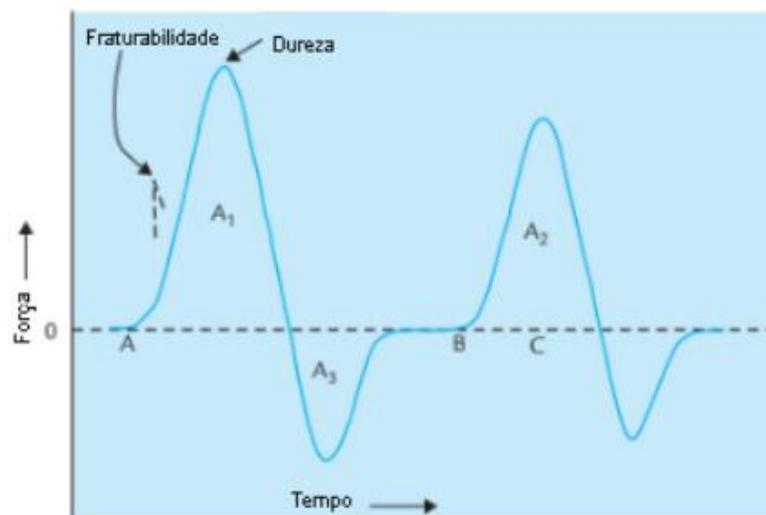
A textura é o conjunto de propriedades físicas de um alimento percebidas pelos receptores mecânicos, principalmente táteis, mas também auditivos e visuais, que se manifesta através de uma deformação. As propriedades da textura podem ser classificadas em três categorias: mecânica, geométrica e de composição, que, por sua vez, podem ser subdivididas em primárias e secundárias (TEIXEIRA, 2009).

Alguma de propriedades primárias da textura são a dureza, tida fisicamente como a força necessária para deformar o alimento; a adesividade, sendo o trabalho necessário para vencer as forças de atração entre a superfície do alimento e a superfície dos outros materiais com que o alimento entra em contato; a coesividade, como a força que pode deformar um material antes de romper; a elasticidade, taxa na qual um material deformado regressa a sua condição inicial depois de retirar a força deformante; viscosidade, taxa de fluxo por unidade de força (TEIXEIRA, 2009); e a espalhabilidade, indicada pelo trabalho de cisalhamento (WAGENER; KERR, 2017), que reflete a quantidade de trabalho necessário para comprimir e extrudar amostras entre duas superfícies. Ainda, entre as propriedades secundárias de textura, estão a mastigabilidade, sendo a energia necessária para mastigar um alimento sólido a um estado pronto para engolir; a fragilidade, mensurada pela força com a qual um material se

quebra; e por fim, a goma, como a energia necessária para desintegrar um alimento semissólido até que esteja pronto para engolir (SZCZESNIAK, 2002).

A textura pode ser avaliada sensorialmente ou de forma instrumental (PAULA; CONTI-SILVA, 2014), porém, como é uma propriedade sensorial, as técnicas analíticas podem apenas quantificar alguns parâmetros físicos, mas esses devem ser interpretados em termos sensoriais. A classificação de termos texturais levou ao desenvolvimento de um método de descrição de textura (TPA), que fornece resultados com ótimas correlações entre avaliações instrumentais e sensoriais (SZCZESNIAK, 2002). Este teste tem como princípio imitar a ação de mastigação humana através de uma alta compressão da amostra em um texturômetro, gerando uma curva TPA típica (Figura 2) (BOURNE, 2002).

Figura 2– Curva típica de uma análise de perfil de textura (TPA) em um Texturômetro G.F



Fonte: Adaptado de Bourne (2002)

Segundo Bourne (2002), a altura do primeiro pico de força representa o que seria a primeira mordida, e é definida como dureza, sendo que “A” é o início da primeira compressão e “B” é o início da segunda compressão. Fraturabilidade, ou fragilidade, é definida como a força da quebra significativa na curva do primeiro pico (apresentada com uma linha tracejada). A coesão, “ A_2/A_1 ”, é definida como a razão entre a área positiva abaixo do primeiro e segundo pico de força, e a adesividade é definida como o trabalho necessário para deslocar o êmbolo de compressão (*probe*) para longe do contato com a amostra, e é então representada pela área da parte negativa, “ A_3 ”, do primeiro pico. A elasticidade é tida como a recuperação da amostra no período de intervalo entre os picos de força, é verificada no gráfico entre o final do primeiro pico (primeira mordida) e o início do segundo pico (segunda mordida), dada pela área BC. Já a

gomosidade, é definida como a energia para desintegrar um semissólido, e é dada pelo produto da dureza e coesividade, e a mastigabilidade, seria a energia necessária para mastigar um sólido, sendo o produto da elasticidade com a gomosidade.

Segundo Szczesniak (1995), relatórios de avaliações de TPA não devem conter resultados de mastigação e gomosidade para a mesma amostra, uma vez que a viscosidade e a mastigabilidade são mutuamente exclusivas. Equipamentos como o Instron, TA.XT2 Texture Analyzer e alguns outros, foram adaptados para realizar uma análise de perfil de textura modificada (BOURNE, 2002). A textura de soluções coloidais, como pastas e cremes de oleaginosas, é um dos principais fatores da aceitabilidade e por isso é muito investigada em produtos como manteigas, pastas e cremes de frutos e sementes oleaginosos.

No Quadro 1, é possível observar estudos da literatura em que foi feita a avaliação do perfil de textura de amostras de pastas de diferentes oleaginosas, incluindo estudos desenvolvidos em nosso grupo de pesquisa.

Quadro 1– Estudos da literatura para a avaliação do perfil de textura de pastas à base de sementes oleaginosas, em texturômetro.

Produto	Equipamento de análise	Propriedades texturais avaliadas	Principais resultados dos atributos texturais	Referência
Manteiga de Noz Pecã	Texturômetro TA-XT2i equipado com um equipamento de espalhabilidade HDP-SR <i>Probe: Cone</i>	Firmeza Espalhabilidade Adesividade	Firmeza aumentou, enquanto que a espalhabilidade reduziu com a redução do teor de óleo.	Wagner e Kerr (2017)
Creme de Nozes	Texturômetro TA.HDi 500 <i>Probe: Disco (35 mm)</i>	Firmeza Consistência Coesividade Índice de viscosidade	Maiores valores de consistência, firmeza e coesão foram observados para amostras com maiores teores de Gordura hidrogenada	Glicerina <i>et al.</i> (2013)
Pasta de Pistache	Texturômetro TA-XT2i <i>Probe: cone de espalhabilidade (P/45C)</i>	Espalhabilidade Consistência	A adição de monoacilglicerídeos diminuiu a espalhabilidade e aumentou a consistência das amostras	Shakerardekani <i>et al.</i> (2013)
Manteiga de Amendoim	Instron Universal Testing, modelo 5544, equipado com célula de carga de 10 N. <i>Probe: Cone</i>	Firmeza	A adição de estabilizantes aumentou a firmeza das amostras.	Totlani e Chinnan (2007)

Continua

Cont. Quadro 1

Creme de castanha-do-brasil e noz pecã	Texturômetro TA-XT plus Texture Analyser <i>Probe: Back Extrusion Rig,</i>	Adesividade Firmeza Espalhabilidade	O aumento do teor de torta de castanha aumentou a firmeza, a espalhabilidade e a adesividade das amostras.	Patente de Silva <i>et al.</i> (2021)
Pastas à base de castanha-do-brasil e/ou noz pecã	Texturômetro TA-XT plus Texture Analyser <i>Probe: Back Extrusion Rig,</i>	Adesividade Firmeza Espalhabilidade	A textura foi influenciada pelo teor de óleo. O uso de emulsificante favoreceu a firmeza, a adesividade e a espalhabilidade.	Pereira <i>et al.</i> (2019)

Fonte: Próprio autor (2022)

3.4 VISCOSIDADE DE PASTAS DE SEMENTES OLEAGINOSAS

As características reológicas de um fluido, como a viscosidade, influenciam em todas as etapas de desenvolvimento de um produto, na formulação, no desenvolvimento de processos industriais, uma vez que são parâmetros no dimensionamento de equipamentos, como bombas, tubulações e misturadores, e também nas etapas de transporte e armazenamento (GLICERINA *et al.*, 2013; ROZALLI, CHIN, YUSOF, 2015).

A reologia estuda a forma de escoamento de materiais submetidos à aplicação de uma determinada tensão ou deformação. Para líquidos, a viscosidade é a propriedade mais importante, uma vez que caracteriza sua resistência ao escoamento (TONELI; MURR; PARK, 2005).

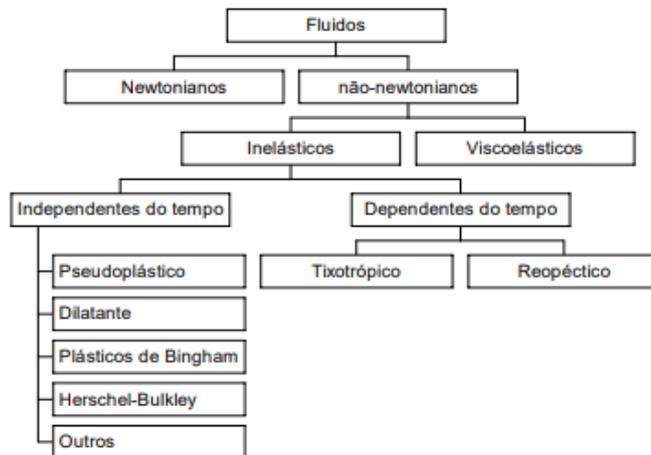
A viscosidade é caracterizada como newtoniana quando a força de cisalhamento por unidade de área, τ , entre dois planos paralelos de líquido em movimento relativo, for proporcional ao gradiente de velocidade dv/dx entre os planos, ou seja, apresentando uma relação linear, como mostra a Equação 1, onde η é o coeficiente de viscosidade.

$$\tau = \eta \frac{dv}{dx} \quad (\text{Eq. 1})$$

Quando há um desvio desse comportamento, então o fluido é chamado não-newtoniano (SHAW, DUNCAN JAMES, 1975) e a viscosidade é chamada de viscosidade aparente η_a . Os fluidos não-newtonianos são diferenciados, quanto a sua dependência com o tempo, e subdiferenciados pela forma como a viscosidade aparente varia com a taxa de deformação, como mostra a Figura 3. Em fluidos dilatantes, a viscosidade aumenta com o

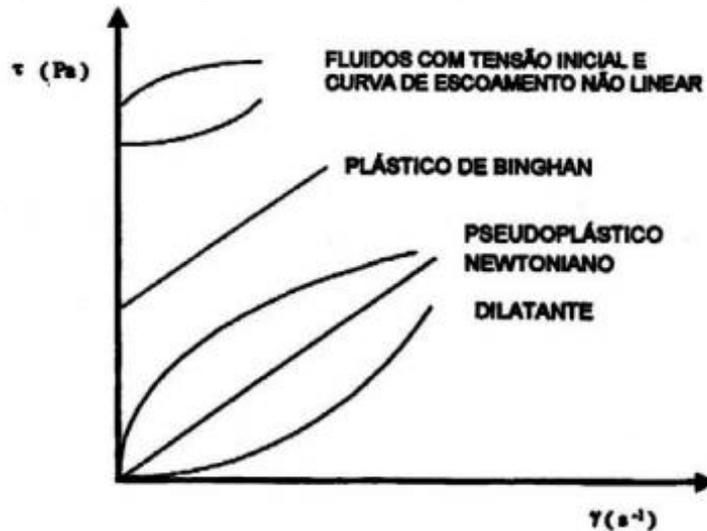
aumento da taxa de deformação; já nos pseudoplásticos, a viscosidade diminui à medida que a taxa de deformação aumenta. Em alguns casos, o fluido segue um comportamento newtoniano, como mostra a Figura 4 (onde τ (Pa.) é a tensão de cisalhamento, e $\dot{\gamma}$ (s^{-1}) é a taxa de cisalhamento) mas necessita de uma tensão inicial para escoar, caso em que podem ser caracterizados como plástico de Bingham (TONELI; MURR; PARK, 2005).

Figura 3 – Classificação do comportamento reológico de fluidos.



Fonte: Toneli *et al.* (2005)

Figura 4– Reogramas típicos de vários tipos de fluidos com comportamento reológico independente do tempo.



Fonte: Toneli *et al.* (2005).

Um estudo reportado na literatura indicou que as propriedades reológicas de manteiga de noz pecã dependem do teor de lipídios, sendo que a retirada do óleo tende a provocar um

aumento na viscosidade das amostras. Manteigas com teor de óleo superior a 65% apresentaram baixa viscosidade e um comportamento do tipo plástico de Bingham, enquanto que amostras com teores em torno de 50 a 55% de lipídios apresentaram uma alta viscosidade e o comportamento do tipo não newtoniano pseudoplástico (WAGENER E KERR, 2017). Cremes produzidos com nozes e outros ingredientes também apresentaram comportamento de pseudoplasticidade, sendo possível essa caracterização através do ajuste dos dados à Lei da potência (Equação 2). Ao aplicarem uma tensão de cisalhamento, τ (Pa.), em função de uma taxa de cisalhamento, $\dot{\gamma}$ (s^{-1}), os autores determinaram os parâmetros K (índice de consistência ($Pa \cdot s^n$)) e n (índice de comportamento do fluxo, adimensional) (GLICERINA *et al.*, 2013).

$$\tau = K\dot{\gamma}^n \quad (\text{Eq. 2})$$

A Lei de Potência classifica as amostras através dos valores de n, sendo que, para $0,1 \leq n \leq 0,95$, o fluido é classificado como pseudoplástico; para $0,95 < n \leq 1,05$, o comportamento é essencialmente newtoniano, idealmente $n = 1$; e, para $n > 1,05$, os fluidos são classificados como dilatantes (GLICERINA *et al.*, 2013).

Uma revisão da literatura sobre propriedades texturais de manteigas, cremes e pastas de nozes e castanhas e outras oleaginosas em geral, realizado por Shakerardekani *et al.* (2013), indicou que a maioria dos cremes de amêndoa investigados se comportou como um fluido pseudoplástico não newtoniano, sob estresse de escoamento. Taghizadeh e Razavi (2009), por exemplo, verificaram que as propriedades reológicas de manteiga de pistache são independentes do tempo.

Ainda, Shakerardekani *et al.* (2013) determinaram um comportamento tipo pseudoplástico para pasta de pistache. Rozalli, Chin e Yusof (2015), por sua vez, demonstraram que amostras de manteiga de amendoim também se comportam como fluidos não newtonianos tipo pseudoplásticos em determinadas formulações.

No Quadro 2, é possível observar a caracterização reológica de alguns produtos do tipo manteiga, pasta e cremes de frutos ou sementes de oleaginosas. Entre os resultados, o uso de estabilizantes e o teor de gordura influenciaram a viscosidade dos produtos. Também, é possível destacar que a maioria dos autores concluíram um comportamento pseudoplástico para as amostras e nenhuma delas apresentou um comportamento tipicamente newtoniano.

Quadro 2– Propriedades reológicas de pastas ou manteiga de frutos e sementes oleaginosos.

Produto	Técnica de análise	Resultado da avaliação reológica	Referência
Manteiga de Pistache	Viscosímetro (Bohlin Visco 88)	Comportamento pseudoplástico não newtoniano com limite de elasticidade.	Taghizadeh e Razavi (2009)
Manteiga de Pistache	Viscosímetro (Bohlin Visco 88)	Comportamento tixotrópico. Viscosidade diminui com o passar do tempo.	Razavi; Taghizadeh e Ardekani, (2010)
Pasta de Pistache	Reômetro (Haake Rheostress 600)	Fluido não-newtoniano tipo pseudoplástico	Shakerardekani <i>et al.</i> (2013)
Manteiga de amendoim	Reômetro de tensão controlada (AR-G2, TA Instruments, New Castle, EUA), equipado com geometria de placa-placa.	Propriedades elásticas ou sólidas.	Rozalli, Chin e Yusof (2015)
Manteiga de amendoim	Viscosímetro Brookfield Digital.	Viscosidade dependente do teor de estabilizador, mas independente do período de armazenamento.	Totlani e Chinnan (2007)
Manteiga de Noz-Pecã	Reômetro Merlin VR (Rheosys LLC, Hamilton, NJ), equipado com uma sonda de palheta de 4 lâminas, e reômetro equipado com cone na placa.	Teor de óleo (<60%): fluido não-newtoniano tipo pseudoplástico. Teor de óleo (70% a 65%): plásticos Bingham.	Wagener e Kerr (2017)
Creme de Nozes	Reômetro de tensão controlada (MCR 300, Physica / Anton Paar, Ostfildern, Alemanha) equipado com placa geométrica rugosa.	Comportamentos de fluidos não-newtonianos tipo pseudoplásticos	Glicerina <i>et al.</i> (2013)

Fonte: Próprio autor (2022).

3.5 SINÉRESE DE PASTAS DE SEMENTES OLEAGINOSAS

O alto teor de lipídios é um dos principais fatores responsáveis pela qualidade das pastas de sementes oleaginosas, dado que uma alta quantidade de óleo pode levar a uma consistência mais fluida e a uma maior tendência de separação de fases (WAGENER; KERR, 2017). A separação de fases é um dos maiores problemas enfrentados pela indústria de pastas de sementes oleaginosas, uma vez que afeta a qualidade e a aparência do produto, influenciando na aceitabilidade do mesmo (SHAKERARDEKANI *et al.*, 2013). Resulta, por exemplo, em

uma maior dureza da pasta e na contaminação de óleo nos materiais de embalagem (EREIFEJ; RABABAH; AL-RABABAH, 2005). Além disso, de acordo com Woodroof *et al.* (1983) a liberação de óleo nestes produtos favorece as reações de oxidação lipídica, devido à exposição do óleo livre à luz.

A oxidação lipídica é uma das mais importantes alterações que afetam óleos e gorduras. As reações químicas envolvidas neste processo geram produtos sensorialmente inaceitáveis, provocam a degradação de vitaminas lipossolúveis e de ácidos graxos essenciais, além de afetarem a integridade e a segurança dos alimentos, por meio da formação de compostos poliméricos potencialmente tóxicos (JORGE, 2009).

A estabilização de *spreads* com aditivos adequados diminui o efeito de separação de fases, aumenta a vida útil e melhora a textura dos produtos (SHAKERARDEKANI *et al.*, 2013). Óleo de palma, óleo vegetal parcialmente hidrogenado, farelo de amendoim, lecitina de soja e glicerol são alguns ingredientes utilizados em produtos oleosos com o intuito de evitar a separação da fase lipídica (EREIFEJ, RABABAH, AL-RABABAH, 2005; TONELI, MURR, PARK, 2005).

O óleo vegetal parcialmente hidrogenado, mono-, di- ou triacilglicerídeos de óleos vegetais ou suas combinações, são capazes de cristalizar à baixa temperatura, permitindo o desenvolvimento de uma estrutura em rede que imobiliza o óleo livre, evitando, assim, sua migração (TOTLANI; CHINNAN, 2007). Além de óleos hidrogenados, também gorduras sólidas vegetais, como manteiga de cacau, podem ser favoráveis na redução da separação de óleo em *spreads* e cremes de oleaginosas (AYDEMIR, 2019). Porém, vale destacar a busca por substitutos dos óleos vegetais parcialmente hidrogenados, devido seu alto teor de ácidos graxos saturados e *trans* que estão relacionados ao aumento do risco cardiovascular (IZAR *et al.*, 2021). No Brasil, a RDC nº 332 de 23 de dezembro de 2019 restringe o uso de gorduras *trans* em alimentos até 1º de janeiro de 2023, e a partir desta data fica proibida a utilização de óleos e gorduras parcialmente hidrogenados em produtos alimentícios (BRASIL, 2019).

A lecitina de soja é um composto que consiste em cerca de 60% de mistura de fosfolipídios (lecitina, cefalina e fosfatidil inositol). A lecitina tem capacidade de atuar como emulsificante por apresentar uma região hidrofílica e outra, representada pelas cadeias de hidrocarbonetos dos ácidos graxos, hidrofóbica (JORGE, 2009). Esta propriedade emulsificante apresentada pela lecitina de soja faz com que seja muito empregada industrialmente, sendo comum sua utilização em produtos como pasta de oleaginosas. Adicionalmente, os fosfolipídios da lecitina de soja também lhe conferem propriedade antioxidante (JUDDE *et al.*,

2003). Em uma pesquisa anterior do grupo de pesquisa, Pereira *et al.* (2019) avaliaram pastas comerciais de oleaginosas e observaram que pastas com lecitina de soja apresentaram um menor teor de óleo separado, e o mesmo efeito foi observado em produto acrescentado de povidexose.

Além dos aditivos, características como tamanho de partícula e teor de sólidos na suspensão ajudam a melhorar a estabilidade coloidal. Çiftiçi *et al.* (2008) observaram que a diminuição do tamanho das partículas melhorou a estabilidade coloidal de pastas de gergelim. Segundo os autores, a diminuição do tamanho das partículas melhora a dispersão da fase sólida na fase oleosa e a interação das fases sólida e oleosa aumenta a coesão. Collins e Sanchez (1979) concluíram que a adição de farinha de casca de amendoim ajuda a estabilizar uma pasta contendo esta leguminosa e pode substituir parcialmente estabilizantes comerciais.

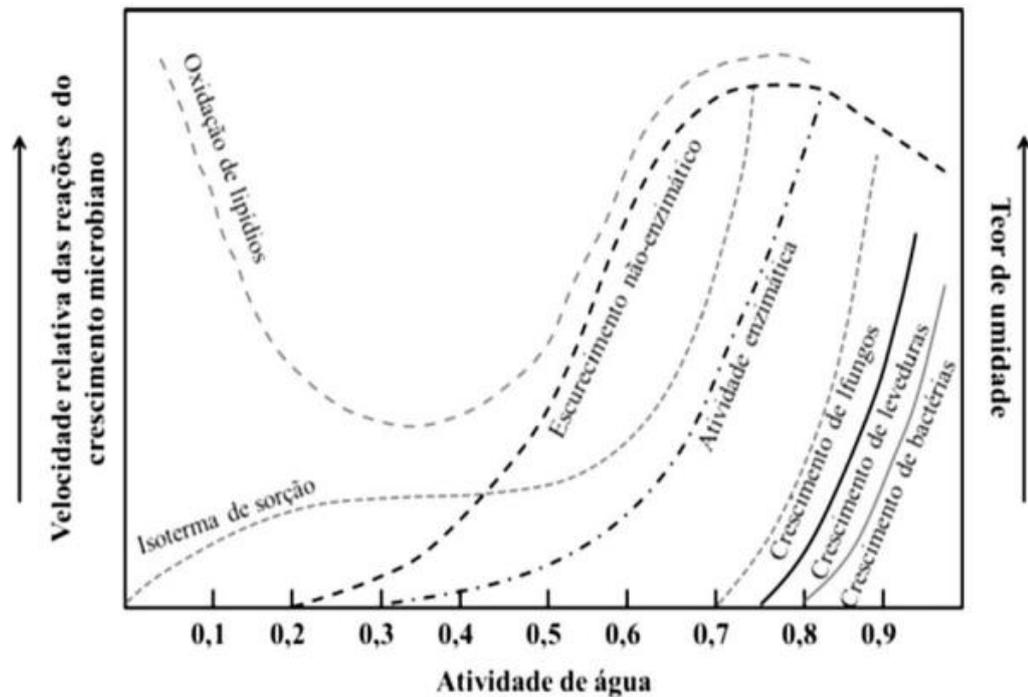
3.6 ATIVIDADE DE ÁGUA DE PASTAS DE SEMENTES OLEAGINOSAS

A atividade de água (a_w) mede o estado de energia da água em um sistema. Seu valor pode ser determinado pela razão entre a pressão de vapor de água de um alimento (p) e a pressão de vapor da água pura (p_o), e ainda, a uma temperatura constante no ambiente fechado, é igual à umidade relativa (%RH) dividida por 100 (Equação 3) (BRAGA, 2015).

$$a_w = \frac{\%RH}{100} = \frac{p}{p_o} \quad (\text{Eq. 3})$$

A vida-de-prateleira dos alimentos é limitada por processos biológicos, químicos e físicos, que são influenciados pelo teor de água e atividade da água (KAREL; LUND, 2003). A perecibilidade de um produto é afetada pelo teor de água presente na matriz alimentícia, mas o teor de água, por si só, não é um indicador de confiança. Além da presença da água, é importante investigar a intensidade e/ou a extensão das interações da água com vários grupos químicos nos alimentos. É esperado que a água “ligada” com grupos químicos em alimentos seja menos capaz de dar suporte a atividades de degradação, como crescimento de microrganismos e reações químicas hidrolíticas, em comparação com a água “livre”. A atividade de água reflete a capacidade termodinâmica (*status* de energia) ou a concentração efetiva de água em um alimento que pode participar como agente em processos biológicos e químicos (FENNEMA, 2017), devido à sua correlação com as velocidades de crescimento microbiano e de reações químicas e enzimáticas (RIBEIRO, 2007), observada no diagrama de Labuza apresentado na Figura 5.

Figura 5– Velocidade relativa de reações em função da atividade de água.

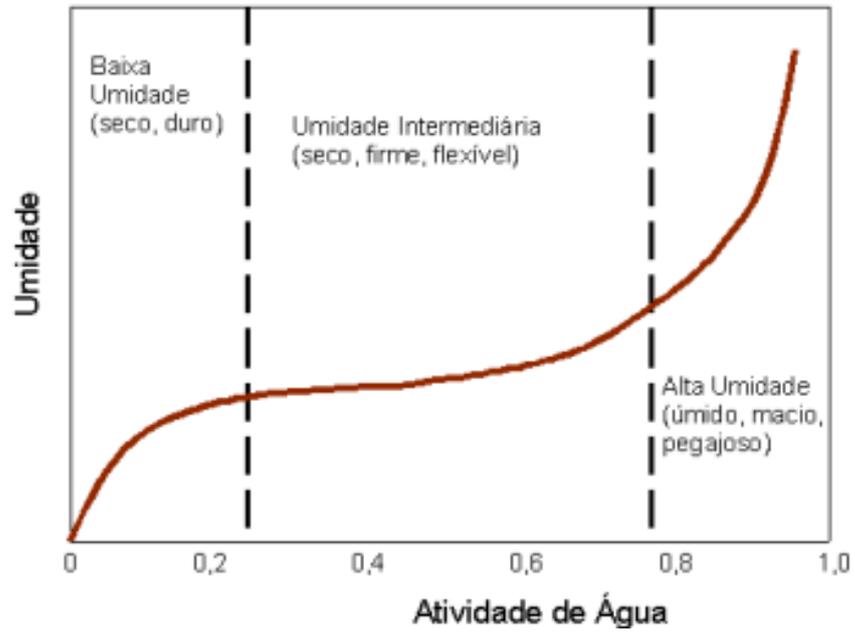


Fonte: Adaptado de Labuza *et al.* (1972)

Como é possível observar na Figura 5, quanto menor a atividade de água, menor é o crescimento microbiano e as reações enzimáticas e não enzimáticas de escurecimento. Uma atividade de água muito reduzida, entretanto, favorece as reações de oxidação lipídica (RIBEIRO, 2007), sendo um grande problema para produtos com alto teor de óleos, como é o caso de pastas de oleaginosas. A aceleração das reações de oxidação de lipídios em baixa atividade de água ($a_w \leq 0,3$) se deve à perda da camada de água de solvatação que recobre os hidroperóxidos lipídicos (FENNEMA, 2007). Também, em uma atividade intermediária na faixa de 0,55 a 0,80, haverá aumento na velocidade das reações de oxidação lipídica, pela mobilização dos catalisadores presentes, assim como difusão do oxigênio que se encontra dissolvido nas várias camadas de água que se acumulam nas superfícies moleculares (DALA-PAULA *et al.*, 2021).

Além disso, a atividade de água está associada à textura dos alimentos, como mostra a Figura 6. Na primeira região do gráfico, os alimentos com baixa a_w têm textura seca e dura; na segunda região, os alimentos com a_w intermediária são secos, firmes ou flexíveis; enquanto que, na terceira região, os alimentos com alta a_w são úmidos, macios e grudentos (BRAGA, 2015).

Figura 6– Textura dos alimentos de acordo com a atividade de água.



Fonte: Adaptado de Rockland; Beauchat (1987).

De acordo com a literatura revisada a formulação de pastas de sementes oleaginosas tem grande influência nas características do produto final. Os ingredientes interferem na textura, reologia, sinérese, atividade de água, parâmetros esses importantes na caracterização deste tipo de produto, uma vez que podem ser indicadores de qualidade e vida de prateleira.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

Foram analisadas três amostras de três marcas diferentes de pastas à base de castanha-do-brasil, as quais foram adquiridas de diversas regiões do Brasil via compra *online*. O critério definido para a escolha das amostras foi conter castanha-do-brasil em sua composição, e serem comercializadas e produzidas no Brasil.

Quadro 3– Lista de ingredientes, teor de lipídios (%) e prazo de validade das três marcas comerciais de pastas à base de castanha-do-brasil.

Marca codificada	Lista de ingredientes	Teor de lipídios fornecidos pela tabela nutricional do produto	Fabricação	Validade*
A	Castanha de caju, amêndoa, castanha-do-brasil, cacau, melado de cana e manteiga de cacau.	44%	09/2021	08/2022
B	Castanha-do-brasil	60%	Não informado	09/10/2022
C	Castanha-do-brasil, açúcar orgânico, cacau e leite em pó	40%	Não informado	12/02/2022

* As amostras foram adquiridas no mês de setembro de 2021. Fonte: Próprio autor (2022).

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Análise de textura

A análise de textura das pastas foi feita em texturômetro modelo TA-HD plus Texture Analyser (Stable Micro System, Texture Expert, Surrey, Reino Unido). A análise contou com a utilização de uma sonda cilíndrica, com uma distância de 35 mm, sendo que a imersão na amostra foi de 20 mm com velocidade de 5 mm/s. As amostras foram analisadas dentro de sua própria embalagem, em triplicata, à temperatura de 25°C, com exceção da amostra C, que precisou ser aquecida até 30 °C. Foram obtidos os parâmetros de firmeza (g), coesividade, adesividade (g.s), elasticidade (%) e gomosidade das amostras. Os resultados foram expressos

como média e desvio padrão dos dados obtidos. Esta análise foi feita no Laboratório de Central de análises do EQA.

4.2.2 Análise reológica

As propriedades reológicas das pastas foram medidas com um reômetro HAAKE MARS II (Thermo Scientific) com geometria placas paralelas de 20 mm de diâmetro e ajuste de fenda de 1 mm. As curvas de fluxo das pastas foram medidas à temperatura de 25 °C aumentando a taxa de cisalhamento de 0,02 para 20 s⁻¹, em 30 pontos de medição, conforme realizado por Glicerina *et al.* (2013) para a caracterização reológica de cremes de nozes.

Os dados foram ajustados pela Lei da potência, Equação 2, com a determinação dos parâmetros K (índice de consistência (Pa·sⁿ)), n (índice de comportamento do fluxo adimensional), e o coeficiente de correlação (R²) para avaliar a qualidade de ajuste dos dados ao modelo reológico utilizado. Esta análise foi feita no Laboratório de controle de processos de polimerização (LCP) do EQA.

4.2.3 Avaliação da sinérese por centrifugação

A avaliação da sinérese das amostras foi realizada com base na metodologia utilizada por Wolfschoon-Pombo, Dang e Chiriboga (2018). A sinérese foi determinada por um teste de aceleração em centrífuga refrigerada (modelo Centrifuge 5804 R). Foram colocadas, em tubos de 15 mL, 5 g de cada amostra. Os tubos foram colocados em centrífuga, a qual operou com velocidades de 3000 x g, 9000 x g e 15000 x g, por 10 minutos cada, a uma temperatura de 10°C. Após cada aumento de velocidade, a massa do sobrenadante (líquido liberado) foi determinada. Os resultados foram calculados de acordo com a Equação 5 e expressos em percentual mássico do líquido liberado, como média e desvio padrão dos resultados obtidos das análises em triplicata. Esta análise foi feita no Laboratório de Biotecnologia Ambiental (e-Biotech) do EQA.

$$\text{Teor de óleo (\%)} = \frac{\text{Massa de óleo liberado}}{\text{Massa de amostra}} \times 100 \quad (\text{Eq. 5})$$

4.2.4 Determinação da atividade de água

A atividade de água (a_w) das amostras foi determinada através do equipamento AquaLab Série 3 Modelo TE (Decagon). Todos resultados foram obtidos em triplicata à temperatura de $24,3 \text{ °C} \pm 0,2 \text{ °C}$. Os resultados foram expressos como média e desvio padrão das repetições da análise. Esta análise foi feita no Laboratório de Propriedades Físicas de Alimentos (PROFI) do EQA.

4.2.5 Análise Estatística

O *software* STATISTICA versão 13.0 (Stat Soft Inc., Tulsa, USA) foi utilizado para tratar os dados quantitativos das análises, determinando os efeitos das variáveis independentes, os coeficientes de regressão (R^2), a análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey com 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ATRIBUTOS DE TEXTURA FÍSICAS

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise instrumental de textura, onde as amostras diferiram significativamente ($p < 0,05$) para os atributos de firmeza, adesividade e gomosidade. Já para a coesividade, as amostras A e C não diferiram significativamente entre si ($p > 0,05$), enquanto as amostras A e B não apresentaram diferença significativa entre si quanto à elasticidade ($p > 0,05$).

Tabela 1– Resultados da análise de textura instrumental de pastas comerciais à base de castanha-do-brasil ($n=3$)*.

Amostra	Adesividade (g.s)	Firmeza (g)	Coesividade	Elasticidade (%)	Gomosidade
A	$-16,185 \pm 3,345^b$	$10,74 \pm 0,133^a$	$0,872 \pm 0,010^b$	$90,216 \pm 0,790^a$	$9,370 \pm 0,156^a$
B	$-2,299 \pm 0,720^c$	$8,595 \pm 0,266^c$	$0,917 \pm 0,002^a$	$90,464 \pm 0,561^a$	$7,884 \pm 0,234^c$
C	$-39,769 \pm 4,453^a$	$9,785 \pm 0,199^b$	$0,851 \pm 0,015^b$	$87,686 \pm 1,466^b$	$8,330 \pm 0,295^b$

* Média \pm desvio padrão dos resultados das repetições da análise. Médias com letras iguais na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). Composição das amostras: (A) Castanha de caju, amêndoa, castanha-do-brasil, cacau, melado de cana e manteiga de cacau, (B) Castanha-do-brasil, (C) Castanha-do-brasil, açúcar orgânico, cacau e leite em pó. Fonte: Próprio autor (2022).

Figura 7– Aspecto das amostras A (1-A), B (2-B) e C (3-C) de pastas comerciais de castanha-do-brasil



Fonte: Próprio autor (2022)

O parâmetro adesividade avalia a quantidade de força necessária para sobrepor as forças de atração entre a superfície do alimento e a superfície do material em contato com o

produto (SZCZESNIAK, 2002). A coesividade é a medida da deformação do produto antes do rompimento de sua estrutura (BOURNE, 2002). A elasticidade mensura o grau de deformação da amostra após a retirada da força que causou a deformação. Por fim, a gomosidade é a energia necessária para desintegrar um alimento semissólido até a consistência necessária para ser engolida, é dada pela multiplicação da dureza com coesividade.

A amostra C apresentou maior adesividade, seguida da amostra A e B. Quanto à firmeza, a amostra A obteve o maior valor médio, seguida da amostra C e B. A adesividade possui um valor negativo pois é a força exercida pelo equipamento ao puxar o *probe* da amostra, sendo que, quanto maior o valor em módulo, mais adesiva é a amostra, isso porque atua no sentido contrário usando como referência a leitura da firmeza onde a amostra é pressionada pelo *probe* (CARVALHO,2016). As amostras C e A não diferiram significativamente entre si ($p>0,05$) no atributo coesividade, já a amostra B apresentou um valor superior significativo. Também, não houve diferença significativa nos valores de elasticidade das amostras A e B, já a amostra C apresentou menor elasticidade. E em relação à gomosidade, a amostra A apresentou o maior valor, seguida da amostra C e B. Segundo Abegaz; Kerr e Koehler (2006) a manteiga de amendoim deve manter um nível ótimo de firmeza, alta coesão e espalhabilidade e adesividade suficiente para dar uma textura pegajosa característica. Valores intermediários de firmeza obtiveram melhor desempenho na aceitação sensorial de pasta de noz pecã no trabalho de Wagener e Ker (2017), uma vez que segundo os autores as amostras devem ser firmes o suficiente para manter a forma, mas não tão firmes a ponto de dificultar o espalhamento.

A formulação das amostras pode explicar os resultados encontrados. A alta adesividade da amostra C pode estar relacionada à presença de ingredientes como açúcar, cacau e leite em pó, enquanto o valor alto de adesividade, também observado para a amostra A, pode ser explicado pelo cacau adicionado como sólido. Já a amostra B, que contém somente castanha-do-brasil, apresentou um valor de adesividade muito inferior. Ainda, as amostras A e C possuem maiores valores de gomosidade e firmeza, e menores valores de coesividade.

Estudos com amostras semelhantes corroboram as observações acima. A patente de Silva *et al.* (2021), ao avaliar formulações de pasta de castanha-do-brasil e noz pecã que desenvolveu em nosso grupo de pesquisa, observou que o aumento do teor de torta de castanha adicionados no produto afetaram positivamente os valores de adesividade, espalhabilidade e firmeza. Singh *et al.* (2013) também afirmaram que a adesividade tem uma relação direta com o teor de sólidos totais. Sanches (2018) analisou o efeito da adição de cacau em uma sobremesa de leite de coco, e observou que o aumento da concentração de cacau levou a um aumento nos

valores de firmeza e gomosidade, e efeito contrário nos valores de adesividade e coesividade. Além disso, segundo Silva (2010), o teor de lipídios contribui negativamente para os parâmetros de adesividade, consistência e viscosidade, ou seja, quanto maior a concentração de lipídios, menor a adesividade do produto. Também, segundo o mesmo autor, a redução de gordura leva a um aumento da firmeza, o que ocorre pois, quando se diminui a porcentagem de lipídios, aumenta-se o teor de sólidos secos desengordurados, o que favorece as interações proteína-proteína e, conseqüentemente, a firmeza do produto.

Wagener e Kerr (2017) e Pereira (2019), em seus estudos avaliando manteiga de noz pecã e amostras comerciais de pastas de oleaginosas, respectivamente, concluíram que o teor de gordura tem influência significativa na textura com relação à firmeza, à espalhabilidade e à adesividade. Nos estudos citados, a firmeza aumentou com a redução do teor de gordura, enquanto que os parâmetros de espalhabilidade e adesividade diminuíram.

Ainda, segundo Glicerina *et al.* (2013), existe uma relação direta entre o teor de gordura sólida e firmeza de produtos alimentícios. Nos estudos desse mesmo autor, foi concluído que onde uso de altas quantidades de gorduras hidrogenadas ou gorduras vegetais duras leva a uma forte rede de gordura, o que implica em uma estrutura mais agregada em cremes de avelã.

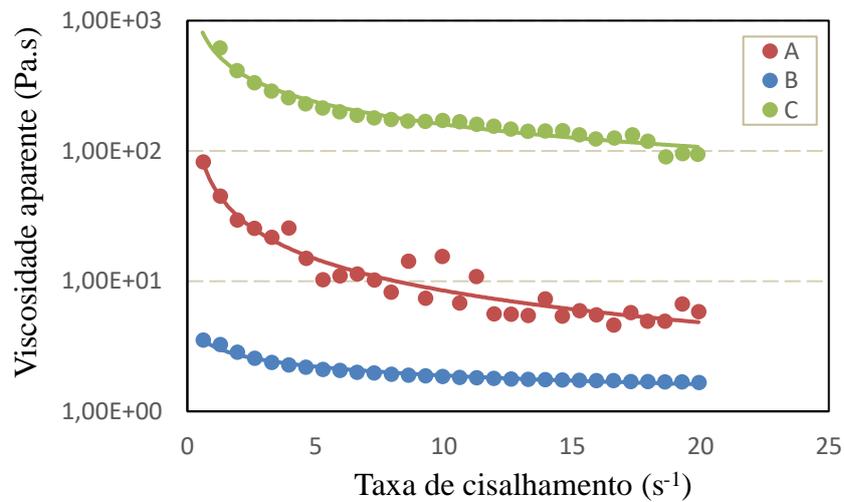
De acordo com os dados fornecidos pelos fabricantes, a amostra C é a que possui o menor teor de lipídios (40%), seguida da amostra A (44%) e B (60%). Portanto, a diferença na concentração de gordura provavelmente também teve influência sobre os diferentes valores de adesividade e firmeza obtidos para as amostras. A amostra A superou a firmeza da amostra C, apesar de possuir um maior teor de gordura. Isto pode ter decorrido da adição de manteiga de cacau, uma gordura sólida, na amostra A, visto que a amostra C possui o óleo proveniente da castanha como única fonte lipídica. Também a presença de grandes partículas na amostra A pode ter influenciado no maior valor de firmeza. Segundo Carvalho (2016), os grânulos podem interferir nos resultados, levando a um valor mais elevado causado pela obstrução do equipamento durante o processo de penetração e retirada do *probe* da amostra. Na Figura 7, é possível observar que a amostra C é mais lisa e homogênea em comparação com a amostra A, que possui uma grande quantidade de partículas dispersas.

5.2 ANÁLISE REOLÓGICA

A análise reológica indicou que as amostras de pasta de castanha-do-brasil podem ser classificadas como fluidos não newtonianos do tipo pseudoplástico, nos quais a viscosidade aparente diminui com o aumento da taxa de cisalhamento. As Figuras 8 e 9 apresentam as curvas de fluxo para as três amostras, e a Tabela 2 exibe os parâmetros reológicos determinados através do modelo matemático da Lei da Potência.

Alguns pontos experimentais das amostras A (11 pontos) e C (4 pontos) foram descartados por terem desviado do comportamento da curva. A grande quantidade de pontos fora da curva da amostra A pode ser justificado pela presença de partículas grandes nesta pasta, que podem ter interferido nos resultados.

Figura 8– Viscosidade aparente (Pa.s) em função da taxa de cisalhamento (1/s).



Fonte: Próprio autor (2022)

Figura 9– Curva de fluxo, tensão de cisalhamento (Pa) em função da taxa de cisalhamento (1/s).

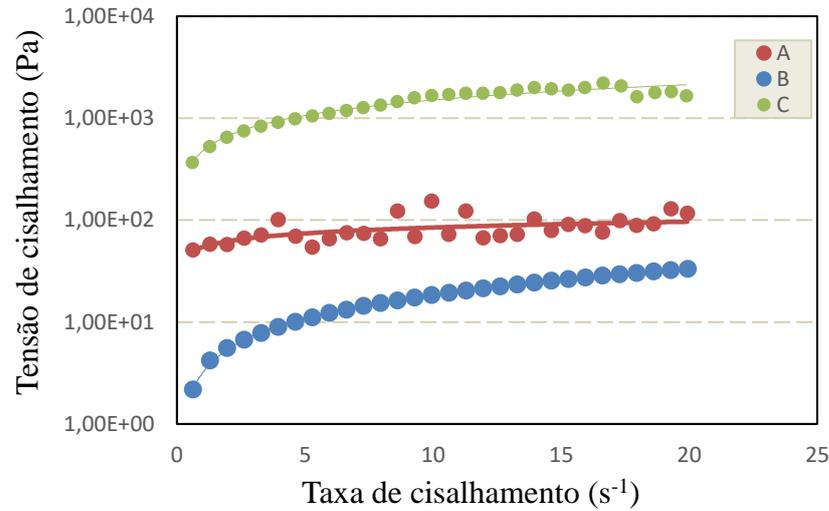


Tabela 2– Parâmetros reológicos e estatísticos do modelo da Lei da Potência para as amostras de pasta de castanha-do-brasil.

Amostra	K (Pa.s ⁿ)	n*	R ²
A	53,977	0,144	0,71
B	3,173	0,774	0,99
C	451,4	0,542	0,98

*Adimensional. K é o índice de consistência, n é o índice de comportamento, e R² é o coeficiente de determinação. Fonte: Próprio autor (2022).

Após o tratamento dos dados experimentais, de acordo com os valores dos parâmetros estatísticos de coeficiente de determinação (R²), os resultados ajustaram-se bem ao modelo Lei da Potência, apresentando bons valores de coeficiente de determinação $0,71 \leq R^2 \leq 0,99$.

O índice de comportamento do fluido (n) obtido pelo ajuste não linear dos dados de taxa de cisalhamento em função da tensão de cisalhamento, conforme Equação 2, caracterizou todas as amostras comportando-se como fluidos não-newtonianos pseudoplásticos, uma vez que, para todos valores obtidos, o índice de comportamento se encontra na faixa $0,1 < n < 0,95$, confirmando a pseudoplasticidade das pastas. O índice de comportamento (n) indica o grau de pseudoplasticidade que um fluido possui. Valores muito afastados de $n=1$ indicam que o fluido

tem maior pseudoplasticidade (NACANO, 2013). Assim, a amostra A possui um maior grau de pseudoplasticidade, seguida da amostra C e amostra B. Segundo Glicerina *et al.* (2013), este comportamento pode decorrer da quebra estrutural das moléculas devido às forças hidrodinâmicas geradas e aumento do alinhamento das moléculas.

O comportamento pseudoplástico também foi observado no estudo desenvolvido por Aydemir (2019). Na publicação citada, amostras de creme de avelã com cacau produzidas com diferentes óleos ou gorduras foram avaliadas e os índices de comportamento de fluxo (n) variaram entre 0,12 e 0,87, também ajustados ao modelo da lei da potência. De forma semelhante, Glicerina *et al.* (2013) obtiveram valores do índice n entre 0,20 e 0,43 para diferentes formulações de cremes de nozes.

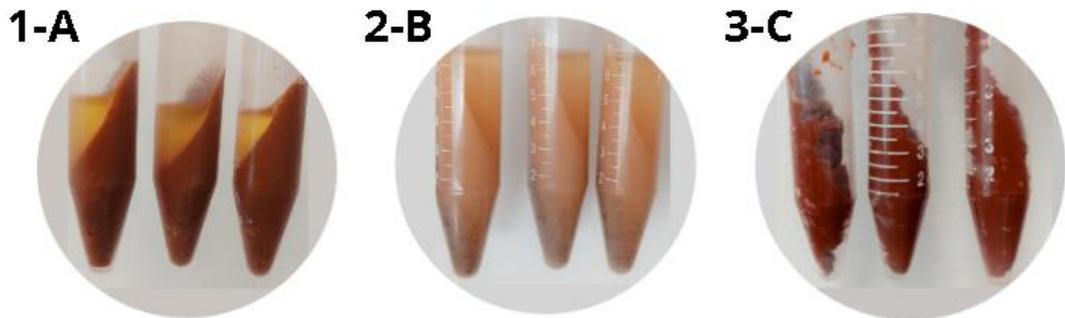
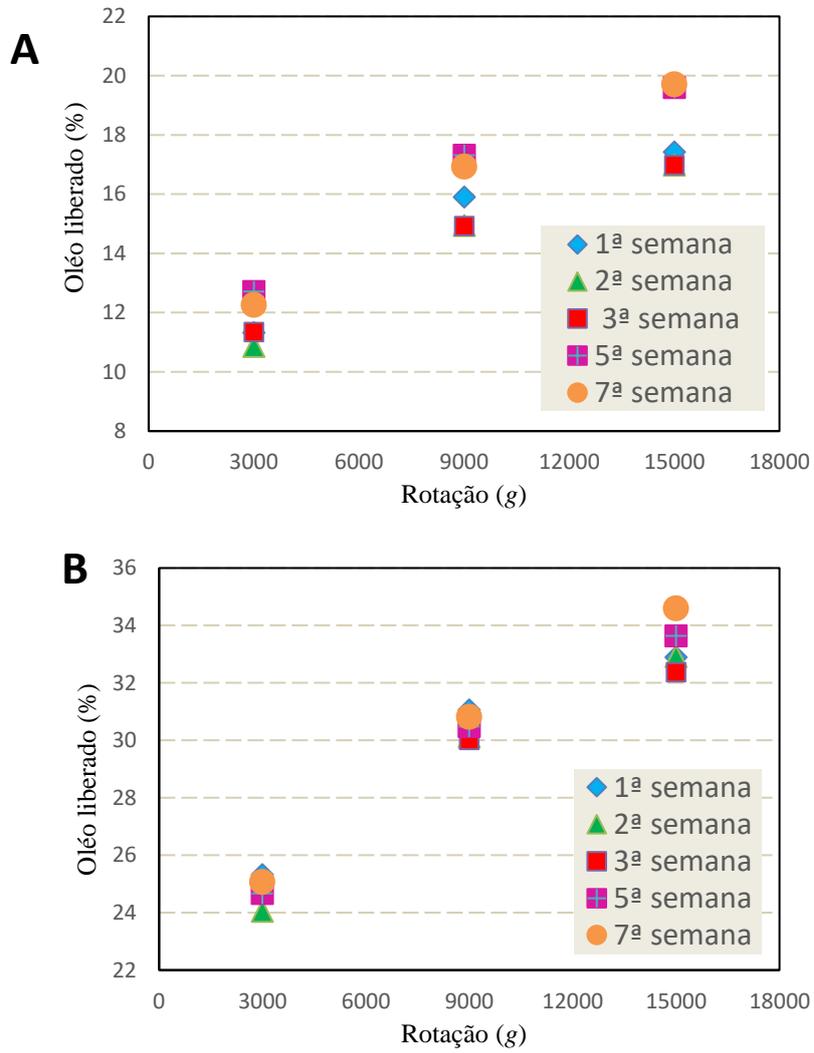
Segundo Wagener e Kerr (2017) o teor de gordura nas pastas de oleaginosas é um fator de grande importância nas propriedades reológicas do produto. Os mesmos autores observaram um aumento significativo da viscosidade aparente, onde o índice de consistência K aumentou com a redução da concentração de lipídios em manteiga de noz pecã. A mesma relação pode ser observada nos resultados apresentados, sendo que a amostra com menor teor de lipídios, a amostra C (40% de lipídios), apresentou o maior valor de K , seguida da amostra A (44% de lipídio), e tendo a amostra B com o menor K e maior teor de lipídios (60% de lipídios). O índice K também está diretamente relacionado ao teor de gordura hidrogenada e gordura sólida (Glicerina *et al.*, 2013; AYDEMIR, 2019), o que pode ter influenciado o maior valor do índice na amostra A, acrescida de manteiga de cacau, em comparação com a B.

Além disso, a viscosidade é diretamente proporcional à concentração de sólidos solúveis. A maior viscosidade com o aumento dos sólidos está associada à redução do fluido para lubrificação intermolecular e formação de hidratos pelos íons e moléculas, e agregados moleculares que aumentam o atrito entre as camadas de fluido (NACANO, 2013).

5.3 SINÉRESE POR CENTRIFUGAÇÃO

A Figura 10 e o Apêndice A apresentam os resultados da avaliação da sinérese por centrifugação das amostras de pasta de castanhas, nas rotações propostas, ao longo de sete semanas. A amostra C não apresentou separação de óleo em nenhuma das rotações empregadas ao longo do período acompanhado.

Figura 10– (A e B) Representação gráfica da taxa de óleo liberado em função da rotação. Separação de óleo das amostras de pasta de castanha-do-brasil A (1-A), B (2-B) e C (3-C).



Fonte: Próprio autor (2022)

A separação do óleo ocorre devido às diferenças na gravidade específica das partículas sólidas e do óleo que compõem o produto (AYDEMIR, 2019). Dentre as amostras, a B foi a que apresentou a maior porcentagem de óleo liberado. A maior liberação cumulativa de óleo na amostra B foi de aproximadamente 35% ocorrendo na 7ª semana, enquanto que a amostra A liberou 20% de óleo. A amostra B não possui nenhum outro ingrediente além da castanha-do-brasil, fator esse que pode explicar uma maior sinérese no produto. A liberação cumulativa de óleo aumentou significativamente na 5ª semana para a amostra A, e na 7ª semana para a amostra B.

Segundo Wagener e Kerr (2017), a alta quantidade de óleo pode levar a uma consistência mais fluida e a uma maior tendência de separação de fases. A amostra B, com maior separação de óleo, possui o maior teor de lipídios em sua composição (60%), e a amostra C que não apresentou separação possui o menor teor de gordura (40%). Ainda, a amostra A contém manteiga de cacau, uma gordura sólida a 25 °C, em sua formulação, o que pode ter reduzido a sinérese (AYDEMIR, 2019).

O fato de a amostra C não ter liberado óleo pode decorrer da presença de sólidos como açúcar, cacau e leite em pó na formulação, uma vez que altos teores de sólidos no produto contribuem para baixos índices de sinérese (HENRIQUES *et al.*, 2011). Ainda, as proteínas do leite em pó, utilizado na amostra citada, têm sido amplamente utilizadas na preparação de emulsões alimentícias devido à sua natureza anfifílica (YICHAOLIANG *et al.*, 2017). A amostra C também é a que aparenta ter um menor tamanho de partícula, o que contribui para a dispersão da fase sólida na fase oleosa, melhorando, assim, a estabilidade coloidal da pasta (ÇİFTÇİ *et al.*, 2008).

A liberação de óleo e consequente separação de fases é um problema pois afeta a qualidade e a aparência do produto, influenciando na sua aceitabilidade. Além disso, tem uma grande influência na estabilidade oxidativa da pasta, pois favorece reações de oxidação lipídica devido à exposição do óleo livre à luz (SHAKERARDEKANI *et al.*, 2013; WOODROOF *et al.*, 1983).

Mohd Rozalli *et al.* (2016) confirmaram, em estudo com manteiga de amendoim com e sem aditivos estabilizantes, a relação entre a separação de óleo e maiores índices de oxidação lipídica. A manteiga de amendoim sem estabilizantes, apresentou maior separação de óleo e um índice de peróxido maior em menor período de tempo. Segundo os autores, as menores taxas de separação do óleo e migração para fora da suspensão causaram menor exposição do produto à oxidação.

5.4 ATIVIDADE DE ÁGUA

A atividade de água de todas as amostras de pastas comerciais à base de castanha-do-brasil diferiu significativamente ($p < 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3– Atividade de água de pastas comerciais à base de castanha-do-brasil ($n = 3$).

Amostra	Atividade de água*
A	0,449 ± 0,023
B	0,514 ± 0,003
C	0,336 ± 0,000

* Média ± desvio padrão dos resultados das repetições da análise. Composição das amostras: (A) Castanha de caju, amêndoa, castanha-do-brasil, cacau, melado de cana e manteiga de cacau, (B) Castanha-do-brasil, (C) Castanha-do-brasil, açúcar orgânico, cacau e leite em pó. Fonte: Próprio autor (2021).

Todas as amostras analisadas apresentaram baixa atividade de água ($< 0,6$), o que desfavorece o crescimento microbiológico. Também, as amostras não se encontram em uma faixa de atividade de água pró oxidação lipídica ($a_w \leq 0,3$ e $a_w > 0,55$) (FENNEMA, DALA-PAULA *et al.*, 2021).

Quando comparadas entre si, a amostra C foi a que apresentou a menor atividade de água, seguida da amostra A e B. A menor atividade de água na amostra A pode estar relacionada com a adição de açúcar, pois, segundo Dala-Paula *et al.* (2021), a adição de açúcares é um dos métodos de conservação cujo princípio se dá pela redução da atividade de água. Por outro lado, a amostra B, com maior atividade de água, não apresenta em sua composição nenhum outro ingrediente além da castanha-do-brasil.

Análises desenvolvidas no estudo de Burnett *et al.* (2000), a manteiga de amendoim possui atividade de água variando de 0,2 a 0,33. Pereira *et al.* (2019) determinou a atividade de água de amostras de pasta de castanha-do-brasil com outros ingredientes, pasta de noz pecã e pasta de noz pecã com outros ingredientes, e obteve, respectivamente, os resultados de atividade de água de 0,49, 0,56 e 0,53.

Segundo Olaimat *et al* (2020), produtos com alto teor de lipídios e baixa atividade de água têm uma vida útil estendida de 1 a 2 anos à temperatura ambiente, e são usados como produtos prontos para o consumo ou como ingredientes em outros produtos.

Porém, vale destacar que produtos com baixa atividade de água e altos teores de lipídios têm sido associados a contaminação com microrganismos patogênicos durante o processamento, comumente *Salmonella* spp., levando a vários surtos de doenças transmitidas por alimentos e *recalls* de produtos alimentícios. A capacidade destes microrganismos patogênicos em sobreviver por longos períodos em alimentos com baixa atividade de água se deve ao teor de lipídios dos produtos, que podem inclusive proteger os patógenos do tratamento térmico durante o processamento. Assim, a maneira mais eficaz de resolver o problema é a prevenção através de medidas de boas práticas de fabricação (OLAIMAT *et al.*, 2020).

6 CONCLUSÃO

Foi possível caracterizar as amostras comerciais de pasta de castanha-do-brasil, tendo sido observadas diferenças na textura, na viscosidade aparente, na sinérese e na atividade de água das mesmas, em função dos ingredientes e aditivos utilizados nas formulações de cada uma delas. Os valores dos parâmetros texturais, a viscosidade aparente e a sinérese variaram em função do teor de óleo, dos sólidos presentes e da base lipídica (gordura semissólida, por exemplo) presentes nas amostras. A atividade de água foi menor na amostra com adição de açúcar.

As amostras com menor teor de lipídios, maior teor de sólidos e presença de gordura sólida apresentaram maiores valores de adesividade, firmeza e gomosidade, enquanto que a coesividade diminuiu. A pasta comercial contendo somente um ingrediente (a castanha-do-brasil) e o maior teor de lipídios declarado no rótulo, apresentou uma maior porcentagem de óleo separado. Todas amostras apresentaram um comportamento reológico não newtoniano tipo pseudoplástico. A redução do teor de lipídios, o aumento de sólidos solúveis e adição de gordura sólida podem ter contribuído para os maiores valores de índice de consistência observados para algumas amostras. A atividade e água das pastas se encontram em uma faixa em que não há o favorecimento do crescimento microbiológico, nem da oxidação lipídica das amostras, o que pode contribuir para uma longa vida-de-prateleira dos produtos avaliados.

Os dados obtidos no presente estudo permitiram conhecer melhor as propriedades físicas de pastas de castanha-do-brasil produzidas e comercializadas no Brasil, contribuindo com mais conhecimento científico nesta área, visando fornecer informações que possam nortear o desenvolvimento ou o aperfeiçoamento de formulações de produtos com características físicas desejáveis e projetar plantas adequadas a este tipo de alimento.

REFERÊNCIAS

- ABEGAZ, E. G., KERR, W. L., KOEHLER, P. E. Effect of moisture, sugar and tertiary butylhydroquinone on color, texture and microstructure of peanut paste. **Journal of Food Quality**, [S.L.], v. 29, n. 6, p.643-657, 6 dez. 2006.
- AYDEMIR, Oğuz. Utilização de diferentes óleos e gorduras na produção de creme de avelã de cacau. **Journal of Food Processing and Preservation**, [S.L.], v. 43, n. 5, pág. e13930, 5 maio 2019.
- BOURNE, M. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. New York: Academic Press, 2002.
- BRAGA, Ana Valéria Ulhano. **Caracterização de atividade de água e cinética de dessecamento de água em alimentos**. 2015. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, 2016.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. **Resolução RDC nº 332, de 23 de dezembro de 2019**. Define os requisitos para uso de gorduras trans industriais em alimentos. Diário Oficial da União nº 249, de 26 de dezembro de 2019.
- BURNETT, S. L. *et al.* Survival of Salmonella in peanut butter and peanut butter spread. **Journal of applied microbiology**, [S.L.], v. 89, n. 3, p. 472-477, 2000.
- CARVALHO, Ivanilde de. **Aplicação da farinha residual de macadâmia (Proteaceae) em spread de chocolate: uma alternativa de redução calórica**. 2016. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Processos Industriais, Instituto de Pesquisas Tecnológicas Do Estado de São Paulo- IPT, São Paulo, 2016.
- ÇIFTÇI, Deniz *et al.* Colloidal stability and rheological properties of sesame paste. **Journal Of Food Engineering**, [S.L.], v. 87, n. 3, p. 428-435, ago. 2008.
- COLLINS, J. L.; SANCHEZ, J. F. Effects of peanut shell flour on, firmness, color and acceptance of peanut butter. **Journal of Food Science**, [S.L.], v. 44, n. 3, p. 944-945, 1979.
- Dala-Paula, Bruno Martins, *et al.* **Química & Bioquímica de Alimentos**. 1ª ed. Alfenas: Universidade Federal de Alfenas, 2021. 250 p.
- RIBEIRO, Eliana Paula; SERAVALLI, Elisena A. G. **Química de alimentos**. 2ª ed. São Paulo: Blucher, 2007.184 p.
- EREIFEJ, K.I.; RABABAH, T.M.; AL-RABABAH, M.A. Quality attributes of halva by utilization of proteins, non-hydrogenated palm oil, emulsifiers, gum Arabic, sucrose, and calcium chloride. **International Journal of Food Properties**. [S.L.], v. 8, p 415-422, 2005.
- FABRI, A. L. S; ZENIN, E. E.; FELTES, M. M. C. Teor de selênio em diferentes oleaginosas: uma revisão. *In*: MEDEIROS, J. A.; NIRO, C. M. **Pesquisas e atualizações em ciências dos alimentos**. [S.L.]: Agron Food Academy, 2022. cap. 110, p. 965-974.

- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO), **Countries by commodity**. 2021.
- FENNEMA, O.R. **Food Chemistry**. 4^a ed., New York: CRC Press, 2007. 1160 p.
- FENNEMA, O.R. **Food Chemistry**. 5^a ed., New York: CRC Press, 2017. 1107 p.
- FERREIRA, E.S.; SILVEIRA, C.S.; LUCIEN, V.G.; AMARAL, A.S. Caracterização físico-química da amêndoa, torta e composição dos ácidos graxos majoritários do óleo bruto da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.17, n.2, p.203-208, 2006.
- GLICERINA, Virginia; BALESTRA, Federica; PINNAVAIA, Gian Gaetano; ROSA, Marco dalla; ROMANI, Santina. Rheological Characteristics of Nut Creams Realized with Different Types and Amounts of Fats. **Journal Of Food Quality**, [S.L.], v. 36, n. 5, p. 342-350, 3 set. 2013.
- GOULD, Joanne; VIEIRA, Josélio; WOLF, Bettina. Cocoa particles for food emulsion stabilisation. **Food Funct**, Loughborough, v. 4, n. 9, p. 1369-1375, 4 jul. 2013.
- HENRIQUES, M., GOMES, D., RODRIGUES, D., PEREIRA, C., GIL, M. Performance of bovine and ovine liquid whey protein concentrate on functional properties of set yoghurts. **Procedia Food Science**, [S.L.], v. 1, p. 2007 –2014, jan. 2011.
- IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, Produção da Extração Vegetal e Silvicultura 2019. Rio de Janeiro: IBGE, 2020_
- IZAR, Maria Cristina de Oliveira *et al.* Posicionamento sobre o Consumo de Gorduras e Saúde Cardiovascular–2021. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, [S.L.], v. 116, p. 160-212, 2021.
- JORGE, Neuza. **Química e tecnologia de óleos vegetais**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 165 p.
- JUDDE, A.; VILLENEUVE, P.; ROSSIGNOL-CASTERA, A.; LE GUILLOU, A. Antioxidant effect of soy lecithins on vegetable oil stability and their synergism with tocopherols. **Journal of the American Oil Chemists Society**, [S.L.], v. 80, n. 12, p. 1209-1215, 2003.
- KAINER, Karen A.; WADT, Lúcia H.O.; STAUDHAMMER, Christina L.. Explaining variation in Brazil nut fruit production. **Forest Ecology And Management**, [S.L.], v. 250, n. 3, p. 244-255, out. 2007.
- Labuza, TP, McNally, L., Gallagher, D., Hawkes, J. , & Hurtado, F.. Estabilidade de alimentos de umidade intermediária. **Journal of Food Science**, [S.L.], v.37, p.154 – 159, 1972.
- LALEYE, Hannah T.; ORESANYA, Tolulope O.; BELLO, Biola Z.. Physicochemical, Textural, Rheological and Sensory Properties of Chia Seed-Cashew Nut Spread. **Journal of Culinary Science & Technology**, [S.L.], p. 1-11, 26 maio 2021.
- LIMA, Janice Ribeiro; BRUNO, Laura Maria. Estabilidade de pasta de amêndoa de castanha de caju. **Food Science and Technology**, [S.L.], v. 27, n. 4, p. 816-822, 2007.

LIMA, Suely Cristina Gomes de *et al.* Efeito da adição de diferentes tipos e concentrações de sólidos nas características sensoriais de iogurte tipo firme. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campinas, v. 8, n. 1, p. 75-84, 18 jun. 2006.

MOHD ROZALLI, NH *et al.* Quality changes of stabilizer-free natural peanut butter during storage. **Journal of Food Science and Technology**, [S.L.], v. 53, n. 1, p. 694-702, 11 set. 2016.

MOREDA-PIÑEIRO, Jorge *et al.* Selenium species determination in foods harvested in Seleniferous soils by HPLC-ICP-MS after enzymatic hydrolysis assisted by pressurization and microwave energy. **Food Research International**, [S.L.], v. 111, p. 621-630, set. 2018.

NACANO, Evelin Thais. **Avaliação do comportamento reológico e colorimétrico de chocolates**. 2013. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campo Mourão, 2013.

NIELSEN, P.M. *et al.* Improved Method for Determining Food Protein Degree of Hydrolysis. **Journal of Food Science**, [S.L.], v. 66, n. 5, p. 642-646, jun. 2001.

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

PARK, K.J.B.; PARK, K.J.; CORNEJO, F.E.P.; FABBRO, I.M.D. Considerações termodinâmicas das isotermas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, [S.L.], v. 10, n. 1, p.83-94, 2008.

PAULA, Amanda Maldo; CONTI-SILVA, Ana Carolina. Texture profile and correlation between sensory and instrumental analyses on extruded snacks. **Journal Of Food Engineering**, [S.L.], v. 121, p. 9-14, jan. 2014.

PEREIRA, Cecília Cassimiro. **Determinação Físico-química e Caracterização Física de Pastas Comerciais Elaboradas Com Matérias-primas Oleaginosas**. 2019. 69 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina– UFSC, Florianópolis, 2019.

PEREIRA, Cecília Cassimiro *et al.* CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA DE PASTAS COMERCIAIS ELABORADAS COM MATÉRIAS-PRIMAS OLEAGINOSAS. **Tecnologia de Alimentos: Tópicos Físicos, Químicos e Biológicos**, [S.L.], v. 1, p. 429-444, 2020.

PEREIRA, Danielle Cunha de Souza *et al.* Bioacessibilidade de compostos bioativos e potencial antioxidante de polpa de juçara em pó (*Euterpe Edulis*). **Embrapa Agroindústria de Alimentos**, Belém, v. [], n. [], p. 1-8, 2018.

ROCKLAND, L. B.; BEAUCHAT, L. R. **Water activity: theory and application to food**. Nova York: CRC Press, 1987.

ROZALLI, N. H. Mohd; CHIN, N. L.; YUSOF, Y. A.. Particle Size Distribution of Natural Peanut Butter and Its Dynamic Rheological Properties. **International Journal Of Food Properties**, v. 18, n. 9, p. 1888-1894, 11 maio 2015.

SANCHES, Flavia Leticia. **Utilização de leite de coco na elaboração de sobremesa cremosa sabor cacau**. 2018. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul, 2018.

SANTIAGO, Mavyane Baracho; SOUZA, Márcio Leandro Ribeiro de. A review of selenium deficiency and susceptibility to viral infections with particular emphasis on the new coronavirus. **Brazilian Journal of Health Review**. Curitiba, v. 3, n.5, p.11509-11520, jul. 2020.

SANTOS, Orquídea Vasconcelos dos. **Estudo das potencialidades da castanha-do-brasil: produtos e subprodutos**. 2012. 215 f. Tese (Doutorado) - Curso de Bioquímico- Farmacêutica, Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SANTOS, O.V. *et al.* Comparative parameters of the nutritional contribution and functional claims of Brazil nut kernels, oil and defatted cake. **Food Research International**, [S.L.], v. 51, n. 2, p. 841-847, maio 2013.

SATO, Ana Carla K. *et al.* Effect of particle size on rheological properties of jaboticaba pulp. **Journal Of Food Engineering**, [S.L.], v. 91, n. 4, p. 566-570, abr. 2009.

SHAKERARDEKANI, Ahmad; KARIM, Roselina; GHAZALI, Hasanah Mohd; CHIN, Nyuk Ling. The Effect of Monoglyceride Addition on the Rheological Properties of Pistachio Spread. **Journal Of The American Oil Chemists' Society**, v. 90, n. 10, p. 1517-1521, 18 jul. 2013.

SHAKERARDEKANI, Ahmad; KARIM, Roselina; GHAZALI, Hasanah; CHIN, Nyuk. Textural, Rheological and Sensory Properties and Oxidative Stability of Nut Spreads—A Review. **International Journal Of Molecular Sciences**, v. 14, n. 2, p. 4223-4241, 20 fev. 2013.

Shaw, D. S.; **Introdução à química dos colóides e de superfícies**. Edgard Blucher, Editora da Universidade de São Paulo, 1975. 185 p.

SILVA, M.L.T.; FELTES, M. M. C.; BLOCK, J. M.; AMBONI, R. D. de M. C.; NUNES, I. L. N.; DUTRA, M. de O.; SIMÃO, G. P.; KECHINSKI, C. P. **Formulação de creme funcional contendo óleo de castanha e torta de noz, com cacau, e processo de obtenção do mesmo**. B.R. Patente. BR 10 2021 015681 3. Agosto, 2021.

SILVA, Rita de Cássia dos Santos Navarro da. **Caracterização sensorial e reológica de requeijão light adicionado de concentrado protéico de soro**. 2010. 167 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

SINGH, V. GUIZANI, N. AL-ALAWI, A. CLAEREBOUDT, M. RAHMAN, M.S. Instrumental texture profile analysis (TPA) of date fruits as a function of its physico-chemical properties. **Industrial Crops and Products**, [S.L.], v. 50 p. 866- 873, 2013.

SOUZA, Amanda Larissa Garça de *et al.* Aproveitamento dos resíduos de extração de óleo da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em produtos alimentícios ricos em proteínas, lipídios e fibras. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, [S.L.], v. 7, n. 4, p. 21-30, mar. 2016.

SOUZA, Joana Maria Leite de. **Caracterização e efeitos do armazenamento de amêndoas com películas e despelculadas sobre propriedades das frações proteica e lipídica de castanha-do-brasil.** 2013. 128 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

SOUZA, Maria Luzenira de; MENEZES, Hilary Castle de. Processamentos de amêndoa e torta de castanha-do-Brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [S.L.], v. 24, n. 1, p. 120-128, mar. 2004.

SOUZA, Silvio José Ferreira de. **Estudo da atividade de água em co-produtos da indústria de sucos: sementes de maracujá, casca de laranja e cascas de manga.** 2015. 70 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2015

SZCZESNIAK, Alina Surmacka. Texture is a sensory property. **Food Quality And Preference**, [S.L.], v. 13, n. 4, p. 215-225, jun. 2002.

TAGHIZADEH, M.; RAZAVI, S.M.A.. Modeling Time-Independent Rheological Behavior of Pistachio Butter. **International Journal Of Food Properties**, [S.L.], v. 12, n. 2, p. 331-340, 31 mar. 2009.

TONELI, Juliana Tófano de Campos Leite; MURR, Fernanda Elisabeth Xidieh; PARK, Kil Jin. Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 181-204, 2005.

TOTLANI, V. M.; CHINNAN, M. S.. Effect of Stabilizer Levels and Storage Conditions on Texture and Viscosity of Peanut Butter. **Peanut Science**, [S.L.], v. 34, n. 1, p. 1-9, jan. 2007.

WAGENER, Emily A.; KERR, William L.. Effects of oil content on the sensory, textural, and physical properties of pecan butter (*Carya illinoensis*). **Journal Of Texture Studies**, [S.L.], v. 49, n. 3, p. 286-292, 14 nov. 2017.

WOODROOF, J. G. **Peanuts: Production, processing, products.** 4^a ed.; Westport: AVI Publishing. p. 34 – 190, 1983.

WOLFSCHOON-POMBO, Alan F.; DANG, Bich Phuong; CHIRIBOGA, Bernardo Chiriboga. Forced syneresis determination results from commercial cream cheese samples. **International Dairy Journal**, [S.L.], v. 85 out. 2018.

YANG, Jun. Brazil nuts and associated health benefits: a review. **Lwt - Food Science And Technology**, [S.L.], v. 42, n. 10, p. 1573-1580, dez. 2009.

YICHAOLIANG *et al.* The heat stability of milk protein-stabilized oil-in-water emulsions: A review. **Current Opinion In Colloid & Interface Science**, New Zealand, v. 28, n. 0, p. 63-73, 22 mar. 2017

APÊNDICE A

Tabela 4: Avaliação da sinérese das amostras de pastas comerciais à base de castanha-do-brasil, mediante a determinação do teor de óleo liberado (%) das mesmas em centrífuga (3000, 9000 e 15000 g), à temperatura de 10 °C. Medição realizada em três semanas consecutivas, e as demais com espaçamento de uma semana (n = 3) *.

Rotação (g)	Amostra	Análise semanal ou a cada duas semanas				
		1 ^a	2 ^a	3 ^a	5 ^a	7 ^a
3000	A	11,32 ± 0,18 ^a	10,86 ± 0,42 ^{ab}	11,35 ± 0,41 ^a	12,72 ± 1,17 ^{ac}	12,26 ± 0,41 ^a
	B	25,32 ± 0,56 ^{ac}	24,05 ± 0,12 ^{ab}	24,86 ± 0,08 ^a	24,67 ± 0,41 ^a	25,07 ± 0,39 ^a
	C	0	0	0	0	0
9000	A	15,91 ± 0,16 ^a	14,95 ± 0,22 ^{ab}	14,93 ± 0,30 ^{ab}	17,32 ± 0,92 ^{ad}	16,93 ± 0,54 ^{ad}
	B	31,06 ± 0,20 ^{ac}	30,12 ± 0,56 ^{ab}	30,01 ± 0,05 ^{ac}	30,48 ± 0,31 ^a	30,81 ± 0,25 ^a
	C	0	0	0	0	0
15000	A	17,43 ± 0,55 ^a	16,98 ± 0,31 ^a	16,98 ± 0,24 ^a	19,60 ± 0,33 ^b	19,71 ± 0,43 ^b
	B	32,89 ± 0,06 ^a	32,92 ± 0,37 ^a	32,37 ± 0,18 ^{ab}	33,64 ± 0,18 ^{ac}	34,59 ± 0,41 ^d
	C	0	0	0	0	0

* Média ± desvio padrão dos resultados das repetições da análise. Médias com letras iguais na horizontal não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). Composição das amostras: (A) Castanha de caju, amêndoa, castanha-do-brasil, cacau, melado de cana e manteiga de cacau, (B) Castanha-do-brasil, (C) Castanha-do-brasil, açúcar orgânico, cacau e leite em pó. Fonte: Próprio autor (2022)