



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

AMANDA RODRIGUES LEAL

EXTRAÇÃO, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PERFIL SENSORIAL DE ÓLEOS DE
AMÊNDOA DE CASTANHA DE CAJU QUEBRADA

FORTALEZA

2024

AMANDA RODRIGUES LEAL

EXTRAÇÃO, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PERFIL SENSORIAL DE ÓLEOS DE
AMÊNDOA DE CASTANHA DE CAJU QUEBRADA

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

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Machado de Sousa.

Coorientadora: Dra. Ana Paula Dionísio.

FORTALEZA

2024

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)

L47e

Leal, Amanda Rodrigues.

Extração, composição química e perfil sensorial de óleos de amêndoa de castanha de caju quebrada /
Amanda Rodrigues Leal. – 2024.
105 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-
Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2024.

Orientação: Prof. Dr. Paulo Henrique Machado de Sousa.

Coorientação: Profa. Dra. Ana Paula Dionísio.

1. Anacardium occidentale L.. 2. Óleo prensado a frio. 3. Compostos bioativos e nutrientes. 4. Compostos voláteis. 5. Teste Check-All-That-Apply (CATA). I. Título.

CDD 664

AMANDA RODRIGUES LEAL

EXTRAÇÃO, COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PERFIL SENSORIAL DE ÓLEOS DE
AMÊNDOA DE CASTANHA DE CAJU QUEBRADA

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

Aprovada em: 25 / 01 / 2024.

BANCA EXAMINADORA

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

Dra. Ana Paula Dionísio (Coorientadora)
Embrapa Agroindústria Tropical

Profa. Dra. Luciana de Siqueira Oliveira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Elenilson Godoy Alves Filho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Joélia Marques de Carvalho
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Profa. Dra. Claisa Andréa Freitas Rabelo
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Dra. Ingrid Vieira Machado de Moraes
Embrapa Agroindústria Tropical

A minha mãe, Angela Maria Rodrigues.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me concedido saúde, força e determinação para concluir mais essa grande conquista na minha vida.

A minha amada mãe, Angela, por seu amor incondicional, infinito apoio e dedicação.

A minha madrinha, Socorro, que muito me apoiou durante toda a minha vida com sua imensa generosidade e amor.

À Universidade Federal do Ceará por todas as maravilhosas experiências vividas em seu âmbito, e por me possibilitar a realização do meu sonho de cursar a graduação, o mestrado e o doutorado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Henrique Machado de Sousa, e a minha coorientadora, Dra. Ana Paula Dionísio, por suas valiosas orientações, imenso apoio, confiança, paciência, compreensão e pela disposição em sempre ajudar.

Aos membros convidados da banca examinadora, Luciana, Elenilson, Joélia, Claisa e Ingrid, por aceitarem o convite e pelas valiosas sugestões propostas.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará.

À Embrapa Agroindústria Tropical pelo financiamento e por todo o apoio fornecido à pesquisa. E aos analistas e técnicos Artur, Fernando, Ídila, Adriano, Hilton, Paulo e Lorena pelo valioso suporte e contribuição durante as análises.

Ao bolsista e querido amigo Gilleno de Oliveira pela sua imensa ajuda e contribuição ao longo de toda a pesquisa. Às bolsistas Andressa Barbosa, Emilly Kaiane e Ana Jady por toda a grande ajuda na realização das análises. Todos vocês fizeram do ambiente de trabalho bem mais leve, divertido e agradável. Sem vocês não teria sido possível concluir esse trabalho com tanto êxito.

À Empresa Usibras pelo provimento das amêndoas de castanha de caju.

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

Ao professor Ronaldo Ferreira e ao doutorando Hélio Oliveira pela realização da análise de compostos voláteis.

Aos queridos técnicos Liana Flor e Fernando Lima pelo apoio na realização das análises no Laboratório de Frutas e Hortaliças.

Às queridas amigas e colegas de trabalho da UFC Natália Viviane, Regina Bastos e Tereza Carlas pelo imenso apoio, amizade e companheirismo.

A todos os colegas do IFCE *campus* Iguatu que me apoiaram.

A todos que torceram por mim e me ajudaram de forma direta ou indireta na realização desse sonho.

Muito obrigada!

RESUMO

No processamento da castanha de caju ocorre um índice de quebra das amêndoas em torno de 40% e, por isso, a extração do óleo a partir destas partes representa uma agregação de valor à cadeia do caju. O objetivo desse estudo foi obter um óleo extraído a partir da amêndoa de castanha de caju de menor valor comercial, caracterizar o óleo quanto à sua composição química, física, sensorial, e avaliar as alterações ocorridas ao longo de seu armazenamento. O óleo foi obtido a partir de diferentes classificações de amêndoa de castanha de caju e analisado quanto aos índices de acidez e peróxido, cor, ácidos graxos e compostos voláteis. A amostra com melhores resultados foi selecionada para caracterização quanto à sua composição física, química e sensorial e avaliação das alterações ocorridas ao longo de 60 dias de armazenamento a 30, 40 e 50°C (condições aceleradas). Os óleos de amêndoas quebradas apresentaram qualidade semelhante ou superior ao óleo da amêndoa inteira (LW3), especialmente as amostras batoque (B3) e pedaço grande (P3), com índices de acidez, peróxido e cor iguais ao da LW3. Os óleos de amêndoas menos intactas apresentaram valores de acidez superiores às do óleo LW3 e altas proporções de AGM (64,47 a 65,28%). A amostra P3 apresentou maiores proporções de compostos voláteis não derivados de oxidação. Dessa forma, o óleo selecionado para o prosseguimento do estudo foi o P, no qual foi verificado a presença dos ácidos anacárdicos 15:3, 15:2, 15:1 e 17:3, dos fitoesteróis β -Sitosterol, cicloartenol, lanosterol e campesterol, tendo como ácido graxo principal o ácido oleico (65,24 a 66,49%). Ao longo do armazenamento, ocorreram alterações sutis na qualidade oxidativa do óleo, principalmente a 50°C, com aumento nos valores de acidez e peróxido, maiores diferenças de cor e redução nos ácidos graxos poli-insaturados. A aceitação sensorial diminuiu com o passar do tempo, mas ao final do armazenamento as amostras ainda obtiveram notas médias acima do termo “gostei ligeiramente”. Utilizando o teste *Check-All-That-Apply* o óleo apresentou atributos sensoriais positivos, como cor amarela, brilho, aspecto claro, sabor adocicado, sabor neutro e aroma de amêndoa de castanha de caju. Com isso, observou-se que o óleo foi estável ao longo do armazenamento, tendo grande potencial para comercialização e consumo para uso direto e em preparações culinárias. Este estudo amplia a possibilidade de valorização da amêndoa de castanha de caju de menor valor comercial por meio da produção de óleo com qualidade adequada para consumo.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale* L.; óleo prensado a frio; compostos bioativos e nutrientes; compostos voláteis; teste *Check-All-That-Apply* (CATA); grupo de foco.

ABSTRACT

During the processing of cashew nuts, there is a rate of nut breakage of around 40%; therefore, the extraction of oil from these parts represents an added value to the cashew chain. This study aimed to obtain an oil extracted from lower commercial value cashew nuts, characterize the oil in terms of its chemical, physical, and sensory evaluation, and evaluate the changes throughout its storage. Oil samples were obtained from different classifications of cashew nuts and analyzed for acid and peroxide values, color, fatty acids, and volatile compounds. The sample with the best results was characterized by its physical, chemical, and sensory evaluation of the changes that occurred over 60 days of storage at 30, 40, and 50 °C (accelerated conditions). Broken nuts oils presented similar or superior quality to whole nut oil (LW3), especially samples butts (B3) and large pieces (P3), with acidity, peroxide and color values equal to LW3. Less intact nut oils had higher acid values than LW3 oil and high proportions of AGM (64.47 to 65.28%). Sample P3 presented higher ratios of volatile compounds not derived from oxidation. Therefore, the oil selected to continue the study was P, in which the presence of anacardic acids 15:3, 15:2, 15:1, and 17:3, the phytosterols β -Sitosterol, cycloartenol, lanosterol, and campesterol, with oleic acid as its main fatty acid (65.24 to 66.49%). Throughout storage, there were subtle changes in the oxidative quality of the oil, mainly at 50°C, with an increase in acid and peroxide values, more significant color differences, and a reduction in polyunsaturated fatty acids. Sensory acceptance decreased over time, but at the end of storage, the samples still obtained scores above 'like slightly'. Furthermore, the Check-All-That-Apply (CATA) test showed that the oil presented positive sensory attributes, such as yellow color, brightness, clear appearance, sweet taste, neutral flavor and cashew nut aroma. As a result, it was observed that the oil was stable throughout storage, having great potential for commercialization and consumption for direct use and in culinary preparations. This study expands the possibility of valuing cashew nuts with lower commercial value through the production of oil with adequate quality for consumption.

Keywords: *Anacardium occidentale* L; cold-pressed oil; bioactive compounds and nutrients; volatile compounds; Check-All-That-Apply (CATA) test; focus group.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|----------|---|----|
| Figura 1 | - Corte longitudinal da castanha de caju | 16 |
| Figura 2 | - Fluxograma do beneficiamento da castanha de caju | 19 |
| Figura 3 | - Representação dos ácidos graxos esteárico, oleico e linoleico | 25 |
| Figura 4 | - Esquema geral do mecanismo da oxidação lipídica | 27 |
| Figura 5 | - Gráficos quimiométricos dos compostos voláteis em óleos de amêndoa de castanha de caju elaborados com diversas classificações de amêndoa. (a) Mínimos Quadrados Parciais (PLS-DA-Pontuações) (b) Gráfico de Variáveis de Importância na Projeção (VIP-Pontuações) | 52 |
| Figura 6 | - Análise hierárquica de agrupamento e mapa de calor representando teores de compostos voláteis em óleos de amêndoa de castanha de caju elaborados com diferentes classificações de amêndoa | 54 |
| Figura 7 | - Cromatograma e identificação de ácidos anacárdicos em óleo de amêndoa de caju | 66 |
| Figura 8 | - Análise de correspondência entre as amostras de óleo de amêndoa de castanha de caju e os termos do CATA | 78 |
| Figura 9 | - Análise de penalidades apresentando o impacto da percepção dos atributos sensoriais na aceitação global de óleo de amêndoa de castanha de caju | 79 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabela 1 | - Classificação da amêndoa de castanha de caju e especificações | 21 |
| Tabela 2 | - Composição da amêndoa da castanha de caju | 23 |
| Tabela 3 | - Taxas de oxidação relativas de ácidos graxos | 28 |
| Tabela 4 | - Composição físico-química e química de amêndoas de castanhas de caju de várias classificações | 43 |
| Tabela 5 | - Caracterização físico-química e química de óleos de amêndoa de castanha de caju elaborados com diferentes classificações de amêndoa | 44 |
| Tabela 6 | - Cor instrumental de óleos de amêndoa de castanha de caju elaborados com diferentes classificações de amêndoa | 45 |
| Tabela 7 | - Composição em ácidos graxos de óleos de amêndoa de castanha de caju elaborados com diferentes classificações de amêndoa | 46 |
| Tabela 8 | - Identificação de compostos voláteis do óleo de amêndoa de castanha de caju por Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG-MS) | 48 |
| Tabela 9 | - Identificação de ácidos anacárdicos em óleo de amêndoa de caju | 66 |
| Tabela 10 | - Conteúdo de fitosteróis em óleo de amêndoa de caju | 67 |
| Tabela 11 | - Valores dos índices de acidez e de peróxido e da análise de cor do óleo de amêndoa de castanha de caju armazenado a 30, 40 e 50 °C por 60 dias | 68 |
| Tabela 12 | - Análise de variância dos resultados de índice de acidez, índice de peróxido e cor | 69 |
| Tabela 13 | - Composição em ácidos graxos de óleo de amêndoa de caju armazenado a 30, 40 e 50 °C por 60 dias | 70 |
| Tabela 14 | - Análise de variância dos resultados de composição em ácidos graxos | 71 |
| Tabela 15 | - Médias de aceitação de óleo de amêndoa de caju armazenado a 30, 40 e 50 °C por 60 dias | 74 |
| Tabela 16 | - Análise de variância dos resultados de aceitação sensorial | 75 |
| Tabela 17 | - Dados do teste <i>check-all-that-apply</i> (CATA) por frequência de citação das amostras de óleo de amêndoa de castanha de caju armazenadas a 30, 40 e 50 °C por 60 dias | 76 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 13 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 15 |
| 2.1 | Aspectos botânicos, colheita e pós-colheita do caju | 15 |
| 2.2 | Processamento da castanha de caju | 17 |
| 2.3 | Importância socioeconômica da amêndoa da castanha de caju | 21 |
| 2.4 | Composição nutricional e bioativa da amêndoa da castanha de caju e seus benefícios para a saúde | 22 |
| 2.5 | Características químicas dos óleos vegetais | 24 |
| 2.6 | Métodos de extração de óleos vegetais | 29 |
| 2.7 | Avaliação do estado oxidativo de óleos vegetais | 30 |
| 2.8 | Testes acelerados de avaliação da estabilidade oxidativa de óleos | 33 |
| 3 | CAPÍTULO I - IMPACTO DE DIFERENTES CLASSIFICAÇÕES DE AMÊNDOA NO PERFIL DE COMPOSTOS VOLÁTEIS, ÁCIDOS GRAXOS E QUALIDADE OXIDATIVA DO ÓLEO DE CASTANHA DE CAJU | 36 |
| 3.1 | Introdução | 36 |
| 3.2 | Material e métodos | 38 |
| 3.2.1 | <i>Matéria-prima</i> | 38 |
| 3.2.2 | <i>Reagentes</i> | 38 |
| 3.2.3 | <i>Processamento do óleo de amêndoa de castanha de caju</i> | 38 |
| 3.2.4 | <i>Caracterização da amêndoa de castanha de caju</i> | 39 |
| 3.2.4.1 | <i>Umidade</i> | 39 |
| 3.2.4.2 | <i>Cinzas</i> | 39 |
| 3.2.4.3 | <i>Lipídio</i> | 39 |
| 3.2.4.4 | <i>Proteína</i> | 39 |
| 3.2.4.5 | <i>Carboidrato</i> | 40 |
| 3.2.4.6 | <i>Fibra dietética</i> | 40 |
| 3.2.5 | <i>Caracterização do óleo da amêndoa de castanha de caju</i> | 40 |
| 3.2.5.1 | <i>Índices de acidez e peróxido</i> | 40 |
| 3.2.5.2 | <i>Análise de cor</i> | 40 |
| 3.2.5.3 | <i>Perfil de ácidos graxos de óleo de amêndoa de castanha de caju por CG-DIC.</i> | 41 |
| 3.2.5.4 | <i>Identificação de compostos voláteis por HS-SPME/GC-MS</i> | 42 |

| | | |
|---------|---|----|
| 3.2.6 | <i>Análises estatísticas</i> | 42 |
| 3.3 | Resultados e discussão | 43 |
| 3.3.1 | <i>Caracterização do óleo e da amêndoa de castanha de caju</i> | 43 |
| 3.3.2 | <i>Cor do óleo de amêndoa de castanha de caju</i> | 45 |
| 3.3.3 | <i>Composição em ácidos graxos do óleo de amêndoa de castanha de caju</i> | 46 |
| 3.3.4 | <i>Compostos voláteis</i> | 48 |
| 3.4 | Conclusão | 56 |
| 4 | CAPÍTULO II - ESTABILIDADE OXIDATIVA E CARACTERIZAÇÃO SENSORIAL DO ÓLEO DE AMÊNDOA DE CASTANHA DE CAJU DURANTE ARMAZENAMENTO ACELERADO | 57 |
| 4.1 | Introdução | 58 |
| 4.2 | Material e métodos | 59 |
| 4.2.1 | <i>Matéria-prima</i> | 59 |
| 4.2.2 | <i>Reagentes</i> | 60 |
| 4.2.3 | <i>Processamento do óleo de amêndoa de castanha de caju</i> | 60 |
| 4.2.4 | <i>Caracterização do óleo de amêndoa de castanha de caju</i> | 60 |
| 4.2.4.1 | <i>Ácidos Anacárdicos</i> | 61 |
| 4.2.4.2 | <i>Fitoesteróis</i> | 61 |
| 4.2.5 | <i>Estabilidade oxidativa de óleo de amêndoa de castanha de caju durante armazenamento acelerado</i> | 62 |
| 4.2.5.1 | <i>Índices de acidez e peróxido</i> | 62 |
| 4.2.5.2 | <i>Análise de cor</i> | 62 |
| 4.2.5.3 | <i>Perfil de ácidos graxos de óleo de amêndoa de castanha de caju por CG-DIC.</i> | 62 |
| 4.2.6 | <i>Propriedades sensoriais por métodos afetivos e descritivos de óleo de amêndoa de castanha de caju durante armazenamento acelerado</i> | 63 |
| 4.2.6.1 | <i>Teste de aceitação</i> | 64 |
| 4.2.6.2 | <i>Teste Check-All-That-Apply (CATA)</i> | 64 |
| 4.2.6.3 | <i>Grupo focal</i> | 64 |
| 4.2.7 | <i>Análises estatísticas</i> | 65 |
| 4.3 | Resultados e discussão | 65 |
| 4.3.1 | <i>Caracterização do óleo de amêndoa de castanha de caju: ácidos anacárdicos</i> | 65 |
| 4.3.2 | <i>Caracterização do óleo de amêndoa de castanha de caju: fitoesteróis</i> | 67 |
| 4.3.3 | <i>Estabilidade oxidativa de óleo de amêndoa de castanha de caju durante armazenamento acelerado: acidez, peróxido e cor</i> | 67 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 4.3.4 | <i>Estabilidade oxidativa de óleo de amêndoa de castanha de caju durante armazenamento acelerado: Ácidos graxos</i> | 69 |
| 4.3.5 | <i>Propriedades sensoriais por métodos afetivos e descritivos de óleo de amêndoa de castanha de caju durante armazenamento acelerado</i> | 72 |
| 4.3.5.1 | <i>Grupo focal</i> | 72 |
| 4.3.5.2 | <i>Teste de aceitação</i> | 74 |
| 4.3.5.3 | <i>Teste CATA</i> | 75 |
| 4.4 | Conclusão | 79 |
| 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 81 |
| | REFERÊNCIAS | 82 |
| | APÊNDICE A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO | 97 |
| | APÊNDICE B - FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL | 99 |
| | ANEXO A - PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA | 102 |

1 INTRODUÇÃO

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é uma árvore tropical originária do Brasil e que pertence à família *Anacardiaceae* (AZAM-ALI; JUDGE, 2001). Dessa planta obtém-se o caju, pedúnculo hipertrofiado, e a castanha, fruto verdadeiro, a qual é composta pela amêndoa, a película e uma casca dupla de 2 a 3 mm de espessura contendo um líquido fenólico em seu interior (GÓMEZ-CARAVACA; VERARDO; CABONI, 2010).

Durante o processamento da castanha, ocorre um índice de quebra das amêndoas em torno de 40%, e apesar dos grãos quebrados apresentarem a mesma composição dos inteiros seu preço é menor (LIMA *et al.*, 2023; PAIVA; SILVA NETO, 2013). Por isso, a extração do óleo a partir das amêndoas quebradas representa uma agregação de valor à cadeia da castanha de caju, já que estas são uma boa fonte de óleo comestível por apresentar em torno de 30% de lipídeos totais (ZANQUI *et al.*, 2020a). Além disso, o óleo pode ser comercializado como produto com maior valor agregado, uma vez que apresenta qualidade sensorial diferenciada, alto valor nutricional e é quimicamente estável (LIMA; PINTO; MAGALHÃES, 2018; CARVALHO *et al.*, 2018).

Os óleos vegetais são alimentos que possuem propriedades relacionadas à saúde, principalmente na prevenção de doenças cardiovasculares (ZANQUI *et al.*, 2020b; USLU; ÖZCAN, 2019). Estes são fontes de ácidos graxos monoinsaturados (AGM) e poli-insaturados (AGP), como o ácido oleico (AGM) e linoleico (AGP), presentes no óleo da amêndoa de castanha de caju, os quais estão associados à saúde cardiovascular (USLU; ÖZCAN, 2019; RYAN *et al.*, 2006). Os óleos vegetais também possuem outras substâncias benéficas à saúde, como polifenóis, tocoferóis, fitoesteróis e outros fitoquímicos (GÓMEZ-CARAVACA; VERARDO; CABONI, 2010; CARVALHO *et al.*, 2018; TOSCHI *et al.*, 1993).

Contudo, as formas de extração dos óleos podem influenciar no seu conteúdo de compostos bioativos, sendo necessário avaliar quais técnicas que melhor preservam suas características nutricionais e funcionais (ANGELIS, 2001). Além disso, a classificação da amêndoa também pode interferir na qualidade do óleo, visto que a exposição das amêndoas quebradas ao oxigênio é maior do que na amêndoa inteira devido à elevada área superficial (CARVALHO *et al.*, 2018). Outro ponto a se considerar, é que os óleos não refinados não passam por etapas para a retirada de componentes mais suscetíveis à oxidação, diferentemente dos óleos refinados, e por isso são necessárias pesquisas sobre as condições de

armazenamento e seus efeitos oxidativos sobre o óleo minimamente processado (FLAKELAR *et al.*, 2018).

Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi obter um óleo a partir de amêndoas de castanha de caju de menor valor comercial que possuísse boa estabilidade oxidativa e que mantivesse sua qualidade nutricional, sensorial e compostos bioativos após a extração e durante seu armazenamento. Para isso, buscou-se fornecer dados de referência para a compreensão do impacto de diferentes classificações de amêndoa de castanha de caju na qualidade oxidativa dos óleos extraídos por meio da determinação de parâmetros físico-químicos, perfil de ácidos graxos e compostos voláteis do óleo obtido por prensagem. E, por fim, avaliar as modificações físicas, químicas e sensoriais ocorridas ao longo de 60 dias de armazenamento a 30 °C (temperatura normal de armazenamento), 40 e 50 °C (condições aceleradas) a fim de avaliar a estabilidade oxidativa do óleo de amêndoa de castanha de caju.

Pretende-se, dessa maneira, prover informações que incentivem a ampliação do uso e valorização das amêndoas de castanha de caju quebradas, as quais possuem menor valor comercial, de modo a ampliar as formas de consumo desse alimento. E, com isso, fornecer aos consumidores uma alternativa de óleo vegetal não refinado com adequada qualidade oxidativa e nutricional para fazer parte de uma alimentação saudável e equilibrada.

A presente tese foi organizada em cinco seções, abrangendo uma introdução geral sobre a pesquisa, uma revisão bibliográfica sobre os assuntos pertinentes ao estudo, os resultados obtidos, que foram discutidos em dois capítulos em formato de artigos, e, por último, as considerações finais com base nos principais resultados apresentados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Aspectos botânicos, colheita e pós-colheita do caju

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), família Anacardiaceae, é uma planta geralmente cultivada em regiões costeiras, sendo originária do Brasil, mas que se espalhou para outras partes da América do Sul e Central, México e Índia (AZAM-ALI; JUDGE, 2001; OLIVEIRA; LEAL; DANTAS, 2015). O cajueiro cultivado vem sendo agrupado em dois tipos: o comum e ao anão-precoce (BARROS, 1988). O primeiro, que é o mais difundido, apresenta porte elevado com altura variando de 8 a 15 metros, diâmetro da copa entre 10 a 20 metros, primeira floração com 3 a 5 anos e período de frutificação de 4 meses. Por outro lado, o cajueiro do tipo anão-precoce apresenta porte baixo, com altura de até 4 metros, largura da copa de 5 a 6,5 metros, primeira floração com 6 a 18 meses e período de frutificação de 8 meses (PAIVA; BARROS; CAVALCANTI, 2009).

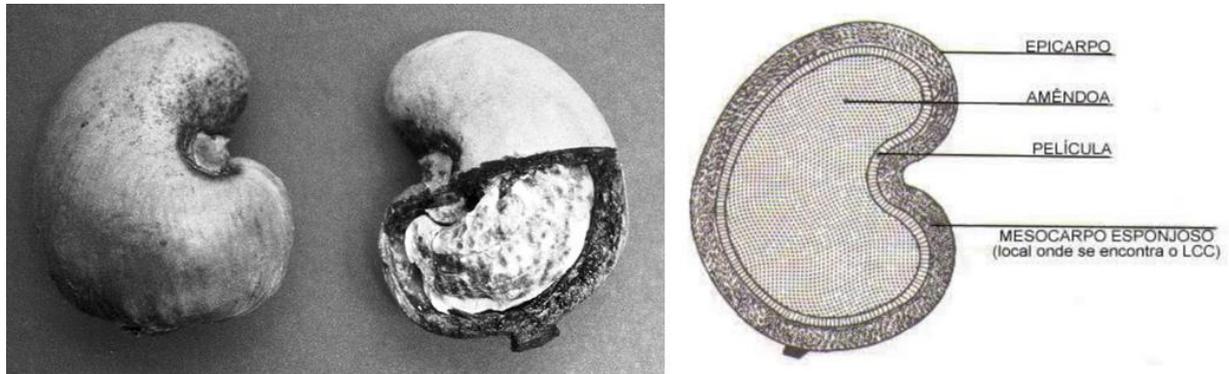
As flores do cajueiro são pequenas, polígamas, agrupadas em grandes panículas terminais; suas folhas são simples, inteiras, alternas, de aspecto subcoriáceo, glabras e curto-pecioladas, possuindo coloração verde-clara a arroxeada, quando jovens, tornando-se verdes, quando maduras. Seu fruto é a castanha de caju, que se encontra pendente a um pedúnculo carnoso e suculento, o pseudofruto, de coloração variando entre o amarelo e o vermelho e peso de 20 a 500 g, correspondendo a 90% do peso do caju (CRISÓSTOMO *et al.*, 2009; VIDAL NETO *et al.*, 2013; PAIVA; GARRUTI; SILVA NETO, 2000).

A castanha, um aquênio reniforme, é constituída de casca (epicarpo, mesocarpo e endocarpo), película e amêndoa, com peso variando de 2 a 30 g, o que corresponde a 10% do peso do caju (FIGURA 1). A casca representa 65 a 70% do peso da castanha, seu epicarpo é coriáceo e liso, já o mesocarpo constitui-se de uma camada de células esponjosas onde se localiza um líquido viscoso de cor escura, cáustico e vesicante, abrasivo para a pele e inflamável, denominado líquido da casca da castanha do caju (LCC) (VIDAL NETO *et al.*, 2013; PAIVA; SILVA NETO, 2013).

Por sua vez, a película, responsável por proteger a amêndoa, é formada por um tegumento composto basicamente de catequinas, alguns alcaloides e pigmentos de cor alaranjada, representando cerca de 3% do peso da castanha de caju (PAIVA; SILVA NETO, 2013). Na parte mais interna está localizada a amêndoa de castanha de caju (ACC), parte comestível do fruto, constituída de dois cotilédones carnosos e oleosos de cor marfim,

representando de 28% a 30% do peso da castanha (MAZZETTO; LOMONACO; MELE, 2009).

Figura 1- Corte longitudinal da castanha de caju



Fonte: Adaptado de Paiva, Garruti e Silva Neto (2000); Garruti e Paiva (1995).

No caso da cultura do cajueiro, vários problemas afetam a qualidade final da castanha, dentre estes, destacam-se os relacionados com as etapas de colheita e pós-colheita que, geralmente, são feitos de forma inadequada (OLIVEIRA *et al.*, 2004). Antes do início da colheita, dois cuidados são essenciais: a poda de limpeza, retirando-se os ramos secos e apodrecidos da planta, e o coroamento das plantas, que consiste na roçagem na base da planta para eliminação dos restos vegetais. Esses cuidados diminuem a competição do cajueiro com plantas daninhas, as perdas na apanha da castanha e a incidência de doenças e pragas após a colheita (LIMA, 2013).

A colheita das castanhas deve ser feita depois que os cajus se desprendem da planta e caem, sendo recomendado colher os frutos pelo menos 2 a 3 vezes por semana (PAIVA *et al.*, 2006). Durante o processo de colheita, não é indicado que as castanhas permaneçam no campo por longos períodos, pois a absorção da umidade pode promover o início do processo germinativo da castanha podendo contribuir para reduzir sua qualidade (LIMA, 2013).

Na etapa de pós-colheita, o descastanhamento, a limpeza e a secagem das castanhas são operações fundamentais e determinantes para se evitar ou minimizar os riscos de ataque de pragas ou doenças e a contaminação da ACC por resíduos químicos da própria castanha (OLIVEIRA *et al.*, 2004). O descastanhamento, separação entre a castanha e o pedúnculo, é mais facilmente realizado por estrangulamento, com o emprego de pedaço de fio náilon, o qual é enlaçado no ponto de união entre a castanha e o pedúnculo e, após um puxão

para um dos lados, a castanha é liberada do pedúnculo; mas também pode ser feito manualmente, por simples torção, ou por uso de uma máquina descastanhadora (PAIVA *et al*, 2006; OLIVEIRA, 2002). O descastanhamento precisa ser feito imediatamente após a colheita e deve ser realizado evitando que resíduos do pedúnculo fiquem aderidos, de modo a prevenir que estes apodreçam e fermentem, danificando as castanhas (PAIVA *et al*, 2006).

Posteriormente, as castanhas devem ser colocadas para secar durante dois ou três dias em terreiro de secagem, sendo dispostas em camadas de no máximo 10 cm de altura, e reviradas diariamente, atentando-se também para a seleção e limpeza destas (OLIVEIRA, 2002). Após o processo de secagem, as castanhas devem apresentar entre 8% e 10% de umidade para serem armazenadas. Se durante o armazenamento a umidade baixar a menos de 8%, pode ocorrer liberação de líquido da casca da castanha (LCC) ou óleo da castanha. Por sua vez, umidade superior a 10% favorece o desenvolvimento de fungos, que contaminam a ACC (PAIVA *et al*, 2006).

Depois do processo de secagem, é importante a realização da classificação ou calibragem, pois pode influenciar em todas as etapas subsequentes do beneficiamento. As castanhas são classificadas de duas formas: em relação ao seu tamanho e quanto a sua qualidade, garantindo assim mais homogeneidade ao produto (PAIVA *et al.*, 2006).

No momento de armazenar, o produtor deve eliminar as castanhas chochas, furadas e enrugadas, e os sacos de estopa ou pano devem ser acondicionados em locais frescos e ventilados, sobre estrados de madeira e afastados da parede (PAIVA *et al*, 2006; OLIVEIRA, 2002).

2.2 Processamento da castanha de caju

O processamento da castanha de caju tem como um de seus principais objetivos a retirada da ACC de modo a preservar suas características de tamanho, cor e integridade. As ACC inteiras possuem preço mais elevado do que os pedaços quebrados. Além disso, as de cor marfim ou branca e tonalidade pálida são preferíveis às queimadas ou coloridas (PAIVA; GARRUTI; SILVA NETO, 2000).

O rendimento da ACC geralmente varia entre 22 e 24% do peso total da castanha processada. A porcentagem de ACC intactas no final do processamento varia entre 55 e 85%, dependendo do método de processamento e do gerenciamento da fábrica, sendo 65% considerado um resultado satisfatório (AZAM-ALI; JUDGE, 2001).

Há três tipos de sistema de beneficiamento da castanha de caju, o mecanizado, o semimecanizado e o artesanal. Avalia-se que, apenas, 5 a 10% da produção de castanha de caju no Brasil seja processada de forma semimecanizada e artesanal com o uso de máquina manual, geralmente em pequenas unidades de produção (minifábricas), que, ao contrário das fábricas mecanizadas, estão localizadas na zona rural das cidades do interior, principalmente da região Nordeste, o que lhes confere grande capilaridade (PAIVA; SILVA NETO, 2013).

Após as etapas de secagem, limpeza, classificação e armazenamento, as castanhas passam pelos processos de pesagem, cozimento, resfriamento e secagem, decorticação, estufagem da ACC, resfriamento, despêliculagem, seleção e classificação, fritura e embalagem (PAIVA; GARRUTI; SILVA NETO, 2000) (FIGURA 2).

A pesagem é realizada para que se tenha ciência do volume exato a ser processado e da quantidade da matéria-prima a ser colocada na autoclave, permitindo também o controle do estoque e da qualidade da castanha armazenada, uma vez que isso pode indicar a necessidade de reumidificação (EMBRAPA AGROINDÚSTRIA TROPICAL; SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS, 2003).

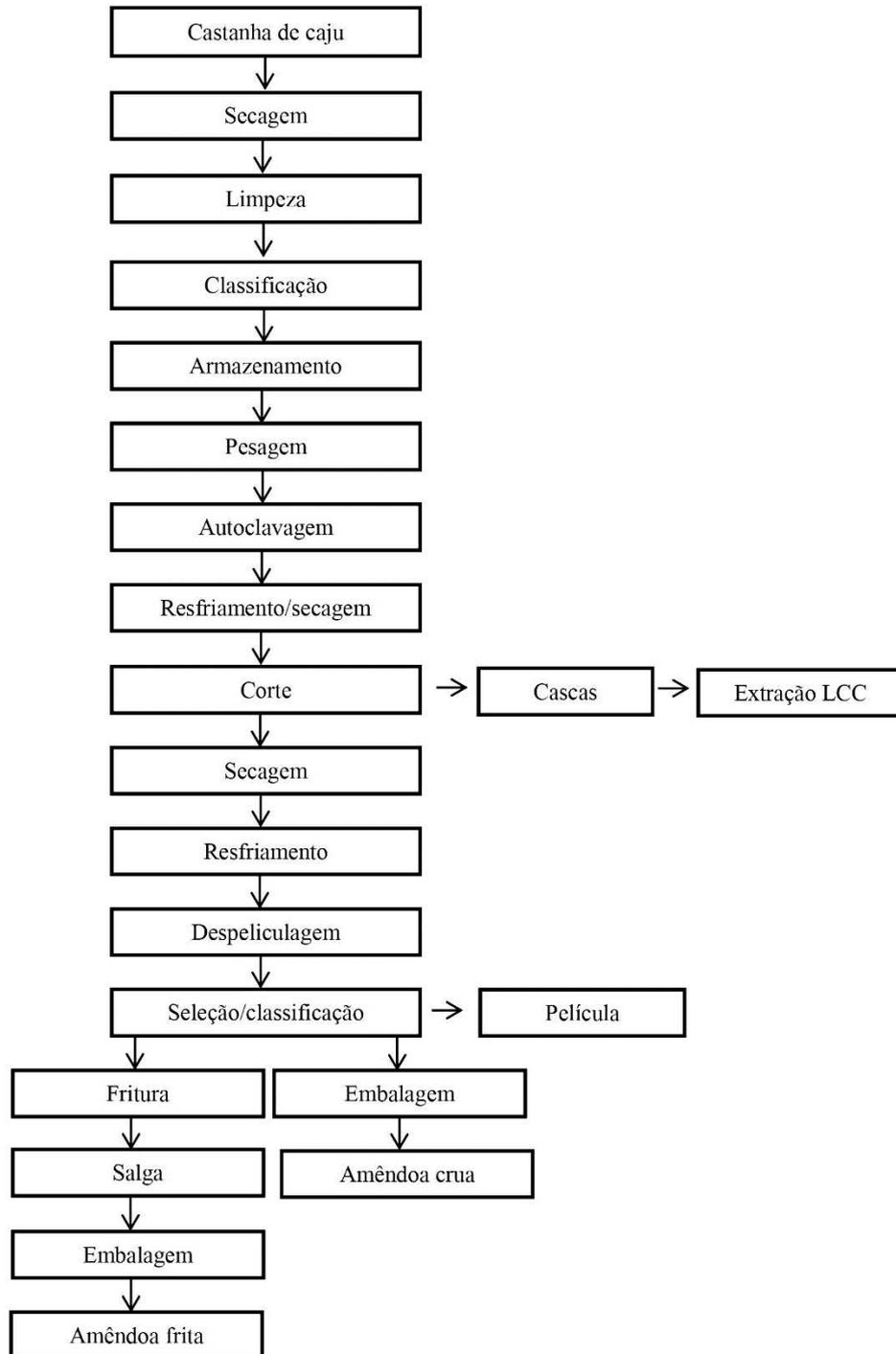
O cozimento tem a finalidade de preparar as castanhas para o corte, uma vez que torna a casca friável (que se quebra facilmente), vitrifica o líquido da casca (LCC) e facilita a soltura da ACC do endocarpo (PAIVA *et al.*, 2006; EMBRAPA AGROINDÚSTRIA TROPICAL; SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS, 2003). Essa etapa pode ser realizada em autoclave a 110°C/10 minutos ou em caldeirão comum por, aproximadamente 30 minutos (EMBRAPA AGROINDÚSTRIA TROPICAL; SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS, 2003).

Após o cozimento, as castanhas são colocadas para resfriar e secar em local arejado com o propósito de facilitar a quebra da casca durante o corte (EMBRAPA AGROINDÚSTRIA TROPICAL; SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS, 2003). Em seguida, realiza-se a decorticação (corte), operação realizada em máquinas de corte e que resulta na casca e na ACC com película (PAIVA; GARRUTI; SILVA NETO, 2000).

Os teores de umidade das ACC obtidas na decorticação variam de 6 a 8%, o que dificulta a remoção da película que as envolve. A etapa de estufagem reduz a umidade para 3%, tornando essa película mais quebradiça e mais fácil de ser removida. Essa operação é realizada em estufas com circulação de ar quente (60 a 70°C) por 6 a 8 horas. As castanhas são colocadas em bandejas teladas e devem ser aquecidas de modo que a película se solte por igual (PAIVA *et al.*, 2006). A estufagem deve ser seguida de resfriamento, que pode ser

realizado nas próprias bandejas ou sobre mesas por volta de duas horas à temperatura ambiente, visando à preparação do produto para a retirada da película (PAIVA; GARRUTI; SILVA NETO, 2000).

Figura 2 - Fluxograma do beneficiamento da castanha de caju.



Fonte: Adaptado de Paiva, Garruti e Silva Neto (2000).

A despeliculagem da ACC, em fábricas de grande porte, é realizada de forma mecanizada por meio de choque térmico, sistema pressurizado ou por atrito (PAIVA; SILVA NETO, 2013). Porém, esse processo também pode ser realizado manualmente, em que os operários separam a película da ACC por simples torção de dedos (EMBRAPA AGROINDÚSTRIA TROPICAL; SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS, 2003).

Com relação à classificação das ACC, essencialmente utiliza-se critérios relacionados a tamanho, integridade e cor. Essa operação é realizada em bancadas revestidas de fórmica ou tecido grosso de cor clara, que retém a poeira existente nas ACC (PAIVA; GARRUTI; SILVA NETO, 2000).

A Association of Food Industries (AFI) estabelece as especificações para ACC a nível internacional (ASSOCIATION OF FOOD INDUSTRIES, 2016). Já no Brasil, o órgão responsável por regulamentar os padrões de classificação é o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) por meio da IN nº 2, de 2017 (BRASIL, 2017), que classifica a ACC em classes (em função da forma como se apresenta, seu tamanho e granulometria) e subclasses (em função do número de ACC contidas em 453,59g, no caso da ACC inteira, e da sua granulometria, em relação ao pedaço (TABELA 1).

Além disso, as ACC também são classificadas em tipos, que são definidos em função da cor da ACC e dos limites máximos de tolerâncias de defeitos, podendo ser do tipo 1 (ACC de coloração uniforme, que pode ser branca, amarelo-clara, marfim pálida ou cinza-clara) ao tipo 6 (ACC inteiras avermelhadas ou de coloração marrom escura, com manchas acentuadas, queimadas ou com dano superficial) (BRASIL, 2017).

A etapa de fritura é realizada quando o produto se destina ao mercado interno, sendo, portanto, opcional. É importante que esse processo seja antecedido pela etapa de classificação das ACC por tamanho e qualidade, buscando manter a uniformidade do produto (PAIVA *et al.*, 2006). Após a fritura, o excesso de óleo deve ser removido através da utilização de papel absorvente, saco de estopa limpo ou ainda por centrifugação. Por fim, é realizada a salga com as ACC ainda quentes adicionando-se sal refinado de boa qualidade em concentração de 1 a 2% em relação ao peso da ACC (EMBRAPA AGROINDÚSTRIA TROPICAL; SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS, 2003).

Durante a embalagem, são necessários cuidados especiais, assegurando a manutenção da umidade entre 4% e 4,5%, visto que valores inferiores tornam a ACC muito suscetível à quebra e valores maiores que 5% a tornam mais vulnerável ao desenvolvimento

de fungos (PAIVA *et al.*, 2006). As ACC processadas podem ser armazenadas em sacos ou latas herméticos (AZAM-ALI; JUDGE, 2001).

Tabela 1 - Classificação da amêndoa de castanha de caju e especificações

| Classe | | Subclasse |
|--|---|--|
| Inteira (W): constituída de amêndoas inteiras |  | Inteira superespecial (SLW); inteira especial (LW/W210); inteira (W240); inteira (W280); inteira (W320); inteira (W450); inteira pequena (SW/W550); inteira (W3, WM, W4 e W5). |
| Banda (S): cotilédones inteiros, incluindo aqueles com fratura transversal em até 1/8 do seu tamanho original. |  | - |
| Batoque (B): fratura transversal em um ou em ambos os cotilédones, com dimensão superior a 3/8 e inferior a 7/8 do tamanho original. |  | - |
| Pedaço (P): pedaços de tamanhos variados, que fiquem retidos na peneira de malha 8 ou 2,36 mm de abertura, confeccionada em fio 20 SWG. |  | Pedaço grande (P); pedaço médio (PM); pedaço pequeno (SP); pedaço superpequeno (SSP). |
| Grânulo (G): deve vazar na peneira de malha 7 ou 2,80, e que ficar retido na peneira de malha 10 (dez) ou 1,70 mm, confeccionada em fio 24 SWG |  | - |
| Xerém (X): deve vazar na peneira de malha 8 ou 2,36 mm e que ficar retido na peneira de malha 14 ou 1,19 mm, confeccionada em fio 26 SWG |  | - |
| Farinha (F): deve vazar na peneira de malha 14 ou 1,19 mm, confeccionada em fio 26 SWG |  | - |

Fonte: Brasil (2017); Carvalho (2014); Marambaia Cashews (2020).

2.3 Importância socioeconômica da amêndoa de castanha de caju

Em seu contexto mais amplo, a cadeia do caju compreende um conjunto de atividades que geram um grande número de produtos intermediários e finais. O principal produto final gerado é a ACC. Do processamento da castanha resulta também o Líquido da Castanha de Caju (LCC), de grande valor comercial, com aplicações na indústria de plásticos, inseticidas e tintas. Do pedúnculo são produzidas as bebidas (principalmente o suco e a cajuína) e outros produtos (basicamente doces e ração animal), além de também ser vendido como fruto de mesa. Entretanto, estima-se que mais de 90% do pedúnculo seja desperdiçado, sendo um produto pouco aproveitado na cadeia da produção de caju (LAFONT; PÁEZ; PORTACIO, 2011; CARNEIRO, 2008).

Quanto a isso, muitos pesquisadores concordam que o aproveitamento e a comercialização do pedúnculo poderia ser mais rentável para o produtor rural do que a castanha, porém há fatores como elevada perecibilidade, falta de canais de comercialização e de agroindústrias na Região para processamento do pedúnculo, resultando nesse grande desperdício (BRAINER; VIDAL, 2018).

A cajucultura no Brasil está concentrada no Nordeste, principalmente no Ceará, o qual possui 61,9% de participação na área total plantada com cajueiro no nordeste. O caju possui elevada importância socioeconômica para a Região, principalmente para o Semiárido, por gerar postos de trabalho e renda na época mais seca do ano. As agroindústrias beneficiadoras de castanha também são importantes geradoras de empregos diretos e indiretos. Contudo, o setor depara-se com fatores que enfraquecem toda a cadeia, tais como: concentração da renda na castanha, os cajueirais antigos de pouca produtividade e os baixos preços da castanha ao produtor, inviabilizam a realização de tratamentos culturais adequados; além do baixo uso de tecnologias (mesmo as de baixo custo), assistência técnica limitada e fatores climáticos adversos (irregularidade de chuvas e longos períodos de estiagem). Esses problemas têm contribuído para a queda acentuada da produção e das exportações da castanha nos últimos anos (BRAINER; VIDAL, 2018).

Com relação ao processamento da castanha de caju, seu principal objetivo é obter ACC inteiras, totalmente despêculadas, de cor branco-marfim e sem manchas. Esses atributos são decisivos na cotação de preços no mercado interno e externo. É importante destacar que a integralidade das ACC é o atributo principal de qualidade, o que determina a diferença de preço entre ACC inteiras e ACC quebradas. Uma ACC inteira chega a ter o dobro do valor de uma quebrada (PAIVA *et al.*, 2006).

Quanto à exportação, as castanhas podem ser comercializadas com casca (não beneficiadas) ou sem casca (ACC). Por se tratar de um produto beneficiado, o valor das exportações mundiais de ACC é bem maior que o de castanha com casca, sendo US\$ 7.362 e US\$ 1.874, respectivamente (BRAINER; VIDAL, 2018).

2.4 Composição nutricional e bioativa da amêndoa de castanha de caju e seus benefícios para a saúde

A ACC apresenta elevado valor nutricional, contendo lipídios saturados e insaturados, proteínas de alta qualidade, carboidratos, antioxidantes, vitaminas do complexo B, e minerais (principalmente potássio, fósforo, magnésio, cálcio, sódio, ferro e zinco)

(RICO; BULLÓ; SALAS-SALVADÓ, 2015; PAIVA; GARRUTI; SILVA NETO, 2000). A composição da ACC pode ser observada na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição da amêndoa de castanha de caju

| Componente | Quantidade | Referência |
|---|------------|------------------------------------|
| Proteína % (N x 6,25) | 24,50 | Lima, Garcia, Lima (2004) |
| Carboidratos (%) | 22,70 | Bhattacharjee <i>et al.</i> (2003) |
| Lipídeos totais (%) | 46,64 | Lima, Garcia, Lima (2004) |
| Umidade (%) | 3,29 | Lima, Garcia, Lima (2004) |
| Cinzas (%) | 2,50 | Lima, Garcia, Lima (2004) |
| Açúcares totais (%) | 7,93 | Melo <i>et al.</i> (1998) |
| Amido (%) | 16,07 | Melo <i>et al.</i> (1998) |
| Tocoferóis totais (mg/100g) | 10,58 | Lima, Garcia, Lima (2004) |
| Ácidos graxos saturados (%) | 17,26 | Lima, Garcia, Lima (2004) |
| Ácidos graxos insaturados (%) | 82,74 | Lima, Garcia, Lima (2004) |
| β -caroteno (μ g/Kg de matéria seca) | 89,60 | Trox <i>et al.</i> (2010) |
| Luteína (μ g/Kg de matéria seca) | 292,00 | Trox <i>et al.</i> (2010) |
| Zeaxantina (μ g/Kg de matéria seca) | 7,10 | Trox <i>et al.</i> (2010) |
| α -tocoferol (mg/Kg de matéria seca) | 2,40 | Trox <i>et al.</i> (2010) |
| γ -tocoferol (mg/Kg de matéria seca) | 10,10 | Trox <i>et al.</i> (2010) |
| Fenólicos totais (mg AGE/g) | 5,00 | Chandrasekara e Shahidi (2011a) |
| Vitamina B1 - tiamina (mg/100g) | 0,48 | Rico, Bulló e Salas-Salvadó (2015) |
| Vitamina B2 – riboflavina (mg/100g) | 0,03 | Rico, Bulló e Salas-Salvadó (2015) |
| Vitamina B5 – ácido pantotênico (mg/100g) | 0,77 | Rico, Bulló e Salas-Salvadó (2015) |
| Vitamina B8 – biotina (μ g/100g) | 33,60 | Rico, Bulló e Salas-Salvadó (2015) |
| Vitamina B9 – folato (μ g/100g) | 39,13 | Rico, Bulló e Salas-Salvadó (2015) |
| Vitamina B6 – piridoxina (mg/100g) | 0,39 | Rico, Bulló e Salas-Salvadó (2015) |
| Vitamina B3 – niacina (mg/100g) | 1,31 | Rico, Bulló e Salas-Salvadó (2015) |
| Ferro (mg/100 g) | 5,70 | Rico, Bulló e Salas-Salvadó (2015) |
| Zinco (mg/100 g) | 5,30 | Rico, Bulló e Salas-Salvadó (2015) |
| Sódio (mg/100 g) | 10,00 | Rico, Bulló e Salas-Salvadó (2015) |
| Potássio (mg/100 g) | 622,5 | Rico, Bulló e Salas-Salvadó (2015) |
| Magnésio (mg/100 g) | 248,8 | Rico, Bulló e Salas-Salvadó (2015) |
| Cálcio (mg/100 g) | 41,00 | Rico, Bulló e Salas-Salvadó (2015) |
| Fósforo (mg/100 g) | 502,50 | Rico, Bulló e Salas-Salvadó (2015) |

Fonte: elaborada pela autora.

Os principais componentes da ACC são os lipídeos, sendo as maiores frações de ácido oleico (59,59%), linoleico (20,20%), palmítico (8,93%), e esteárico (9,49%) (USLU; ÖZCAN, 2019). O ácido oleico é um ácido graxo monoinsaturado (AGM) e tem sido associado à redução de colesterol LDL e triglicérides (GRUNDY *et al.*, 1988; KRIS-ETHERTON *et al.*, 1999). Além disso, esse ácido graxo também mostrou atividades antioxidantes e anti-inflamatórias (SALVADÓ *et al.*, 2013). Já a presença de ácido linoleico, que é um ácido graxo poli-insaturado (AGP), na circulação está associada a uma menor mortalidade, principalmente por doenças cardiovasculares (WU *et al.*, 2014).

Os compostos fenólicos presentes na ACC também proporcionam benefícios à saúde. Chandrasekara e Shahidi (2011a) avaliaram o efeito dos extratos de ACC na prevenção

da peroxidação do colesterol LDL induzida por íons cúpricos e observaram que os compostos fenólicos presentes na ACC inibiram 69% dessa oxidação.

Além desses compostos com função antioxidante, a ACC também possui carotenoides (como β -caroteno, luteína e zeaxantina), tocoferóis (principalmente α e γ -tocóferóis), bem como catequinas e epicatequinas, estes em altos níveis, maiores até que no chocolate amargo. As catequinas e epicatequinas conferem alta qualidade nutricional a esse alimento, pois podem estar associados a propriedades antioxidantes, anti-mutagênicas, antidiabéticas, anti-inflamatórias, antibacterianas e antivirais, redução do risco de doenças cardiovasculares e de alguns tipos de câncer (TROX *et al.*, 2011).

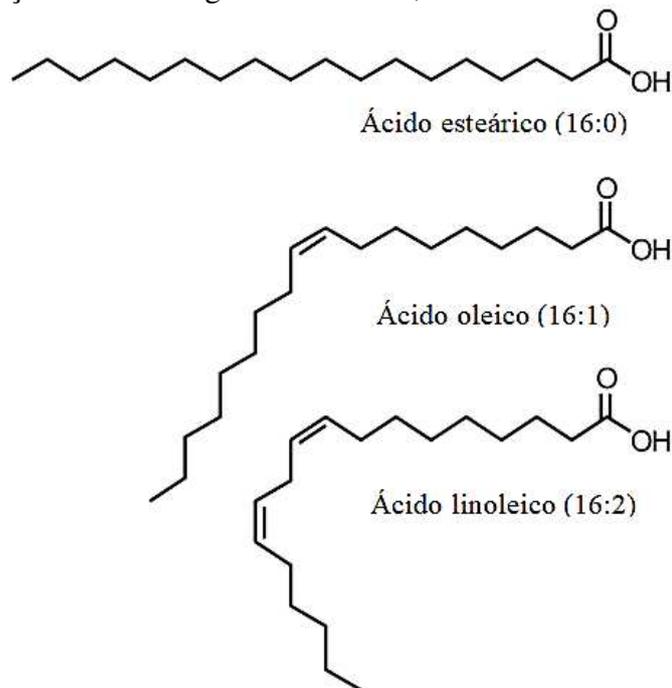
O óleo de ACC possui muitos dos componentes presentes na castanha, principalmente os ácidos graxos oleico (65,00%), linoleico (18,53%), palmítico (10,55%) e esteárico (3,77%) (NGUYEN; DANG, 2016). Outros compostos já identificados no óleo de ACC foram: os tocoferóis α -tocóferol (7,84 mg/100 g), β -tocóferol (132,98 mg/100 g), γ -tocóferol (30,03 mg/100g); os alquil-fenóis cardanol, cardol, 2-metilcardol e ácido anacárdico (GÓMEZ-CARAVACA *et al.* 2010); compostos fenólicos totais (202,17 mg/100 g) (CARVALHO *et al.*, 2018); colesterol (0,69%) e os fitoesteróis campesterol (6,38%), estigmasterol (0,16%), β -sitosterol (80,05%), fucosterol (0,76%), δ -5-avenasterol (8,18%), dentre outros; os triterpenos cicloartanol, β -amirina, cicloartenol, ciclolaudenol, 24-metilcicloartanol (TOSCHI *et al.*, 1993); e os compostos polares menores ácido p-hidroxibenzóico, ácido gentísico, ácido benzóico, ácido naftilacético, etilprotocatequato, ácido ferúlico, plumbagina, ácido abscísico, ácido 1,4-dihidroxi-2-naftóico, 2-metil-1,4-naftoquinona, pentosídeo de Kaempferol (GÓMEZ-CARAVACA; VERARDO; CABONI, 2010).

Recentemente, foi demonstrado que o consumo de alimentos com nutrientes anti-inflamatórios e antioxidantes pode trazer benefícios para indivíduos com sobrepeso (CONNAUGHTON *et al.*, 2016; HERMSDORFF *et al.*, 2011). Vários estudos mostram que oleaginosas, como a ACC, podem atuar na melhora da resistência à insulina, perfil lipídico, a inflamação e o stress oxidativo, uma vez que são fontes de polifenóis, antioxidantes, vitaminas, minerais e ácidos graxos monoinsaturados (GILLINGHAM; HARRIS-JANZ; JONES, 2011; LÓPEZ-URIARTE *et al.*, 2009; KRIS-ETHERTON *et al.*, 2008).

2.5 Características químicas dos óleos vegetais

Os lipídeos são um amplo grupo de compostos quimicamente diversos que são solúveis em solventes orgânicos. Em geral, os alimentos lipídicos são indicados como gorduras (sólidos) ou óleos (líquidos), correspondendo ao seu estado físico a uma temperatura ambiente. Essa diferença de estado se dá pelo fato de óleos possuírem, predominantemente, ácidos graxos insaturados, os quais são organizados em uma configuração curvada (não-linear), o que dificulta o empacotamento de suas moléculas, fazendo com que as interações de van der Waals entre os ácidos graxos sejam relativamente fracas, e por isso seu ponto de fusão é baixo, ocorrendo no estado líquido a temperatura ambiente. O contrário ocorre com as gorduras, as quais possuem majoritariamente ácidos graxos saturados, que possuem suas moléculas lineares, estabelecendo interações de van der Waals mais fortes (FIGURA 3) (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Figura 3 - Representação dos ácidos graxos esteárico, oleico e linoleico



Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (2012).

As gorduras e óleos comestíveis consistem predominantemente de triacilgliceróis, com alguns materiais não glicerídicos presentes em pequenas quantidades, como fosfolipídeos, esfingolipídeos, esteróis, ceras, vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) e carotenoides (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; O'BRIEN, 2009). Os triacilgliceróis são definidos como produtos da reação de uma molécula de glicerol com três moléculas de ácidos graxos (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006).

Cada ácido graxo pode ter números diferentes de átomos de carbono, grau de insaturação e ramificação, além de poderem estar em diferentes posições na molécula do glicerol, o que significa que os alimentos podem conter uma grande variedade de triacilgliceróis diferentes entre si, resultando em propriedades distintas (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; PEREDA *et al.*, 2005).

Com relação ao grau de insaturação, os ácidos graxos podem ser divididos em saturados e insaturados, estes com ligações duplas. Os ácidos graxos saturados mais frequentes em alimentos são láurico, mirístico, palmítico e esteárico, além do capróico, caprílico e cáprico (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; PEREDA *et al.*, 2005).

Por sua vez, os ácidos graxos insaturados são subdivididos em monoinsaturados (apenas uma dupla ligação) e poli-insaturados (mais de uma dupla ligação). Dentre os monoinsaturados, os principais são oleico, palmitoleico, miristoleico, vacênico e gadoléico. Já os poli-insaturados são o linoleico, linolênico, araquidônico, EPA (ácido eicosapentaenoico) e DHA (ácido docosahexaenóico) (O'BRIEN, 2009; PEREDA, 2005).

O conhecimento das características de ácidos graxos insaturados é de especial importância no caso de óleos comestíveis, pois esses ácidos graxos são mais suscetíveis à oxidação, processo que ocorre nas duplas ligações. Portanto, quanto maior o grau de insaturação, maior sua vulnerabilidade ao ataque químico, particularmente por agentes oxidantes (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006).

As principais causas de sabores desagradáveis em óleos e gorduras alimentares são a oxidação e a hidrólise. E, embora as causas originais e as consequências dos processos de degradação oxidativa e hidrolítica sejam bastante diferentes, elas parecem interagir umas com as outras e reduzir a vida útil dos óleos comestíveis (CHANDRASEKARA; SHAHIDI, 2011b).

A rancidez hidrolítica consiste no desenvolvimento de sabor desagradável como consequência da hidrólise lipídica, em que há liberação de ácidos graxos livres (AGL) a partir de um esqueleto de glicerol. Os AGL, além de produzirem odores indesejados, reduzem a estabilidade oxidativa, causam formação de espuma e reduzem o ponto de fumaça. Sua liberação pode ocorrer por ação de lipases, durante a fritura (em razão das temperaturas elevadas de processamento e da introdução de água do alimento), na presença de umidade elevada e em valores extremos de pH (CHANDRASEKARA; SHAHIDI, 2011b; DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; O'BRIEN, 2009).

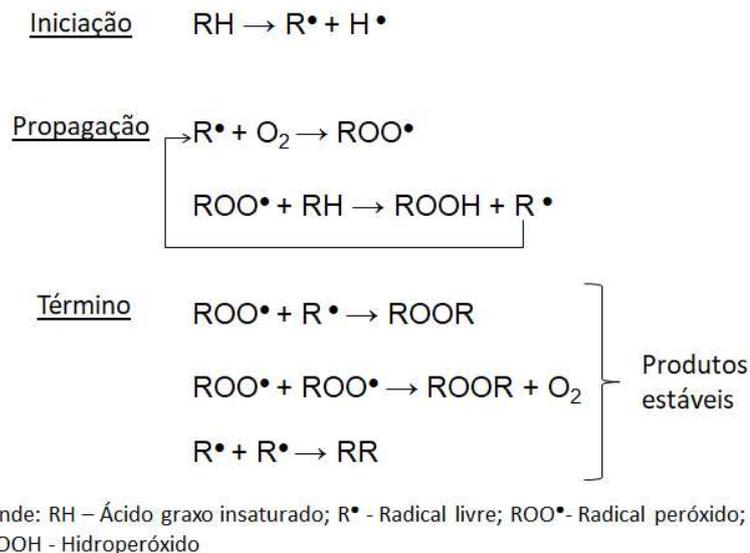
A oxidação é a principal razão da deterioração do óleo vegetal, que resulta em alterações de sabor, odor, cor e valor nutritivo, leva à formação de compostos potencialmente

tóxicos para a saúde humana e reduz o prazo de validade dos óleos. Portanto, os processos de oxidação causam maiores perdas econômicas na indústria de gorduras (SZYDŁOWSKA-CZERNIAK; RABIEJ, 2018).

O termo oxidação lipídica é utilizado para descrever uma sequência complexa de alterações químicas resultantes da interação de lipídeos com o oxigênio. Durante reações de oxidação de lipídeos, os ácidos graxos esterificados em triacilgliceróis e fosfolipídeos decompõem-se, formando moléculas pequenas e voláteis, como olefinas, álcoois, ácidos carboxílicos, cetonas, epóxidos e produtos cíclicos, que produzem os aromas indesejados conhecidos como rancidez oxidativa (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). O processo é acelerado pela exposição à luz, calor, certos metais e às vezes umidade (O'BRIEN, 2009).

A auto-oxidação é um mecanismo autocatalítico que envolve a participação de radicais livres, ocorrendo em três etapas básicas (AZEREDO, 2012), mostradas na Figura 4. A primeira etapa da auto-oxidação é a de indução/iniciação, na qual há quebra de ligações covalentes de ácidos graxos (RH), resultando na formação de radicais livres (R•), que são compostos altamente instáveis e reativos, contendo um elétron desemparelhado. A indução é promovida pelos chamados iniciadores, como calor, luz ou metais de transição com dois ou mais números de oxidação, como Cu (cobre) e Fe (ferro) (AZEREDO, 2012).

Figura 4 - Esquema geral do mecanismo da oxidação lipídica



Fonte: Adaptado de Ramalho e Jorge (2006).

Na etapa de propagação, os radicais formados na iniciação (R•) rapidamente reagem com o oxigênio, formando radicais peróxido (ROO•), que por sua vez reagem com os

lipídios insaturados presentes (RH), retirando-lhes um hidrogênio, produzindo hidroperóxidos (ROOH) e novos radicais livres (R•), que por sua vez reagem com o oxigênio, e, assim, se estabelece uma sequência de reações em cadeia (AZEREDO, 2012; OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006). E, por fim, ocorre a etapa de terminação, que consiste na combinação de dois radicais livres entre si, com formação de produtos finais estáveis (compostos não radicais) (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Como se pode observar, os hidroperóxidos são os produtos primários da oxidação de lipídios. Estes são rapidamente degradados e os produtos voláteis resultantes de sua degradação (chamados produtos secundários da oxidação), como aldeídos, cetonas e álcoois, são os responsáveis pelo desenvolvimento da rancidez oxidativa. Muitos desses produtos, especialmente os de cadeia curta, têm limiares de percepção muito baixos, tornando o produto inaceitável, mesmo em baixíssimas concentrações (AZEREDO, 2012).

Está bem estabelecido que, quanto mais insaturado é um ácido graxo, menor a estabilidade oxidativa que ele possui, conforme ilustrado pelas taxas de oxidação relativa dos ácidos graxos listados na Tabela 3 (O'BRIEN, 2009). Os ácidos graxos monoinsaturados, como o ácido graxo oleico (ácido graxo de maior proporção na ACC), são mais estáveis do que os poli-insaturados, do ponto de vista oxidativo. Além disso, a forma cis-isomérico, que é a configuração natural das ligações duplas dos ácidos graxos insaturados, possui menor estabilidade oxidativa que o trans-isômero correspondente (O'BRIEN, 2009).

Tabela 3 - Taxas de oxidação relativas de ácidos graxos

| Ácido graxo | Grupos metileno ativos | Taxa de oxidação relativa |
|---------------------|------------------------|---------------------------|
| Oleico (18:1) | 0 | 1 |
| Linoleico (18:2) | 1 | 10 |
| Linolênico (18:3) | 2 | 20 |
| Araquidônico (20:4) | 3 | 40 |
| EPA (20:5) | 4 | 80 |
| DHA (22:6) | 5 | 160 |

Fonte: O'Brien (2009).

São vários os fatores que afetam as taxas de oxidação de alimentos ricos em lipídios. Destacam-se o grau de insaturação dos lipídios, o teor de compostos pró-oxidantes (oxigênio, lipoxigenases, radiações ionizantes, metais de transição, luz e temperatura elevada) e os antioxidantes (tocoferóis; fenólicos sintéticos, como BHT, BHA, TBHQ e galato de propila; fenólicos vegetais; ácido ascórbico e tióis) (AZEREDO, 2012).

2.6 Métodos de extração de óleos vegetais

O processamento de gorduras e óleos geralmente inclui algum tipo de purificação para remover impurezas, como gomas, ácidos graxos livres, pigmentos, complexos metálicos e outros materiais indesejáveis. A escolha do equipamento e das técnicas de processamento depende da quantidade de óleo presente na oleaginosa, qualidade das matérias-primas, mão-de-obra disponível, disponibilidade financeira, manutenção das características naturais ou não, filosofia de marketing de produtos, regulamentos governamentais, dentre outras considerações (O'BRIEN, 2009).

São três os principais métodos de extração de óleo, podendo sofrer algumas modificações ou serem utilizados combinados entre si: prensa hidráulica por batelada, prensa mecânica contínua (expeller) e extração por solventes (PIGHINELLI *et al.*, 2008).

A prensagem é um dos processos mais antigos de extração de óleos e gorduras (RAMALHO; SUAREZ, 2013) e normalmente é aplicada a sementes que possuem uma quantidade relativamente alta de óleo extraível. Após a prensagem, obtém-se o óleo bruto e a torta. O óleo passa então por sedimentação e filtração para remover partículas finas, e depois pode ser refinado (O'BRIEN, 2009).

A desvantagem desse método é que sua eficiência é inferior à obtida pela extração por solventes, em que foi observada uma diferença de, aproximadamente, 30% entre os rendimentos por prensagem e por solvente (refluxo com soxhlet utilizando hexano) na extração de óleo de ACC (LAFONT; PÁEZ; PORTACIO, 2011). Contudo, a prensagem de grãos oleaginosos é um método rápido, fácil, de baixo custo e que dispensa a necessidade de refino, oferecendo uma alternativa de agregação de valor para os sistemas de produção da agricultura familiar e para o segmento de mercado orgânico e de óleos especiais (LIMA; PINTO; MAGALHÃES, 2018; OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006; SINGH *et al.*, 2002).

O desempenho da prensagem de uma determinada oleaginosa depende do método de preparação da matéria-prima, que pode consistir em várias operações unitárias, como limpeza, acondicionamento, decorticação, cozimento, moagem e secagem para obter o teor ideal de umidade. Embora alguns óleos sejam prensados a frio (sem aplicação de tratamento térmico antes ou durante a prensagem) o aquecimento antes da prensagem geralmente melhora o rendimento do óleo, pois aumenta sua extração como resultado do rompimento de células, coagulação de proteínas, ajuste do teor de umidade para o valor ideal para prensagem

e diminuição da viscosidade do óleo, permitindo que este flua mais facilmente (SINGH *et al.*, 2002; WARD, 1976).

O emprego de temperaturas mais baixas durante a prensagem a frio de óleos (35 a 60°C) melhoram a qualidade do produto em relação aos fosfolipídios e a cor em comparação ao óleo prensado a quente (70 a 110°C). No entanto, o rendimento e os níveis de componentes nutricionais do óleo, como tocoferóis, caroteno e compostos fenólicos, são acentuados com o uso de temperaturas mais altas (O'BRIEN, 2009).

Além da temperatura, a integridade dos grãos também influencia a extração do óleo, a qual é facilitada pela redução da semente em pequenas partículas, o que rompe as células contendo óleo. Essa redução de tamanho pode ser conseguida moendo as sementes (O'BRIEN, 2009).

A prensagem também pode ser utilizada como uma etapa que antecede a extração por solvente, em que a torta que sai da prensa é triturada e, então, submetida ao extrator de solvente. O processo de extração por solvente é o método mais eficiente de retirada de óleo de grãos oleaginosos, sendo o n-hexano o solvente mais utilizado (SHUKIA; SRIVASTAVA; GUPTA, 1992). Os solventes orgânicos são conhecidos por sua alta eficiência de extração e adaptabilidade à maioria das sementes oleaginosas, embora sejam altamente criticados por serem tóxicos para o meio ambiente (NDE *et al.*, 2016). Outras desvantagens do uso de solventes é que boa parte dos compostos fenólicos são perdidos nas etapas de extração e refino do óleo, além do grande dispêndio de energia e de custos para remoção do solvente (ANGELIS, 2001; OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006).

2.7 Avaliação do estado oxidativo de óleos vegetais

A avaliação do estado de oxidação de óleos e gorduras é uma determinação importante a nível industrial. Trata-se de um meio de controlar e garantir a qualidade das matérias-primas adquiridas, bem como um método de controle de qualidade dos produtos comercializados. Acresce ainda o interesse da sua aplicação ao estudo sistemático do desenvolvimento do ranço (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

Os métodos analíticos usados para avaliar o estado da oxidação lipídica em óleos armazenados ou usados incluem a avaliação sensorial, a medição de produtos de oxidação primária (ensaios de índice de peróxido e dienos conjugados) e secundária (índice de p-anisidina, ensaio do TBA, trienos conjugados, análise de produtos secundários voláteis por cromatografia gasosa) e a avaliação da hidrólise de triacilgliceróis (índice de acidez)

(OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006; DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). Porém, nenhum método físico, químico ou físico-químico se correlaciona de um modo perfeito com as modificações sensoriais produzidas no decurso das reações de oxidação (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

Dessa forma, o padrão-ouro para medições da oxidação de lipídios é a análise sensorial, pois é a única técnica que monitora de forma direta aromas e sabores indesejáveis gerados pelas reações oxidativas (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). A análise sensorial de lipídeos oxidados deve ser realizada com um painel treinado para identificação de produtos da oxidação. O treinamento costuma ser específico para cada produto, uma vez que os produtos da oxidação de diferentes ácidos graxos podem produzir perfis sensoriais distintos (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). No método sensorial, a coleta e degustação de amostras ao longo do tempo permite seguir o aparecimento progressivo dos produtos de degradação dos lipídios, causadores de “off flavors” ou de “off odors”. É considerada a mais fidedigna de todas as determinações, porquanto mede aquilo de que o consumidor se apercebe, traduzindo a sua aceitação em relação ao produto (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

No entanto, esta análise não pode constituir por si só um método de controle, devendo ser aplicada juntamente às técnicas químicas e instrumentais, uma vez que possui alguns inconvenientes, como ser demorada e dispendiosa, pois necessita de treinamento intenso do painel de provadores (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010; SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

Com relação às técnicas químicas, o índice de acidez indica quantitativamente a presença de ácidos graxos livres não oxidados na amostra, por meio da medida do número de miligramas de hidróxido de potássio necessário para neutralizar os ácidos graxos livres em um grama de óleo. E como essa ocorrência indica perda da integridade da molécula de triacilglicerol, antes neutra e totalmente apolar, esse índice está associado à caracterização do estado de deterioração de óleos e gorduras (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006).

Por sua vez, a concentração de peróxido, geralmente expressa como índice de peróxido, é uma medida de oxidação ou ranço nos estágios iniciais. O índice de peróxido mede a concentração de substâncias (em termos de miliequivalentes de peróxido por quilo de amostra) que oxidam o iodeto de potássio em iodo. Esse método é altamente empírico e qualquer variação no procedimento pode causar uma variação nos resultados. Apesar das limitações, o índice de peróxido é um dos testes químicos mais amplamente utilizados para a

determinação da qualidade de gorduras e óleos e mostra boa correlação com os escores sensoriais de sabor. Contudo, deve-se considerar que altos índices de peróxido geralmente significam classificações ruins de sabor, mas baixos índices nem sempre são uma indicação de um bom sabor, visto que os índices de peróxido aumentam ao máximo e depois reduzem com o tempo de armazenamento, por conta de sua degradação em compostos menores (O'BRIEN, 2009).

Os produtos secundários voláteis da oxidação lipídica costumam ser medidos por cromatografia gasosa com uso de injeção direta, headspace estático ou dinâmico ou microextração em estado sólido (SPME). Com o uso desses sistemas, a oxidação de lipídeos pode ser medida por meio de produtos específicos, classes de produtos ou voláteis totais como indicadores. A vantagem da utilização desses métodos é a alta correlação com a análise sensorial, e uma desvantagem é seu alto custo (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Outro indicador da estabilidade oxidativa de óleos é a composição de ácidos graxos não oxidados (CHANDRASEKARA; SHAHIDI, 2011b). O estudo da cinética de desaparecimento dos ácidos graxos presentes na matriz é geralmente efetuado por cromatografia gasosa (CG), após extração e derivatização. A dificuldade do método reside em garantir a extração quantitativa da matéria graxa e em minimizar as perdas ao nível da preparação de derivados. Contudo, o método não deve ser aplicado quando os teores de ácidos graxos são muito baixos (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

O valor de TBA é um teste baseado na reação de produtos secundários da oxidação de óleos e de gorduras, mais especificamente o malonaldeído, com o ácido 2-tiobarbitúrico formando complexos de cor vermelha cuja absorbância é medida a 530 nm (AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY, 2019; SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999). As desvantagens desse método consistem em sua baixa especificidade, devido a sua capacidade de reagir com carbonilas não lipídicas, como ácido ascórbico, açúcares e produtos do escurecimento não enzimático (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

O valor da anisidina mede a quantidade de aldeídos α e β não saturados presentes no óleo. O método baseia-se no fato de que, na presença de ácido acético, a p-anisidina reage com os compostos aldeídicos de um óleo, formando produtos de reação amarelados, que absorvem luz em 350 nm. A intensidade da cor depende não apenas da quantidade de compostos aldeídicos presentes, mas também de sua estrutura. O valor de anisidina é uma medida da oxidação secundária, sendo útil para determinar a qualidade de óleos brutos e a eficiência do processo de refino (O'BRIEN, 2009).

A oxidação dos ácidos graxos poli-insaturados é acompanhada do deslocamento das duplas ligações que passam da posição malônica à posição conjugada (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006). Com isso, há a formação dos dienos conjugados, com absorção em 232 nm, indicando a concentração de produtos primários da oxidação. Com a evolução do processo oxidativo, os dienos conjugados sofrem desidratação, dando origem aos trienos conjugados, com absorção em 268 nm, indicando a concentração de produtos secundários. Ambos os parâmetros são importantes para a avaliação do estado oxidativo de óleos e também da eficiência de antioxidantes (IQBAL; BHANGER, 2007; OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006).

A utilização de ressonância magnética nuclear (RMN) também vem sendo utilizada para avaliar os produtos primários (hidroperóxidos e dienos conjugados) e secundários (alcanais e aldeídos) da oxidação de uma maneira simples e rápida (GUILLEN; GOICOECHEA, 2009).

2.8 Testes acelerados de avaliação da estabilidade oxidativa de óleos

As informações referentes ao prazo de validade potencial ou esperado (estabilidade oxidativa) dos óleos são de grande importância antes de serem comercializados, incorporados em produtos alimentícios e/ou utilizados pelos consumidores como óleos ou molhos para salada (KOCHHAR; HENRY, 2009).

A estabilidade oxidativa é a resistência da amostra à oxidação, sendo considerada um parâmetro global para avaliação de qualidade de óleos e gorduras, que reflete não apenas a composição química de matrizes lipídicas, mas também a qualidade da matéria-prima, as condições a que foi submetido o produto durante o processamento e as condições de estocagem (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999). Contudo, é importante estabelecer a distinção entre os testes para determinação da estabilidade oxidativa nas condições normais de armazenamento ou de distribuição (testes de estabilidade em tempo real), e a avaliação da resistência à oxidação efetuada por testes preditivos, os quais promovem um envelhecimento acelerado (testes de estabilidade acelerados) (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

Os métodos acelerados de determinação da estabilidade oxidativa surgiram numa tentativa de prever a vida de prateleira de óleos e gorduras, pois o acompanhamento das alterações oxidativas nestes produtos em condições normais de armazenamento é lento (vários meses) e pode consumir grande quantidade de reagentes, sendo incompatíveis com o controle de qualidade a nível industrial (ANTONIASSI, 2001; SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

Para isso, os óleos são submetidos a condições padronizadas, como elevação de temperatura, adição de metais, aumento da pressão de oxigênio, estocagem sob luz e agitação, sendo que o aquecimento é o meio mais utilizado e eficiente (ANTONIASSI, 2001).

Os métodos de estabilidade acelerada apresentam validade restrita, pois à medida que se submete a amostra ao aquecimento, à luz ou ao contato com metais muda-se o mecanismo da oxidação. Assim, os resultados obtidos sofrem desvios dos valores reais, já que o comportamento do óleo nestas condições será diferente das condições normais de armazenamento. Por outro lado, os testes efetuados em temperatura ambiente aproximam-se da estocagem real, mas são longos demais para terem valor e sua reprodutibilidade pode ser afetada por muitas variáveis difíceis de controlar sob longo tempo de armazenamento (FRANKEL, 1993). Dessa forma, os testes de estabilidade acelerada são os preferidos na indústria, uma vez que as estimativas de estabilidade e prazo de validade são obtidas em um período mais curto de tempo (SOCARRAS; MAGARI, 2009).

Dentre os métodos de estabilidade acelerada, os denominados “testes acelerados de vida em prateleira” (TAVP) têm sido bastante empregados para prever a estabilidade oxidativa de alimentos contendo lipídios. E, como a temperatura é o fator ambiental mais crítico que afeta a taxa de reação, esse parâmetro geralmente é escolhido para acelerar o processo de oxidação (WATERMAN; ADAMI, 2005; RAGNARSSON; LABUZA, 1977). Nos TAVP, o alimento é armazenado em, pelo menos, três temperaturas diferentes, sendo uma a que geralmente é utilizada em condições normais de armazenamento e as outras duas mais elevadas (condições aceleradas). Dessa forma, a taxa de reação a uma temperatura desejada pode ser calculada pela aplicação da conhecida equação de Arrhenius (CALLIGARIS *et al.*, 2008).

Para avaliar a evolução da oxidação durante o período de estudo da estabilidade acelerada de óleos pode-se realizar análises como índice de peróxidos, análise sensorial, determinação de dienos conjugados, valor de carbonila, análise de voláteis, entre outras (DROZDOWSKI & SZUKALSKA, 1987). A partir destes resultados obtém-se o período de indução (PI) que é o tempo entre o início da medição e o instante em que ocorre um aumento brusco na formação de produtos da oxidação, ou o tempo necessário para se atingir o ponto crítico de oxidação (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

No caso de óleos prensados a frio e não refinados, a legislação brasileira (BRASIL, 2005) estabelece níveis máximos de índices de peróxido e de acidez de 15 meq/kg e 4,0 mg KOH/g, respectivamente. Dessa forma, esses valores podem ser utilizados como pontos finais para um teste acelerado de vida de prateleira (TAVP).

Após o estabelecimento das análises que serão realizadas e dos pontos críticos de oxidação, deve-se correlacionar o valor do período de indução obtido em condições aceleradas com os resultados obtidos à temperatura ambiente e assim fazer a estimativa da validade em condições normais de armazenamento por meio da aplicação da equação de Arrhenius, a qual calcula o avanço na taxa de oxidação produzido por um aumento de 10°C na temperatura (Q 10) (FRANKEL, 1998; RAGNARSSON; LABUZA, 1977).

3 CAPÍTULO I ¹ - IMPACTO DE DIFERENTES CLASSIFICAÇÕES DE AMÊNDOA NO PERFIL DE COMPOSTOS VOLÁTEIS, ÁCIDOS GRAXOS E QUALIDADE OXIDATIVA DO ÓLEO DE AMÊNDOA DE CASTANHA DE CAJU

¹ Artigo publicado no periódico *Food Research International* em: 25/01/2023.

Resumo

Neste estudo, foi avaliado o impacto da classificação da amêndoa na qualidade físico-química, ácidos graxos e compostos voláteis do óleo de amêndoa de castanha de caju. As amostras de óleo foram obtidas de diferentes classificações de amêndoa de castanha de caju e analisadas quanto aos índices de acidez e peróxido, cor, ácidos graxos e compostos voláteis. Os óleos de amêndoas quebradas apresentaram qualidade semelhante ou superior ao óleo da amêndoa inteira (LW3), especialmente as amostras B3 (batoque) e P3 (pedaço grande), com índices de acidez, peróxido e cor iguais ao da LW3. Os óleos de amêndoas menos intactas apresentaram altas proporções de ácidos graxos monoinsaturados (MUFA), com valores de acidez superiores às do LW3 (64,47 a 65,28%, enquanto este último apresentou 63,33%). A amostra P3 apresentou maiores proporções de compostos voláteis não derivados de oxidação. Este estudo amplia a possibilidade de valorização da castanha de caju de menor valor comercial por meio da produção de óleo com qualidade adequada para consumo.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale* L. Óleo prensado a frio. Óleo comestível. HS-SPME/GC-MS. GC-FID. Análise quimiométrica.

3.1 Introdução

A castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.), fruto do cajueiro, é composta de amêndoa, película e casca (GADANI *et al.*, 2017). Seu processamento industrial envolve diversas etapas, como torrefação, decorticação, despêliculagem, classificação e embalagem (CARVALHO *et al.*, 2018). No entanto, durante esses processos a quebra da amêndoa chega a 40%. Embora os grãos quebrados tenham composição nutricional semelhante à inteira, seu valor comercial é inferior (PAIVA; SILVA NETO, 2013). Portanto, a extração do óleo das amêndoas quebradas representa uma agregação de valor à cadeia do caju, pois estas são uma boa fonte de óleo comestível por apresentarem cerca de 30% a 40% de lipídios em sua

composição (ZANQUI *et al.*, 2020a). Além disso, o óleo pode ser comercializado como produto final de maior valor agregado por apresentar qualidade sensorial diferenciada, alto valor nutricional e ser quimicamente estável (CARVALHO *et al.*, 2018).

O óleo de amêndoa de castanha de caju é uma fonte de ácidos graxos monoinsaturados (AGM) e poli-insaturados (AGP), como ácido oleico e linoleico, respectivamente. Esses ácidos graxos possuem atividade anti-inflamatória e previnem doenças crônicas e cardiovasculares (ZANQUI *et al.*, 2020b; USLU; ÖZCAN, 2019). Outras substâncias benéficas à saúde, como polifenóis, tocoferóis, fitoesteróis e outros fitoquímicos, foram encontradas na amêndoa de castanha de caju (ZANQUI *et al.*, 2020a; CARVALHO *et al.*, 2018). Apesar da possibilidade de extração do óleo das amêndoas quebradas, a oxidação é a principal razão para a deterioração dos óleos vegetais (SZYDŁOWSKA-CZERNIAK; RABIEJ, 2018). Durante a deterioração oxidativa, os lipídios são oxidados em hidroperóxidos e depois em produtos de oxidação secundária, como hidrocarbonetos, aldeídos e cetonas, o que resulta em odor e sabor desagradáveis, ranço, deterioração da cor e degradação do valor nutricional, levando à formação de compostos potencialmente tóxicos para a saúde humana, e reduzindo a vida útil dos óleos (RÁBAGO-PANDURO *et al.*, 2021; SZYDŁOWSKA-CZERNIAK; RABIEJ, 2018; CHEN *et al.*, 2018).

O processo de oxidação nas amêndoas quebradas é mais intenso do que nas intactas (inteiras) devido à elevada área superficial em contato com o oxigênio (CARVALHO *et al.*, 2018). O impacto da classificação do grão na qualidade química e oxidativa da amêndoa de castanha de caju foi relatado em um estudo que avaliou a atividade de água, umidade, conteúdo lipídico total, índice de acidez, índice de peróxido, e ensaio de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (CARVALHO *et al.*, 2018). Assim, o impacto das diferentes classificações de amêndoa de castanha de caju na qualidade do óleo não foi totalmente explorado e estudado e merece investigação mais aprofundada.

A extração de óleos de oleaginosas comumente pode ser realizada por prensagem ou solvente (CARVALHO *et al.*, 2018). Na prensagem a frio, os materiais vegetais são colocados em uma prensa hidráulica ou prensa de parafuso sem tratamento térmico ou produtos químicos. Isto proporciona um óleo de alta qualidade com retenção de cor e sabor e degradação mínima do valor nutricional e dos compostos funcionais. Os óleos prensados a frio geralmente contêm melhor valor nutricional do que os óleos extraídos com solvente. Esse último deve ser refinado por meio de tratamentos químicos e térmicos como degomagem, neutralização, branqueamento e desodorização (YUENYONG *et al.*, 2021). A extração por solvente requer um tempo de processamento prolongado usando altas temperaturas, e os

solventes são tóxicos, inflamáveis e prejudiciais ao meio ambiente (ZANQUI *et al.*, 2020a; ZAABOUL *et al.*, 2017).

A valorização da amêndoa de castanha de caju de menor valor comercial é muito importante, evidenciando o potencial de fortalecimento da cadeia produtiva desse alimento no Brasil por meio da produção de óleo de alta qualidade. Considerando isso, o presente estudo tem como objetivo fornecer dados de referência para a compreensão do impacto de diferentes classificações de amêndoa de castanha de caju na qualidade oxidativa dos óleos extraídos, visando desenvolver um alimento de qualidade nutricional e oxidativa adequada para ser incluído em uma dieta balanceada e saudável. Uma abordagem quimiométrica determinou e analisou parâmetros físico-químicos, perfil de ácidos graxos e compostos voláteis do óleo de amêndoa de castanha de caju obtido por prensagem.

3.2 Material e métodos

3.2.1 *Matéria-prima*

A castanha de caju foi obtida de um fornecedor local na cidade de Aquiraz, Ceará, Brasil. Foram utilizadas castanhas de caju de diferentes classificações, segundo a Associação das Indústrias de Alimentos – AFI (2016): LW3 (inteira, tamanho 210, terceira qualidade); S3 (banda, terceira qualidade); B3 (batoque, terceira qualidade); P3 (pedaço grande, terceira qualidade); SSP3 (pedaço super pequeno, terceira qualidade) e X3 (xerém, terceira qualidade). Todas as amostras foram embaladas a vácuo em sacos que as protegessem da luz direta e armazenadas a -18°C até as análises.

3.2.2 *Reagentes*

Todos os produtos químicos utilizados eram de grau analítico ou superior e adquiridos da Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, EUA). Soluções aquosas foram preparadas com água purificada por sistema Milli-Q (Millipore Lab., Bedford, MA, EUA).

3.2.3 *Processamento do óleo de amêndoa de castanha de caju*

Amêndoas de castanha de caju de diferentes classificações (LW3, S3, B3, P3, SSP3 e X3) foram torradas em forno de convecção forçada de ar (Marconi MA035, Brasil) a

110 °C por 15 minutos, tempo e temperatura selecionados em testes de Oliveira (2022). Posteriormente, as amostras foram prensadas em prensa hidráulica (Marconi MA098/50A/1, Brasil) nas seguintes condições: 18 cm² de área, pressão de 100 kgf/cm² e temperatura de 30°C. O óleo obtido foi filtrado com bomba de vácuo (Tecnal TE-058, Brasil) utilizando papel de filtro azul (filtração lenta). Os testes foram realizados em triplicata.

As amostras de óleo foram armazenadas em frascos de vidro transparente de 50 mL a -80°C para evitar degradação e proliferação de microrganismos até as análises.

3.2.4 Caracterização da amêndoa de castanha de caju

3.2.4.1 Umidade

O teor de umidade foi determinado pelo método 925.10 da AOAC (2016). Cerca de 2 g de amostra foram pesados em sacos filtrantes que posteriormente foram levados a estufa de convecção forçada de ar, à temperatura de 105°C ± 5°C por 24 h. Os testes foram realizados em 5 repetições.

3.2.4.2 Cinzas

O teor de cinzas foi quantificado conforme o método 923.03 da AOAC (2016). Para tanto, foram pesados aproximadamente 1,5 g da amostra em cadinhos de porcelana previamente tarados e submetidos à incineração em forno mufla a 550°C por 6 h. As amostras foram analisadas em 5 repetições.

3.2.4.3 Lipídio

Os lipídios foram determinados analisando o extrato etéreo (obtido a partir de 1,5 g de amostra) utilizando um extrator de alta temperatura (ANKOM XT15, EUA), de acordo com o método Am 5-04 da American Oil Chemists' Society (AOCS, 2005). As análises foram realizadas em 5 repetições.

3.2.4.4 Proteína

A proteína foi determinada por combustão, segundo método DUMAS em equipamento NDA 701 Dumas Nitrogen/Protein Analyzer, VELP Scientific, Itália, de acordo com o método AOAC 992.23 (AOAC, 2016). O EDTA foi utilizado como padrão. Foram pesados 50 mg de amostra em 5 repetições.

3.2.4.5 Carboidrato

A quantidade total de carboidratos foi calculada utilizando a seguinte equação:

$$\text{Diferença} = 100 - (\% \text{água} + \% \text{proteína} + \% \text{lipídios} + \% \text{cinzas}) \quad (1)$$

3.2.4.6 Fibra dietética

As frações insolúveis e solúveis da fibra alimentar foram determinadas de acordo com o método AOAC 991.43 (AOAC, 2005) utilizando um Analisador de Fibra ANKOM TDF, EUA, pesando 0,5 g de amostra em 5 repetições. A fibra alimentar total foi calculada como a soma das frações insolúveis e solúveis.

3.2.5 Caracterização do óleo de amêndoa de castanha de caju

3.2.5.1 Índices de acidez e peróxido

Os índices de acidez e peróxido foram medidos pelos métodos oficiais Ca 5a-40 e Cd 8-53 (AOCS, 2003), respectivamente. Aproximadamente 5 g da amostra foram pesados em 5 repetições.

3.2.5.2 Análise de cor

As análises de cor foram realizadas medindo a refletância direta do sistema de coordenadas retangulares (L^* , brilho; a^* , intensidade de vermelho e verde; b^* , intensidade de amarelo e azul; e C^* , croma; h, ângulo hue), aplicando a escala de cores CIELAB utilizando um colorímetro (Chroma-Meter CR-410; Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japão). Os resultados também foram expressos como diferencial de cor (ΔE), calculado conforme Mokrzycki e Tatol (2011):

$$\Delta E = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2} \quad (2)$$

As análises foram realizadas em 5 repetições.

3.2.5.3 Perfil de ácidos graxos de óleo de amêndoa de castanha de caju por CG-DIC

Para determinar o perfil de ácidos graxos do óleo de amêndoa de castanha de caju, as amostras de óleo previamente extraídas foram convertidas em ésteres metílicos de ácidos graxos (FAMES) seguindo o procedimento descrito por Hartman e Lago (1973). Uma quantidade de 100 mg de óleo foi adicionada a 3,0 mL de hexano e 4,0 mL de hidróxido de sódio 0,50 mol L⁻¹ em metanol, e a mistura foi aquecida sob refluxo por 5 min a 70°C. Após adicionar 5,0 mL do reagente de esterificação (preparado a partir de uma mistura de 10,0 g de cloreto de amônia, 300,0 mL de metanol e 15,0 mL de ácido sulfúrico), 4,0 mL de cloreto de sódio, 3,0 mL de hexano e agitar por 30 s. A fase orgânica foi recolhida e o solvente foi evaporado. Os ésteres metílicos foram solubilizados em hexano antes da injeção na cromatografia gasosa.

Após a extração, os materiais foram analisados por cromatografia gasosa - CG equipada com Detector de Ionização de Chama - DIC (GC2010; Shimadzu, Kyoto, Japão) e coluna capilar de fase estacionária biscianopropil-polidimetilsiloxano (SP2560, 100 m × 0,25 mm, df 0,20; Supmco®, Bellefonte, PA, EUA). A temperatura da coluna foi programada da seguinte forma: a temperatura inicial foi mantida em 80°C, depois aumentada em 11°C min⁻¹ até 180°C, depois em 5°C min⁻¹ até 220°C, e mantida por 23 min. O hidrogênio foi usado como gás de arraste a uma vazão de 1,5 mL min⁻¹. A relação de separação foi de 1:30, com temperatura do injetor e detector de 220°C. Os ensaios foram realizados em 5 repetições. Os FAMES foram identificados comparando os tempos de retenção com aqueles de uma mistura padrão de ácidos graxos previamente injetada (código CRM47885; Supelco®, Bellefont PA, EUA). A contribuição de cada composto para a mistura foi calculada pela área relativa (%) do seu respectivo pico no cromatograma. Os ácidos graxos foram relatados com seus nomes comuns.

A relação entre ácidos graxos poli-insaturados e ácidos graxos saturados (AGP/AGS) foi calculada. Essa relação é um indicador para determinar a qualidade do consumo de óleos alimentares e mostra o potencial dos alimentos em depositar gordura nos tecidos quando consumidos (ZANQUI *et al.*, 2020a).

3.2.5.4 Identificação de compostos voláteis por HS-SPME/GC-MS

Os componentes voláteis foram extraídos e concentrados por microextração em fase sólida no espaço livre (HS-SPME) e identificados por cromatografia gasosa-espectrometria de massa (GC-MS). As amostras de óleo (2,0 g) foram colocadas em frascos de 10 mL com tampas que continham septos de silicone/PTFE, onde foi inserida a fibra DVB/CAR/PDMS 50/30 μm 2 cm (Supelco, Bellefonte, PA, EUA). As amostras foram deixadas em equilíbrio por 5 min e extraídas por 40 min a 40°C. Segundo Yang *et al.* (2021), esta fibra possui excelente capacidade de extrair compostos voláteis de óleo.

A análise por CG-MS foi realizada utilizando um modelo Shimadzu QP2010 Plus. A coluna cromatográfica utilizada foi a DB-5 (tamanho 30 m, diâmetro interno de 0,25 mm, espessura de filme de 0,25 μm). A temperatura foi programada da seguinte forma: 10 min a 40°C, subindo para 100°C a 4°C/min, subindo para 250°C a 10°C/min durante 10 min. A temperatura de interface entre o cromatógrafo e o detector seletivo de massa foi de 250°C. A ionização foi realizada por impacto eletrônico (70 eV), com a fonte de íons mantida a 150°C. As amostras foram analisadas em 5 repetições.

A identificação dos compostos foi realizada comparando os espectros de massa adquiridos com os espectros da Biblioteca NIST 1.6 (Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia, Gaithersburg, Md, EUA). A identificação também foi realizada comparando o índice de retenção linear calculado, utilizando uma série homóloga de n-alcenos C8-C30 (de acordo com a coluna capilar utilizada), com os índices de retenção encontrados em bases de dados online (NIST Chemistry Webbook e PubChem). Os resultados foram expressos em abundância relativa.

3.2.6 Análises estatísticas

Os dados obtidos nas análises química e físico-química, incluindo o perfil de ácidos graxos, foram submetidos ao teste de Tukey com nível de significância de 5% para comparação de média e desvio padrão (DP) por meio do programa estatístico XLSTAT 2022.

Os dados das áreas dos picos dos compostos voláteis, obtidos via cromatogramas, foram normalizados pela mediana, submetidos à transformação de raiz cúbica e escalonados de acordo com a escala de Pareto. A análise quimiométrica utilizando Metaboanalyst 3.0 (www.metaboanalyst.ca) foi realizada com base nas matrizes de correlação normalizadas de

dados normalizados. Para análise de variância (ANOVA), LSD de Fisher (teste de diferença significativa menor), análise FDR, agrupamento hierárquico e análise de mapa de calor, foi utilizado o programa Minitab 17 (XIA *et al.*, 2015).

3.3 Resultados e discussão

3.3.1 Caracterização do óleo e da amêndoa de castanha de caju

A composição química e físico-química da amêndoa de castanha de caju *in natura* revelou pouca variação entre as diferentes classificações (Tabela 4).

Tabela 4 - Composição físico-química e química de amêndoas de castanhas de caju de várias classificações

| Amostras | LW3 | S3 | B3 | P3 | SSP3 | X3 |
|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Umidade (g.100g ⁻¹) | 4,22 ± 0,40 ^a | 4,08 ± 0,14 ^a | 3,98 ± 0,04 ^a | 3,52 ± 0,23 ^b | 3,93 ± 0,06 ^a | 4,04 ± 0,03 ^a |
| Cinzas (g.100g ⁻¹) | 2,57 ± 0,10 ^a | 2,47 ± 0,06 ^{ab} | 2,53 ± 0,12 ^{ab} | 2,39 ± 0,03 ^b | 2,50 ± 0,09 ^{ab} | 2,60 ± 0,08 ^a |
| Lipídio (g.100g ⁻¹) | 34,80 ± 0,50 ^{bcd} | 33,78 ± 0,82 ^d | 35,51 ± 0,70 ^{bc} | 34,23 ± 0,70 ^{cd} | 36,18 ± 0,73 ^{ab} | 37,38 ± 0,90 ^a |
| Proteína (g.100g ⁻¹) | 23,65 ± 0,18 ^a | 22,84 ± 0,10 ^a | 23,17 ± 0,11 ^a | 22,83 ± 0,56 ^a | 23,11 ± 0,31 ^a | 23,25 ± 0,62 ^a |
| Carboidrato (g.100g ⁻¹) | 34,86 ± 0,61 ^{ab} | 36,71 ± 1,04 ^a | 34,67 ± 0,74 ^{ab} | 36,27 ± 1,10 ^a | 34,46 ± 0,72 ^{ab} | 32,92 ± 1,89 ^b |
| Valor energético (Kcal/100g) | 546,93 ± 4,40 ^{ab} | 543,16 ± 6,48 ^b | 551,96 ± 3,62 ^{ab} | 549,70 ± 5,35 ^{ab} | 554,11 ± 2,19 ^{ab} | 559,81 ± 6,01 ^a |
| FDI (%) | 5,06 ± 0,29 ^{bc} | 6,75 ± 0,21 ^{ab} | 4,38 ± 0,03 ^c | 4,14 ± 0,03 ^c | 7,48 ± 0,28 ^a | 7,91 ± 1,12 ^a |
| FDS (%) | 1,19 ± 0,06 ^b | 4,76 ± 0,22 ^a | 2,10 ± 0,37 ^b | 2,19 ± 0,44 ^b | 1,36 ± 0,33 ^b | 2,04 ± 0,11 ^b |
| FDT (%) | 6,24 ± 0,23 ^d | 11,51 ± 0,01 ^a | 6,48 ± 0,40 ^{cd} | 6,33 ± 0,47 ^d | 8,83 ± 0,61 ^{bc} | 9,95 ± 1,22 ^{ab} |

LW3: inteira, tamanho 210, terceira qualidade; S3: banda, terceira qualidade; B3: batoque, terceira qualidade; P3: pedaço grande, terceira qualidade; SSP3: pedaço super pequeno, terceira qualidade; X3: xerém, terceira qualidade; FDI: fibra dietética insolúvel; FDS: fibra dietética solúvel; FDT: fibra dietética total. Os resultados são expressos em média e desvio padrão. Médias com letras iguais na mesma linha não diferem ao nível de 5% de significância para o teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

As amêndoas apresentaram baixos valores de umidade (3,52 a 4,22 g.100g⁻¹), elevados teores de lipídios (33,78 a 37,38 g.100g⁻¹), valores de carboidratos de 32,92 a 36,71 g.100g⁻¹ e proteínas de 22,83 a 23,65 g.100g⁻¹, teor calórico de 543,16 a 559,81 Kcal/100 g e baixo teor de minerais (2,39 a 2,60 g.100g⁻¹). Os valores de fibra alimentar total foram de 6,24 a 11,51 %, sendo 4,14 a 7,91 % de fibra alimentar insolúvel e 1,19 a 4,76% de fibra alimentar solúvel.

As diferentes classificações de amêndoa proporcionaram diferenças nos índices de acidez das amostras de óleo, o que não foi observado nos índices de peróxido. Os valores de

acidez das amostras SSP3 (4,58 mg KOH/g) e X3 (4,01 mg KOH/g) foram significativamente maiores que os demais (Tabela 5).

Tabela 5 - Caracterização físico-química e química de óleos de amêndoa de castanha de caju elaborados com diferentes classificações de amêndoa

| Amostras | Índice de acidez (mg KOH/g) | Índice de peróxido (meq/Kg) |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|
| LW3 | 0,87 ± 0,24b | 4,14 ± 1,28a |
| S3 | 0,78 ± 0,11b | 5,73 ± 1,30a |
| B3 | 1,02 ± 0,24b | 5,80 ± 1,28a |
| P3 | 0,62 ± 0,04b | 6,21 ± 1,24a |
| SSP3 | 4,58 ± 0,39a | 6,19 ± 1,38a |
| X3 | 4,01 ± 0,15a | 5,80 ± 1,28a |

LW3: inteira, tamanho 210, terceira qualidade; S3: banda, terceira qualidade; B3: batoque, terceira qualidade; P3: pedaço grande, terceira qualidade; SSP3: pedaço super pequeno, terceira qualidade; X3: xerém, terceira qualidade. Os resultados são expressos em média e desvio padrão; Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem ao nível de 5% de significância para o teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

A obtenção do óleo de amêndoa de castanha de caju utilizando grãos de tamanhos menores apresentou resultados promissores, principalmente para as amostras B3 e P3, que apresentaram qualidade oxidativa (índices de acidez e peróxido) semelhante à LW3.

Entre as amostras avaliadas, apenas SSP3 e X3 estão fora ou no limite do recomendado para índice de acidez em óleos e gorduras prensados a frio, pois o Codex Alimentarius exige um valor máximo de 4,0 mg KOH/g (FAO/OMS, 2021). Segundo Kaseke, Fawolw e Opara (2022), a fragmentação das nozes pode aumentar a exposição do óleo à oxidação. Carvalho *et al.* (2018) observaram que quanto mais quebradas as castanhas de caju, maiores eram seus valores de acidez: W240 – inteira, tamanho 240, primeira qualidade (0,60 g/100 g ácido oleico), S1 - banda, primeira qualidade (0,70 g/100 g ácido oleico), B1 - batoque, primeira qualidade (0,80 g/100 g ácido oleico), SP1 - pedaços pequenos, primeira qualidade (0,88 g/100 g ácido oleico) (CARVALHO *et al.*, 2018).

Resultado semelhante foi observado por Adeeko e Ajibola (1990), em que os óleos de amendoim obtidos a partir de grãos finamente moídos (que passaram por uma peneira de 2,36 mm) apresentaram valor de acidez maior do que os óleos produzidos a partir de grãos moídos grosseiramente (que passaram por uma peneira de 4,75 mm). Isso ocorre porque a formação de ácidos graxos livres começa com a destruição das células, o que acontece durante a redução do tamanho dos grãos. Assim, quanto mais significativo for o número de células destruídas nos grãos quebrados em pedaços menores, maiores serão os valores de ácidos graxos livres (ADEEKO; AJIBOLA, 1990).

3.3.2 Cor do óleo de amêndoa de castanha de caju

As diferentes classificações de amêndoa proporcionaram diferenças nos parâmetros de cor a^* , b^* , C^* e h dos óleos (TABELA 6). Porém, a luminosidade (L^*) foi estatisticamente igual em todas as amostras.

Tabela 6 - Cor instrumental de óleos de amêndoa de castanha de caju elaborados com diferentes classificações de amêndoa

| | L^* | a^* | b^* | C^* | h | ΔE |
|------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------|
| LW3 | 95,32 ± 2,83 ^a | -3,63 ± 0,38 ^{cd} | 41,94 ± 4,47 ^{bc} | 42,11 ± 4,47 ^{bc} | 94,97 ± 0,47 ^{ab} | - |
| S3 | 93,06 ± 4,34 ^a | -1,78 ± 0,71 ^{ab} | 36,67 ± 1,33 ^c | 36,72 ± 1,29 ^c | 92,81 ± 1,21 ^c | 6,03 |
| B3 | 97,43 ± 0,33 ^a | -4,15 ± 0,33 ^d | 40,37 ± 1,27 ^{bc} | 40,58 ± 1,30 ^{bc} | 95,86 ± 0,29 ^a | 2,68 |
| P3 | 94,81 ± 1,42 ^a | -2,65 ± 0,43 ^{bc} | 43,02 ± 0,46 ^b | 43,11 ± 0,47 ^b | 93,52 ± 0,57 ^{bc} | 1,54 |
| SSP3 | 93,39 ± 1,99 ^a | -0,52 ± 0,67 ^a | 45,22 ± 0,58 ^b | 45,23 ± 0,57 ^b | 90,66 ± 0,85 ^d | 4,91 |
| X3 | 91,46 ± 0,85 ^a | -2,35 ± 0,58 ^{bc} | 52,58 ± 0,51 ^a | 52,63 ± 0,53 ^a | 92,56 ± 0,52 ^{cd} | 11,39 |

LW3: inteira, tamanho 210, terceira qualidade; S3: banda, terceira qualidade; B3: batoque, terceira qualidade; P3: pedaço grande, terceira qualidade; SSP3: pedaço super pequeno, terceira qualidade; X3: xerém, terceira qualidade; L^* : luminosidade; a^* : intensidade de vermelho e verde; b^* : intensidade de amarelo e azul; C^* : saturação; h : ângulo de tonalidade; ΔE : diferença de cor. Os resultados são expressos em média e desvio padrão; Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem ao nível de 5% de significância para o teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Os óleos de amêndoa de castanha de caju apresentaram coloração predominantemente amarela, evidenciada por valores de b^* positivos e ângulo hue em torno de 90°, com tendência ao verde (valores de a^* negativos).

As amostras B3 e P3 foram iguais à LW3 em todos os parâmetros de cor avaliados. Além disso, apresentaram os menores valores de diferença de cor (ΔE) em relação à LW3, 2,68 e 1,54, respectivamente. Por sua vez, a amostra X3 foi a que mais se distanciou de LW3, apresentando diferenças nos parâmetros b^* , C^* e h , e exibindo o maior valor de ΔE (11,39) dentre todas as amostras (TABELA 6).

Além disso, os óleos obtidos a partir dos pedaços menores de amêndoa de castanha de caju (SSP3 e X3) apresentaram coloração mais escura que a amostra inteira (LW3), o que resultou em diferenças de cor (ΔE) acima de três, principalmente na amostra X3, sendo assim diferenças que são visíveis a olho nu (XI *et al.*, 2020). Além disso, os valores mais elevados de C^* destas amostras indicaram uma cor visual mais escura (LI *et al.*, 2019).

A mudança na cor dos alimentos durante o processamento térmico deve-se principalmente à degradação de pigmentos e às reações de escurecimento, como as reações de Maillard e de caramelização, que envolvem açúcares e aminoácidos ou apenas açúcares, respectivamente (EANG; TIPPAYAWONG, 2017). Há uma maior formação de produtos resultantes das reações de escurecimento em alimentos pequenos, com alta relação

superfície/volume (HELLWIG; HENLE, 2019). Por isso, acredita-se que houve maior formação de compostos escuros nos pedaços menores de amêndoa de castanha de caju, resultando em óleos mais escuros. Além disso, diferenças de cor nas amostras podem ser resultantes do processo de oxidação. A reação de oxidação pode ocorrer durante o tratamento térmico na presença de oxigênio formando compostos cromóforos e quinoides coloridos pela despolimerização e degradação de macromoléculas (XI *et al.*, 2020).

3.3.3 Composição em ácidos graxos do óleo de amêndoa de castanha de caju

Em todas as amostras de óleo de amêndoa de castanha de caju, o principal ácido graxo encontrado foi o ácido graxo monoinsaturado (AGM) oleico (C18:1n-9), seguido pelo ácido graxo poli-insaturado (AGP) linoléico (C18:2n-6) e os ácidos graxos saturados (AGS) palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0) (TABELA 7).

Tabela 7 - Composição em ácidos graxos de óleos de amêndoa de castanha de caju elaborados com diferentes classificações de amêndoa

| Ácidos graxos (%) | LW3 | S3 | B3 | P3 | SSP3 | X3 |
|-------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| C14:0 | 0,02 ± 0,00 ^a | 0,02 ± 0,00 ^a | 0,02 ± 0,00 ^a | 0,02 ± 0,00 ^a | 0,02 ± 0,00 ^a | 0,02 ± 0,00 ^a |
| C16:0 | 9,24 ± 0,17 ^a | 8,94 ± 0,06 ^b | 9,05 ± 0,09 ^{ab} | 8,94 ± 0,02 ^b | 8,89 ± 0,03 ^b | 9,03 ± 0,02 ^{ab} |
| C16:1 | 0,29 ± 0,01 ^a | 0,27 ± 0,01 ^{ab} | 0,28 ± 0,01 ^a | 0,26 ± 0,00 ^{ab} | 0,27 ± 0,00 ^{ab} | 0,17 ± 0,10 ^b |
| 17:0 | 0,11 ± 0,01 ^a | 0,10 ± 0,00 ^a | 0,13 ± 0,04 ^a | 0,10 ± 0,00 ^a | 0,11 ± 0,01 ^a | 0,11 ± 0,01 ^a |
| 17:1 | 0,05 ± 0,01 ^a | 0,04 ± 0,00 ^a | 0,05 ± 0,00 ^a | 0,04 ± 0,00 ^a | 0,04 ± 0,00 ^a | 0,04 ± 0,00 ^a |
| C18:0 | 7,69 ± 0,05 ^b | 7,34 ± 0,33 ^{bc} | 7,11 ± 0,01 ^c | 8,25 ± 0,18 ^a | 7,08 ± 0,00 ^c | 7,37 ± 0,01 ^{bc} |
| C18:1n-9 | 63,33 ± 0,36 ^c | 65,14 ± 0,20 ^a | 65,28 ± 0,16 ^a | 64,70 ± 0,34 ^{ab} | 65,01 ± 0,07 ^{ab} | 64,47 ± 0,06 ^b |
| C18:2n-6 | 18,23 ± 0,31 ^a | 17,13 ± 0,19 ^{cd} | 17,04 ± 0,13 ^{cd} | 16,60 ± 0,25 ^d | 17,58 ± 0,20 ^{bc} | 17,74 ± 0,21 ^{ab} |
| C20:4n-6 | 0,49 ± 0,13 ^a | 0,48 ± 0,13 ^a | 0,47 ± 0,14 ^a | 0,59 ± 0,01 ^a | 0,49 ± 0,18 ^a | 0,49 ± 0,18 ^a |
| C20:1n-9 | 0,19 ± 0,01 ^a | 0,20 ± 0,00 ^a | 0,20 ± 0,00 ^a | 0,19 ± 0,00 ^a | 0,17 ± 0,02 ^a | 0,17 ± 0,02 ^a |
| C18:3n-6 | 0,10 ± 0,04 ^a | 0,13 ± 0,01 ^a | 0,13 ± 0,01 ^a | 0,11 ± 0,00 ^a | 0,13 ± 0,00 ^a | 0,14 ± 0,02 ^a |
| C22:0 | 0,08 ± 0,03 ^a | 0,08 ± 0,00 ^a | 0,09 ± 0,00 ^a | 0,09 ± 0,00 ^a | 0,08 ± 0,00 ^a | 0,08 ± 0,00 ^a |
| NI | 0,19 | 0,13 | 0,15 | 0,13 | 0,13 | 0,18 |
| Parâmetros | | | | | | |
| AGS | 17,12 ± 0,00 ^a | 16,49 ± 0,00 ^b | 16,39 ± 0,00 ^b | 17,39 ± 0,00 ^a | 16,18 ± 0,00 ^b | 16,61 ± 0,00 ^b |
| AGM | 63,85 ± 0,00 ^c | 65,65 ± 0,00 ^a | 65,81 ± 0,00 ^a | 65,19 ± 0,00 ^{ab} | 65,49 ± 0,00 ^a | 64,85 ± 0,00 ^b |
| AGP | 18,83 ± 0,00 ^a | 17,73 ± 0,00 ^c | 17,65 ± 0,00 ^{cd} | 17,29 ± 0,00 ^d | 18,20 ± 0,00 ^b | 18,36 ± 0,00 ^b |
| AGP/AGS | 1,10 ± 0,00 ^{ab} | 1,08 ± 0,03 ^b | 1,08 ± 0,00 ^b | 0,99 ± 0,01 ^c | 1,13 ± 0,00 ^a | 1,10 ± 0,00 ^{ab} |

LW3: inteira, tamanho 210, terceira qualidade; S3: banda, terceira qualidade; B3: batoque, terceira qualidade; P3: pedaço grande, terceira qualidade; SSP3: pedaço super pequeno, terceira qualidade; X3: xerém, terceira qualidade; NI: não identificados; AGS: ácidos graxos saturados; AGM: ácidos graxos monoinsaturados; AGP: ácidos graxos poli-insaturados. Os resultados são expressos em média e desvio padrão; Médias com letras iguais na mesma linha não diferem ao nível de 5% de significância para o teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

O óleo de amêndoa de castanha de caju apresentou como ácidos graxos predominantes o ácido oleico (63,33 a 65,28 %), ácido linoleico (16,60 - 18,23 %), ácido palmítico (8,89 - 9,24 %) e ácido esteárico (7,08 - 8,25 %). A composição foi semelhante à relatada por Uslu e Özcan (2019) que em estudo com óleo de amêndoa de castanha de caju relatou as seguintes proporções destes ácidos graxos, 59,59% de ácido oleico, 20,20% de ácido linoléico, 9,49% de ácido esteárico e 8,93% de ácido palmítico. Há também similaridade entre o óleo de amêndoa de castanha de caju do presente estudo e o azeite de oliva extra virgem, no qual Baccouri *et al.* (2022) observaram que os ácidos oleico (60,61 a 67,16 %), linoléico (14,59 a 17,52 %), palmítico (11,43 a 17,09%) e esteárico (2,50 a 3,37%) foram os principais ácidos graxos encontrados no azeite, os quais variam de acordo com a localização geográfica da azeitona. Assim, observa-se o potencial de valorização do óleo de amêndoa de castanha de caju no presente estudo.

Observou-se que a amostra obtida com grãos inteiros (LW3) apresentou maiores proporções de AGP, como linoleico (18,23%), palmitoleico (0,29%) e AGP total (18,83%). Por outro lado, as amostras resultantes de amêndoas mais quebradas apresentaram menores proporções de AGP (17,29 a 18,36%) e maiores de AGM (64,85 a 65,81%). Assim, os óleos obtidos a partir de grãos menos íntegros apresentaram boa qualidade lipídica, com altas proporções de AGM, especialmente ácido oleico (C18:1n-9), que possui maior estabilidade oxidativa em comparação ao ácido linoleico (RIBEIRO *et al.*, 2020a; ABE *et al.*, 2018). As amostras com as maiores proporções de AGS, AGM e AGP foram P3, B3 e LW3, respectivamente.

O óleo de amêndoa de castanha de caju avaliado neste estudo apresentou valores de AGP/AGS dentro da faixa recomendada, acima de 0,45 (DEPARTAMENTO DE SAÚDE E SEGURANÇA SOCIAL, 1994). Uma extensa literatura indica os benefícios dos AGPs para a saúde. Esses ácidos graxos têm potencial para combater vários problemas de saúde, como doenças cardiovasculares, doenças do sistema nervoso, inflamação e alguns tipos de câncer, como câncer colorretal, de mama e de próstata (KAPOOR *et al.*, 2021; KROMHOUT; GOEDE, 2014; HARRIS; DAYSPRING; MORAN, 2013). Isso se deve aos consideráveis efeitos antiaterogênicos, antitrombóticos, anti-inflamatórios, antiarrítmicos e hipolipidêmicos dos AGPs (SADHU *et al.*, 2022). Em contrapartida, os AGS da dieta estão diretamente relacionados à elevação do colesterol sérico total e da lipoproteína de baixa densidade (LDL), que são as principais causas do desenvolvimento de doenças cardiovasculares (SADHU *et al.*, 2022; MARTINS *et al.*, 2018). Assim, manter uma proporção correta de AGP/AGS na dieta humana é essencial para reduzir o risco de diversas doenças crônicas (SADHU *et al.*, 2022).

3.3.4 Compostos voláteis

A análise por GC-MS revelou, em geral, 47 compostos voláteis nos óleos de amêndoa de castanha de caju produzidos com amêndoas de diferentes classificações (TABELA 8). Os compostos consistiam em 11 hidrocarbonetos, 9 álcoois, 9 aldeídos, 5 ésteres, 3 bases, 3 furanos, 2 cetonas, 2 ácidos, 1 acetal e 1 lactona. Foram encontrados 33 compostos em P3, 32 compostos em LW3, 31 compostos em S3, B3 e SSP3 e 28 compostos em X3.

Tabela 8 - Identificação de compostos voláteis do óleo de amêndoa de castanha de caju por Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG-MS)

| Compostos | Descrição do aroma ⁴ | Área | | | | | |
|-------------------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| | | LW3 | S3 | B3 | P3 | SSP3 | X3 |
| Álcool | | | | | | | |
| 3-Metil-1-butanol | Banana, cacau, floral, fruta, fúsel | 350306 ± 8422 | 319978 ± 23433 | 253403 ± 22666 | 632766 ± 96121 | 248571 ± 5365 | 121166 ± 8370 |
| 1-Pentanol | Balsâmico, fruta, verde, medicamento, levedura | 353781 ± 47942 | 588336 ± 71675 | 417915 ± 65732 | 393368 ± 20203 | 323695 ± 26011 | 243837 ± 45917 |
| 2,3-Butanodiol | Creme, floral, fruta, erva, borracha | 127596 ± 54046 | 172555 ± 34542 | 264181 ± 14394 | 402139 ± 29867 | 425961 ± 65012 | 240783 ± 104874 |
| 1-Hexanol | Pão, flor, fruta, verde, erva | 286686 ± 13324 | 107259 ± 19916 | 99033 ± 20330 | 222301 ± 15129 | 129640 ± 17766 | n.d. |
| 1-Heptanol | Químico, verde, pútrido, desagradável, madeira | 101465 ± 7430 | 89963 ± 9462 | 62760 ± 6190 | 89394 ± 6720 | 63503 ± 7993 | 49245 ± 5993 |
| 3-Octanol | Cítricos, óleo de fígado de bacalhau, musgo, cogumelo, nozes | 322275 ± 40660 | 125300 ± 970 | 56433 ± 3601 | n.d. | 96054 ± 43212 | n.d. |
| Benzenometanol | Amêndoa, cerejas cozidas, florais, musgo, pão torrado | 112143 ± 7045 | 152916 ± 20680 | 87747 ± 5279 | 152186 ± 70295 | 104837 ± 29686 | 166763 ± 33592 |
| 1-Octanol | Detergente, gordura, jasmim, limão, metal | 72994 ± 7319 | 54571 ± 7998 | 48593 ± 6259 | 84664 ± 18434 | 62576 ± 2405 | 79902 ± 7861 |

| | | | | | | | |
|------------------------|--|---------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------|
| Linalol | Bergamota, coentro, uva, lavanda, rosa | 85784 ± 14876 | 71118 ± 11502 | 67770 ± 3140 | 103685 ± 36630 | 104430 ± 21538 | 104785 ± 3246 |
| Aldeído | | | | | | | |
| 3-metilbutanal | Acre, amêndoa, chocolate, cacau, malte | 829270 ± 30639 | 1165654 ± 107872 | 886878 ± 61083 | 822311 ± 64504 | 494296 ± 27593 | 314462 ± 7484 |
| 2-metilbutanal | Amêndoa, chocolate, cacau, fermentado, avelã | 311191 ± 15456 | 612380 ± 44332 | 338498 ± 43545 | 232224 ± 32194 | 178396 ± 7658 | 125628 ± 6627 |
| Pentanal | Amêndoa, química, verde, malte, óleo | 795767 ± 8540 | 443094 ± 53856 | 328342 ± 42001 | 358951 ± 15318 | 513123 ± 31379 | 252084 ± 14957 |
| Hexanal | Gramma cortada, fresca, fruta, gramma, verde | 1845421 5 ± 1377073 | 6973589 ± 588462 | 4457076 ± 525690 | 4585253 ± 223498 | 1042029 8 ± 345663 | 4807194 ± 533132 |
| Heptanal | Cítricos, peixe seco, gordura, verde, nozes | 411968 ± 10170 | 325943 ± 53150 | 235778 ± 29074 | 294587 ± 27462 | 219141 ± 21552 | 156685 ± 23751 |
| 2,2-Dimetilhexanal | - | n.d. | 71498 ± 12168 | 69958 ± 8169 | n.d. | 61846 ± 10040 | 47708 ± 4468 |
| Benzaldeído | Amêndoa, amêndoa amarga, açúcar queimado, cereja, malte | 335748 ± 86082 | 389775 ± 46697 | 305643 ± 19755 | 533836 ± 55218 | 259014 ± 20900 | 168234 ± 13831 |
| (E)-2-Octenal | Gordura, óleo de peixe, verde, nozes, amendoim | 162567 ± 13720 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |
| Nonanal | Cítrico, gorduroso, floral, verde, tinta | 1430060 ± 78986 | 912664 ± 114263 | 947108 ± 56126 | 957857 ± 131011 | 1184179 ± 129402 | 1467509 ± 160729 |
| Cetona | | | | | | | |
| 3-hidroxi-2-butanona | Manteiga, creme, pimentão verde, raçoso, azedo | 65009 ± 6952 | 133677 ± 39960 | n.d. | 131224 ± 14022 | n.d. | 66933 ± 18955 |
| 2,2-Dimetil-3-hexanona | - | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 31936 ± 2225 |
| Hidrocarboneto | - | 81563 ± 6176 | 55679 ± 9340 | n.d. | 76324 ± 11070 | n.d. | n.d. |
| 3-metilhexano | - | 81563 ± 6176 | 55679 ± 9340 | n.d. | 76324 ± 11070 | n.d. | n.d. |
| Heptano | Alcano, fósforos queimados, florais, plástico | 2656365 ± 260879 | n.d. | 253683 ± 29116 | n.d. | n.d. | n.d. |
| 3,3,4- | - | n.d. | n.d. | n.d. | 72671 ± | n.d. | n.d. |

| | | | | | | | |
|---|---|----------------|------------------|-----------------|------------------|----------------|----------------|
| Trimetilheptano | | | | | 10690 | | |
| Tolueno | Amêndoa amarga, cola, tinta, solvente | 371320 ± 46168 | 129476 ± 16384 | 132258 ± 16297 | 169195 ± 24865 | 134963 ± 9109 | 266062 ± 25174 |
| Estireno | Balsâmico, gasolina, plástico, borracha, solvente | 214887 ± 8572 | 531234 ± 83947 | 443371 ± 52637 | 268204 ± 32199 | 113705 ± 10652 | 55306 ± 2976 |
| 4-Metil-1-pentanoilbenzeno | - | 38039 ± 5574 | 36633 ± 1341 | 36369 ± 1579 | n.d. | n.d. | 26029 ± 1945 |
| Limoneno | Cítrico, hortelã | 113844 ± 25959 | 110391 ± 11536 | 120964 ± 19727 | 102220 ± 15960 | 91429 ± 13796 | 73050 ± 16083 |
| 2,2,4-Trimetilpentano (S)-1-Bromo-2-metilbutano | - | n.d. | n.d. | 40843 ± 7094 | 74883 ± 7476 | n.d. | n.d. |
| 2,2,5,5-Tetrametilhexano | - | 506849 ± 47147 | n.d. | n.d. | n.d. | 119720 ± 13225 | 63506 ± 11501 |
| Cariofileno | Frito, especiarias, madeira | 334740 ± 27619 | 271412 ± 30821 | 259500 ± 7883 | 349456 ± 44875 | 281911 ± 13764 | 333008 ± 14146 |
| Éster | | | | | | | |
| Metil 2-metilpropionato | Flor, fruta, penetrante, doce | n.d. | n.d. | n.d. | 112075 ± 53382 | n.d. | n.d. |
| Metil butanoato | Maçã, banana, queijo, éster, floral | n.d. | n.d. | n.d. | 90374 ± 13750 | n.d. | n.d. |
| Éster metílico do ácido 3-metilbutanóico | Maçã, fruta, abacaxi | 109722 ± 18382 | 88899 ± 27675 | 61384 ± 3915 | 539486 ± 61993 | 76673 ± 10914 | 120597 ± 16934 |
| Metiltiohexanoato | Repolho, fruta, verde, cebola, enxofre | 93022 ± 5474 | n.d. | n.d. | n.d. | 48583 ± 11676 | n.d. |
| Propanoato de 3-metilbutila | Maçã, damasco, abacaxi | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 33914 ± 6689 | n.d. |
| Acetal | | | | | | | |
| 1,1-dietoxietano | Creme, frutas verdes, alçaçuz, doce, frutas tropicais | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 73701 ± 10073 | n.d. |
| Base | | | | | | | |
| 1-Metilpirrol | - | n.d. | 1547341 ± 257339 | 1268451 ± 63088 | 1457067 ± 260984 | 275633 ± 55275 | n.d. |
| 2,5-dimetilpirazina | Queimado, plástico queimado, cacau, remédio, assado | n.d. | 205783 ± 21246 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |
| 2,5-Dimetil-3-etilpirazina | Caldo, chocolate, | n.d. | 57281 ± 10200 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. |

| | | | | | | | |
|--------------------------------|---|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| | terra, batata, assado | | | | | | |
| Ácido | | | | | | | |
| Ácido 2-metilpropanoico | Queimado, manteiga, queijo, cozido, gorduroso | n.d. | n.d. | n.d. | 57474 ± 4303 | n.d. | n.d. |
| Ácido hexanóico | Ácido, queijo, cabra, picante, rançoso | 194134 ± 32747 | n.d. | 116799 ± 11239 | 75294 ± 9898 | 46219 ± 7302 | 64118 ± 16704 |
| Furano | | | | | | | |
| Dihidro-2-metil-3(2H)-furanona | Doce, pão, amanteigado | n.d. | 246039 ± 16732 | 238836 ± 129965 | n.d. | n.d. | n.d. |
| 2-Pentilfurano | Manteiga, floral, fruta, verde, feijão verde | 206554 ± 19962 | 177406 ± 31825 | 133400 ± 11053 | 115717 ± 20080 | 116555 ± 22960 | 102022 ± 13104 |
| Óxido de cis-linalol | Terra, flor, noz, raiz, vegetal | 39461 ± 5186 | n.d. | n.d. | 67818 ± 19268 | 84041 ± 13339 | 40685 ± 2772 |
| Lactona | | | | | | | |
| Butirolactona | Caramelo, queijo, fruta, nozes torradas, suor | n.d. | 85717 ± 15073 | 42040 ± 4192 | 533836 ± 55218 | n.d. | n.d. |
| Outro | | | | | | | |
| Não identificado | - | 149616 ± 9724 | n.d. | 208572 ± 71964 | 139184 ± 15040 | n.d. | 119324 ± 15857 |

LW3: inteira, tamanho 210, terceira qualidade; S3: banda, terceira qualidade; B3: batoque, terceira qualidade; P3: pedaço grande, terceira qualidade; SSP3: pedaço super pequeno, terceira qualidade; X3: xerém, terceira qualidade; n.d.: não detectado.

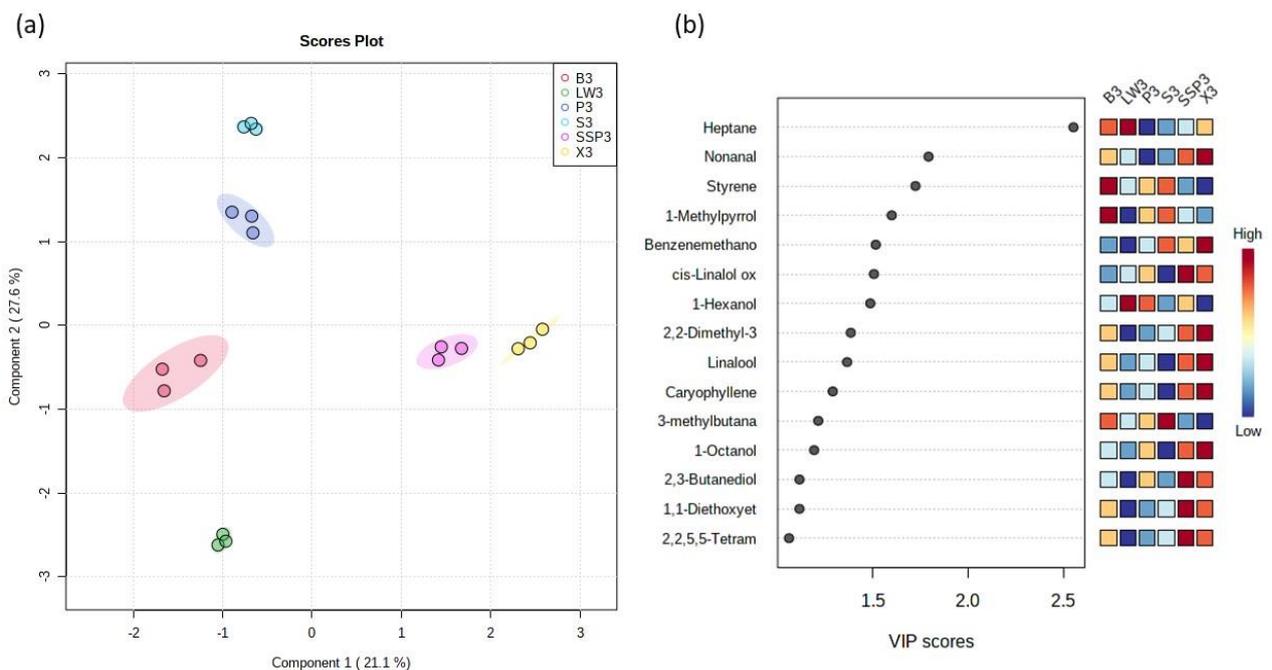
Muitos dos compostos voláteis encontrados neste estudo estão de acordo com o perfil de compostos voláteis relatado por Liao *et al.* (2019) em amêndoa de castanha de caju, dentre os quais álcoois, como 1-pentanol, 1-hexanol, benzenometanol (álcool benzílico), 2,3-butanodiol e linalol; aldeídos (hexanal, nonanal, benzaldeído, 3-metilbutanal, 2-metilbutanal, heptanal); cetonas, tais como 3-hidroxi-2-butanona (acetoína); lactonas (butirolactona); furanos (2-pentilfurano); bases (1-metilpirrol e 2,5-dimetilhidrazina) e hidrocarbonetos (limoneno, cariofileno e estireno). Em outro estudo, os compostos 3-metil-1-butanol, heptano, 1-pentanol, tolueno, hexanal, 1-hexanol, estireno, benzaldeído, benzenometanol e nonanal foram identificados em amostras de amêndoa de castanha de caju (OLATIDOYE *et al.*, 2019). Assim, esses compostos já eram esperados no óleo de amêndoa de castanha de caju.

Compostos como pirazinas, aldeídos, furanos e pirróis contribuem para os sabores típicos de nozes torradas, e as pirazinas (geradas a partir da reação de Maillard) são as principais responsáveis pelo aroma torrado e de nozes nas amêndoas de castanha de caju

torradas (LIAO *et al.*, 2019; AGILA; BARRINGER, 2011). Essa informação corrobora com estudo de Hu *et al.* (2021), no qual várias pirazinas, pirróis, furanos e aldeídos foram selecionados como possíveis voláteis essenciais que contribuem para os sabores de nozes, torrado e doce do óleo. Portanto, estes são compostos importantes em óleo de amêndoas (HU *et al.*, 2021).

Com base em 47 variáveis voláteis em óleos de amêndoa de castanha de caju, a análise discriminante de mínimos quadrados parciais (PLS-DA) foi aplicada para separar os componentes voláteis individuais responsáveis pela diferenciação das amostras. Conforme mostrado na Figura 5a, as seis amostras foram segregadas umas das outras, indicando que os compostos voláteis foram afetados de forma diferente em cada óleo.

Figura 5 - Gráficos quimiométricos dos compostos voláteis em óleos de amêndoa de castanha de caju elaborados com diversas classificações de amêndoa. (a) Mínimos Quadrados Parciais (PLS-DA-Pontuações) (b) Gráfico de Variáveis de Importância na Projeção (VIP-Pontuações).



Fonte: elaborada pela autora.

Além do PLS-DA, avaliou-se a Importância da Variável na Projeção (VIP) (FIGURA 5b). Variáveis com pontuação VIP > 1,0 foram consideradas importantes contribuintes para a segregação.

Os compostos heptano, nonanal, estireno, 1-metilpirrol, benzenometanol, óxido de cis-linalool e 1-hexanol foram os que mais contribuíram para a diferenciação das amostras

(FIGURA 5b). Alguns desses compostos indicam oxidação lipídica, como heptano, 1-hexanol e nonanal (WU *et al.*, 2021; OLATIDOYE *et al.*, 2019), os quais foram mais associados às amostras LW3 (os dois primeiros) e X3 (o último). Os produtos da reação de Maillard, como benzenometanol e 1-metilpirrol (GÜLLER; DURSUN; TÜRKMEN, 2021; GONG *et al.*, 2018), foram mais relacionados aos óleos X3 e B3, nessa ordem. Outros compostos, como estireno e óxido de cis-linalool, foram associados principalmente às amostras B3 e SSP3, respectivamente. Foi relatado que o estireno tem um odor adocicado (OLATIDOYE *et al.*, 2019), e o óxido de cis-linalool foi associado aos descritores terra, flor, noz, raiz e vegetal (DONGEN, WIGGERS; DONDERS, 2022).

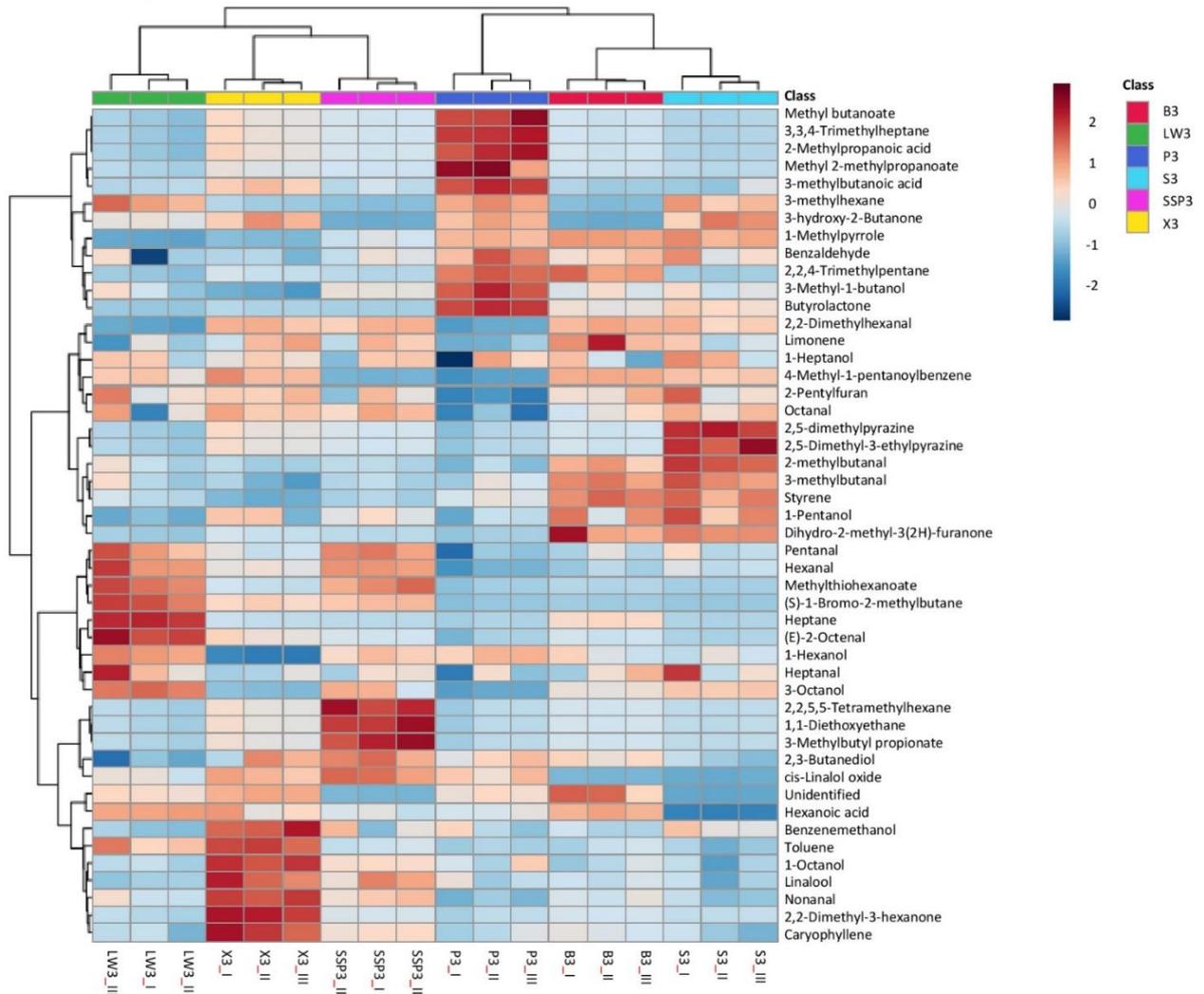
Os produtos voláteis da oxidação lipídica, como álcoois, aldeídos, cetonas, alcanos e ácidos de cadeia curta, são a razão predominante para o desenvolvimento de sabores estranhos e afetam negativamente a qualidade dos lipídios e dos alimentos que contêm lipídios, sendo compostos indesejáveis em óleos comestíveis (MU *et al.*, 2019). Por sua vez, os compostos aromáticos resultantes da reação de Maillard contribuem para os sabores característicos de nozes, torrado e doce que são esperados nos óleos de amêndoas (HU *et al.*, 2021).

Para obter uma visão geral das variações metabólicas nos diferentes óleos, a análise do mapa de calor foi realizada utilizando os marcadores químicos (FIGURA 6). Conforme mostrado na Figura 6, a amostra X3 está agrupada com a amostra SSP3, provavelmente, por apresentarem conteúdos semelhantes de 2,2-dimethylhexanal, limonene, octanal e cis-linalol oxide. Porém, os compostos que se destacaram no óleo SSP3 foram 2,2,5,5-tetrametilhexano, 1,1-dietoxietano e 3-metilbutil propanoato. Esses dois últimos estão associados aos descritores doce/creme e doce, respectivamente (FOODB, 2020). Na amostra X3, os compostos que se destacaram foram alguns produtos da reação de Maillard, como benzenometanol e tolueno (GONG *et al.*, 2018); da oxidação, como o 1-octanol e o nonanal (GARCÍA *et al.*, 2021); além dos compostos 2,2-dimetil-3-hexanona, linalol e cariofileno, sendo os dois últimos responsáveis pelos sabores de nozes frescas e frito/especiaria/madeira, respectivamente (GARCIA *et al.*, 2021; DONGEN *et al.*, 2022).

A amostra B3 ficou agrupada com a amostra S3, possivelmente por interferirem de forma semelhante nos compostos 2-metilbutanal, 3-metilbutanal e 1-metilpirrol (produtos da reação de Maillard e responsáveis pelos sabores típicos de amêndoas) (GARCIA *et al.*, 2021; GÜLLER *et al.*, 2021; LIAO *et al.*, 2019), além do estireno e dihidro-2-metil-3(2H)-furanona. Esse último está associado aos sabores doce/floral (NI *et al.*, 2021; CHEN *et al.*, 2019). O óleo S3 também se destacou pela presença de alguns produtos da reação de Maillard,

como 2,5-dimetilpirazina e 2,5-dimetil-3-etilpirazina (YANG *et al.*, 2021) e do composto 1-pentanol, resultante da oxidação do ácido linoleico (OLATIDOYE *et al.*, 2019).

Figura 6 - Análise hierárquica de agrupamento e mapa de calor representando teores de compostos voláteis em óleos de amêndoa de castanha de caju elaborados com diferentes classificações de amêndoa



Fonte: Elaborada pela autora.

A amostra de óleo LW3 apresentou níveis mais elevados de pentanal, hexanal, heptano e (E)-2-octenal. Esses compostos são produtos da oxidação dos ácidos oleico (heptano) e linoleico (pentanal, hexanal e (E)-2-octenal) (LUO, HUANG; MITCHELL, 2022; FRANKLIN; MITCHELL, 2019). Provavelmente isso ocorreu devido ao seu maior teor de ácido graxo linoleico em relação às demais amostras (TABELA 7).

Por fim, o óleo P3 apresentou maiores concentrações de oito compostos voláteis, que foram butanoato de metila (maçã/banana/queijo/éster/floral), 3,3,4-trimetilheptano, ácido

2-metilpropanóico (queimado/manteiga/queijo/cozido/gordura), 2-metilpropionato de metila (flor/fruta/penetrante/doce), 3-metilbutanoato de metila (maçã/fruta/abacaxi), 2,2,4-trimetilpentano, 3-metil-1-butanol (banana/cacau/floral/fruta/fúsel) e butirolactona (caramelo/doce/noz) (DONGEN *et al.*, 2022; OJEDA-AMADOR; FREGAPANE; SALVADOR, 2020), os quais não são compostos associados à oxidação lipídica.

As amostras de óleo LW3 e X3 apresentaram as maiores concentrações de compostos resultantes da oxidação lipídica, principalmente o primeiro. As maiores concentrações de voláteis provenientes do processo oxidativo no óleo LW3 podem ser consequência da maior proporção de ácido linoleico em relação às demais amostras (TABELA 4), uma vez que a maior parte dos voláteis resulta da degradação deste ácido graxo, como o pentanal, hexanal e (E)-2-octenal (LUO *et al.*, 2022; FRANKLIN *et al.*, 2019). Por sua vez, o óleo X3 pode ter apresentado maiores proporções de compostos de oxidação devido à amêndoa ter sido exposta a maior contato com o calor e o ar, uma vez que se apresenta em pedaços menos intactos do que as demais classificações de amêndoas (OJEDA-AMADOR *et al.*, 2020; CARVALHO *et al.*, 2018). Compostos resultantes da degradação de hidroperóxidos, como álcoois, aldeídos, cetonas, hidrocarbonetos e ácidos, podem afetar a qualidade geral do produto (FOLIGNI *et al.*, 2022; SHEN *et al.*, 2020). Além disso, essas duas amostras foram as que apresentaram menores proporções de ácido oleico (TABELA 7). De acordo com Hu *et al.* (2021), o alto teor de ácido oleico melhora a estabilidade oxidativa dos produtos de amendoim, reduzindo a formação de aldeídos responsáveis pelos sabores indesejáveis dos óleos (HU *et al.*, 2021).

Entretanto, algumas medidas podem ser adotadas para reduzir o processo oxidativo em óleos, como o armazenamento da matéria-prima (amêndoas) em baixas temperaturas e pressões reduzidas de oxigênio, o que pode retardar a oxidação dos ácidos graxos e, conseqüentemente, a formação de compostos voláteis responsáveis por odores desagradáveis (RIBEIRO *et al.*, 2020b).

As demais amostras de pedaços menores apresentaram em sua maioria compostos voláteis não derivados de processos oxidativos, indicando qualidade satisfatória, como os compostos benzenometanol, 1-metilpirrol, 2-metilbutanal, 3-metilbutanal, 2,5-dimetilpirazina e 2,5-dimetil-3-etilpirazina. A amostra P3 destacou-se como o óleo com maiores proporções de compostos voláteis não derivados de processos oxidativos, que foram associados a descritores como doce, frutado, floral, gorduroso e nozes, sendo uma amostra bastante aromática (DONGEN *et al.*, 2022; OJEDA-AMADOR *et al.*, 2020).

3.4 Conclusão

A obtenção do óleo de amêndoa de castanha de caju a partir de grãos quebrados, em geral, resultou em óleos com baixos índices de acidez e de peróxido, poucos compostos de degradação lipídica e relevante teor de ácidos graxos, principalmente monoinsaturados, indicando adequada qualidade oxidativa. Os parâmetros físico-químicos, perfil de ácidos graxos e compostos voláteis dos óleos de amêndoas quebradas apresentaram resultados equivalentes ou até melhores que o óleo preparado com amêndoa inteira (LW3). Contudo, o óleo P3 (pedaço grande) se destacou por apresentar as maiores proporções de compostos voláteis não derivados de processos oxidativos, sendo uma amostra bastante aromática e com potencial para produção de óleo.

Assim, os achados deste estudo são de grande relevância, dada a possibilidade de utilização e valorização da amêndoa de castanha de caju de menor valor comercial (quebrada), ampliando as oportunidades de utilização deste alimento, e oferecendo aos consumidores uma opção de óleo vegetal com valor nutricional e qualidade oxidativa adequada para consumo em uma dieta balanceada e saudável.

4 CAPÍTULO II ² - ESTABILIDADE OXIDATIVA E CARACTERIZAÇÃO SENSORIAL DO ÓLEO DE AMÊNDOA DE CASTANHA DE CAJU DURANTE ARMAZENAMENTO ACELERADO

² Artigo submetido ao periódico *Food Research International* em: 19/12/2023.

Resumo

O óleo de amêndoa de castanha de caju não é um produto usualmente comercializado ou consumido, porém apresenta grande potencial de uso para agregar valor a amêndoas quebradas, que possuem menor valor comercial. Assim, estudos sobre suas características são importantes a fim de fornecer uma base para o incentivo do consumo desse produto, ampliando as formas de uso dessa amêndoa. O objetivo deste estudo foi caracterizar o óleo de amêndoa de castanha de caju, obtido por prensagem a frio, quanto as suas propriedades física, química e sensorial e avaliar as modificações ocorridas no óleo ao longo de 60 dias de armazenamento a 30, 40 e 50 °C (condições de armazenamento acelerado). Os resultados demonstraram que o óleo possui ácidos anacárdicos, fitoesteróis, e é constituído majoritariamente pelo ácido oleico (65,24 a 66,49%). Ao longo do armazenamento, houve modificações sutis na qualidade oxidativa do óleo, principalmente a 50 °C, com aumento dos valores de acidez (0,74 a 0,96 mg KOH/g), peróxido (1,43 a 4,60 meq peróxido/Kg), diferença de cor (0,37 a 8,83), e redução de ácidos graxos poli-insaturados (16,98 a 16,63%). Contudo, os resultados de acidez e peróxido não excederam os limites estabelecidos pelo *Codex Alimentarius* (4,0 mg KOH/g e 15 meq peróxido/Kg, respectivamente). A aceitação sensorial reduziu ao longo do tempo, mas ao final do armazenamento ainda obtiveram notas acima de “gostei ligeiramente”. Ademais, o teste *Check-All-That-Apply* (CATA) mostrou que o óleo apresentou atributos sensoriais positivos, como cor amarela, brilhoso, aspecto leve, gosto doce, sabor neutro e aroma de amêndoa de castanha de caju. Com isso, observou-se que o óleo ainda manteria características satisfatórias por um tempo superior a 60 dias, mesmo a 50 °C, tendo um grande potencial para a comercialização e consumo para uso direto e em preparações culinárias.

Keywords: *Anacardium occidentale* L., óleo prensado a frio, teste *Check-All-That-Apply* (CATA), grupo focal, perfil de ácidos graxos.

4.1 Introdução

A amêndoa de castanha de caju costuma ser consumida na forma de salgadinho, salgada ou sem sal, torrada a seco e em diversas formulações de alimentos, como barras de cereais, pastas, bebidas, biscoitos (OLADEBEYE; OLADEBEYE, 2023; CARVALHO *et al.*, 2022; MOREIRA-ARAÚJO *et al.*, 2021, LIMA *et al.*, 2021, AMEVOR; LARYEA; BARIMAH, 2018). Embora essa amêndoa seja rica em lipídios, o seu óleo não é um produto usualmente comercializado ou consumido (CARVALHO *et al.*, 2022). Porém, a extração do óleo pode representar uma importante estratégia para agregação de valor a amêndoas quebradas, as quais possuem menor valor comercial (LIMA *et al.*, 2023). No entanto, estudos sobre suas características e propriedades sensoriais, nutricionais e estabilidade são importantes a fim de fornecer dados que colaborem para o incentivo do consumo desse produto, ampliando as formas de uso da amêndoa de castanha de caju quebrada.

Óleos comestíveis são alimentos que fornecem nutrientes essenciais para o organismo humano e desempenham papel muito importante na saúde (DENG *et al.*, 2022). O óleo de amêndoa de castanha de caju é fonte de ácidos graxos monoinsaturados (AGM) e poli-insaturados (AGP), como o ácido oleico (AGM) e linoleico (AGP), os quais estão associados à saúde cardiovascular (LEAL *et al.*, 2023, ZANQUI *et al.*, 2020a). Esse óleo também possui outras substâncias benéficas à saúde, como polifenóis (ácidos anacárdicos), tocoferóis (α , β e γ -tocoferol) e fitoesteróis (β -sitosterol, δ -5-avenasterol, campesterol) (ZANQUI *et al.*, 2020a, MATTISON *et al.*, 2018, TOSCHI *et al.*, 1993). Além disso, apresenta características sensoriais que remetem à amêndoa de castanha de caju, como cor amarelo dourada, aroma e sabor, despertando interesse de potenciais consumidores quanto ao seu uso em preparações culinárias (CARVALHO *et al.*, 2022, CARVALHO *et al.*, 2018). O óleo de amêndoa de castanha de caju ainda apresenta compostos voláteis de importância em óleos de amêndoas, como pirazinas, furanos e aldeídos, os quais são possíveis compostos chave que contribuem para os aromas de nozes, torrado e doce (LEAL *et al.*, 2023, HU *et al.*, 2021). Ademais, é oxidativamente estável quando submetido a elevadas temperaturas (LIU *et al.*, 2023).

Contudo, a determinação da vida de prateleira de alimentos é essencial para garantir que estes sejam consumidos apenas enquanto mantêm características adequadas para o consumo, de forma a não oferecer riscos ao consumidor. O principal fator que desencadeia a deterioração de óleos é a oxidação lipídica (EL-HADARY; TAHA, 2020). Porém, monitorar essas reações de oxidação em condições normais de vida útil pode ser demorado, levando

meses. Por isso, metodologias para estudos de vida útil acelerada foram desenvolvidos alterando o ambiente de armazenamento como temperatura, luz, concentração de compostos pró-oxidantes, sendo o uso de temperaturas elevadas o fator mais comumente usado para esse fim por ser um dos fatores mais críticos que afetam a cinética da reação em alimentos (HOPPENREIJS *et al.*, 2021, CONTE *et al.*, 2020). O método *accelerated shelf-life testing* (ASLT) utiliza condições severas para o armazenamento de alimentos de forma a acelerar as taxas de reações e os dados podem ser extrapolados para prever a taxa de perda de qualidade e o prazo de validade em condições normais de armazenamento (CONTE *et al.*, 2020) utilizando a equação de Arrhenius, que é um modelo matemático usado para determinar o efeito da temperatura na taxa de reações químicas e de perda de qualidade para a previsão da vida útil de produtos (NURHASANAH *et al.*, 2022).

De acordo com Conte *et al.* (2020), os estudos de vida de prateleira acelerados podem ser divididos em três importantes etapas. A primeira consiste na identificação do evento mais crítico que leva ao declínio da qualidade do alimento bem como a definição do seu limite de aceitabilidade. No caso de óleos comestíveis, a oxidação lipídica é o principal mecanismo de deterioração ao longo do armazenamento (CONTE *et al.*, 2020) e pode ser monitorada pelos índices de acidez e peróxido com limites determinados internacionalmente pelo *Codex Alimentarius* (FAO/OMS, 2021), mas também por metodologias mais avançadas como análises sensoriais, de ácidos graxos e compostos voláteis (MARTÍN-TORRES *et al.*, 2023). A segunda etapa consiste em monitorar as mudanças dos indicadores selecionados em função do tempo. E, por fim, os dados são tratados para a previsão do prazo de validade (CONTE *et al.*, 2020).

Com base no exposto, o objetivo do presente estudo foi caracterizar o óleo de amêndoa de castanha de caju quanto a sua composição física, química e sensorial e avaliar as modificações ocorridas ao longo de 60 dias de armazenamento a 30 °C (temperatura normal de armazenamento), 40 e 50 °C (condições aceleradas).

4.2 Material e métodos

4.2.1 Matéria-prima

Foi utilizada amêndoa de castanha de caju P1 - pedaço grande de primeira qualidade (ASSOCIAÇÃO DAS INDÚSTRIAS ALIMENTARES - AFI, 2016), conforme resultados do estudo de Leal *et al.* (2023). Nessa etapa da pesquisa, optou-se por utilizar a

amêndoa de primeira qualidade visando uma maior durabilidade do óleo, uma vez que a amêndoa de terceira qualidade, como a utilizada no capítulo anterior, apresenta mais defeitos e possivelmente são mais oxidadas. Todas as amostras foram embaladas a vácuo em sacos que as protegessem da luz direta e armazenadas a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ até o processamento para obtenção do óleo de castanha de caju.

4.2.2 Reagentes

Todos os produtos químicos eram de grau analítico ou superior e adquiridos da Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, EUA). Soluções aquosas foram preparadas com água purificada por sistema Milli-Q (Millipore Lab., Bedford, MA, EUA).

4.2.3 Processamento do óleo de amêndoa de castanha de caju

As amêndoas de castanha de caju foram torradas em forno de convecção forçada (Marconi MA035, Brasil) a $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 15 minutos, tempo e temperatura selecionados em testes de Oliveira (2022). Posteriormente, as amostras foram prensadas em prensa hidráulica (Hidraumon PH30, Brasil) nas seguintes condições: 177 cm^2 de área, pressão de 100 kgf/cm^2 e temperatura ambiente de $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, resultando em um rendimento de extração de 17,24%. O óleo obtido foi centrifugado por 30 min a 4.500 rpm em temperatura ambiente (centrífuga Thermo Scientific Heraeus Megafuge 40, Estados Unidos).

Após o processamento, as amostras de óleo foram acondicionadas em garrafas de vidro transparentes (50 mL) com tampa metálica. As amostras foram separadas e armazenadas a 30, 40 e $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 60 dias, na ausência de luz, em incubadoras tipo BOD (modelo TE-371, Tecnal, Brasil). A cada 15 dias, os frascos armazenados em cada temperatura foram retirados e armazenados a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ até o momento das análises, resultando nos tempos 0, 15, 30, 45 e 60 dias. Ressalta-se, que a temperatura de $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ foi utilizada como condição ambiente de armazenamento de acordo com recomendação da ANVISA (2018) em seu guia para determinação de prazos de validade para alimentos.

As amostras foram processadas em 3 repetições.

4.2.4 Caracterização do óleo de amêndoa de castanha de caju

4.2.4.1 Ácidos Anacárdicos

A análise e identificação dos compostos foram realizados de acordo com o descrito por Alves et al. (2023) e Cunha *et al.* (2017) com pequenas modificações. Foi utilizado um sistema Acquity UPLC (Waters, EUA) acoplado a um sistema de massa (Q-TOF, Waters). Uma coluna Waters Acquity BEH C18 para condição de separação (150 mm × 2,1 mm, 1,7 µm) foi ajustada em 40 °C. Um volume de injeção de alíquota de 5 µL de cada extrato foi submetido a um gradiente exploratório com a fase móvel composta por água deionizada (A) e acetonitrila (B), ambas contendo ácido fórmico (0,1% v/v). Os extratos foram submetidos a gradiente exploratório da seguinte forma: 2–100% B (22,0 min), 100% B (22,1-25,0 min), 2% B (26,0-30 min) com vazão de 0,3 mL min⁻¹. A ionização foi realizada utilizando fonte de ionização por eletrospray em modo positivo ESI, adquirida na faixa de 110–1180 Da e os parâmetros instrumentais otimizados foram os seguintes: tensão capilar em 3,2kV, tensão de cone em 15 V, temperatura da fonte em 120 °C, temperatura de dessolvatação a 350 °C, fluxo de gás de dessolvatação a 500 L h⁻¹. O sistema foi controlado usando o software Masslynx (Waters Corporation, USA).

4.2.4.2 Fitoesteróis

A análise de fitoesteróis foi realizada de acordo com metodologia de Beveridge, Li e Drover (2002). Os compostos foram derivatizados usando NO-bis (trimetilsilil) trifluoroacetamida (BSTFA; Sigma-Aldrich Chemical Co., EUA). As análises foram realizadas em triplicata, utilizando 2 µL de extrato para cada injeção, com taxa de divisão de 1:10. A quantificação dos fitoesteróis foi realizada com o padrão 5 α -colestano (Sigma-Aldrich Chemical Co., EUA). A análise por cromatografia gasosa-espectrometria de massa (CG-EM) foi realizada utilizando um Agilent modelo 7890B, equipado com detector de espectrômetro de massas, modelo 5977A. A coluna cromatográfica utilizada foi a RTX 5 (tamanho 30 m, diâmetro interno de 0,25 mm, espessura de filme de 0,25 µm). O programa de temperatura utilizado foi rampa de 10°C/min de 120°C a 275°C, permanecendo por 50 min. A temperatura de interface entre o cromatógrafo e o detector seletivo de massa foi de 280°C e a ionização foi feita por impacto de elétrons (70 eV) com a fonte de íons mantida a 150°C.

4.2.5 Estabilidade oxidativa de óleo de amêndoa de castanha de caju durante armazenamento acelerado

Foram realizadas análises de índice de acidez, índice de peróxido, cor e perfil de ácidos graxos em todas as amostras de óleo armazenadas nas temperaturas 30, 40 e 50°C e nos tempos 0, 15, 30, 45 e 60 dias.

4.2.5.1 Índices de acidez e peróxido

Os índices de acidez e peróxido foram medidos pelos métodos oficiais Ca 5a-40 e Cd 8-53, respectivamente (AOCS, 2003). Aproximadamente 5 g da amostra foram pesados em 3 repetições.

4.2.5.2 Análise de cor

A análise de cor foi realizada medindo a refletância direta do sistema de coordenadas retangulares (L^* , brilho; a^* , intensidade de vermelho e verde; b^* , intensidade de amarelo e azul), aplicando a escala de cores CIELAB usando um colorímetro (CM-5, Konica Minolta, Osaka, Japão).

As análises foram realizadas em três repetições.

4.2.5.3 Perfil de ácidos graxos de óleo de amêndoa de castanha de caju por CG-DIC

Para a realização da análise, os ácidos graxos do óleo de amêndoa de castanha de caju foram convertidos em ésteres metílicos de ácidos graxos (FAMES) seguindo o procedimento descrito por Hartman e Lago (1973). Inicialmente, uma quantidade de 100 mg de óleo foi adicionada com 3,0 mL de hexano e 4,0 mL de hidróxido de sódio $0,50 \text{ mol L}^{-1}$ em metanol, e a mistura foi aquecida sob refluxo por 5 min a 70°C. Após adicionar 5,0 mL do reagente de esterificação (preparado a partir de uma mistura de 10,0 g de cloreto de amônia, 300,0 mL de metanol e 15,0 mL de ácido sulfúrico), 4,0 mL de cloreto de sódio, 3,0 mL de hexano e agitar por 30s. A fase orgânica foi recolhida e o solvente foi evaporado. Os ésteres metílicos foram solubilizados em hexano antes da injeção na cromatografia gasosa.

Após a extração, os materiais foram analisados por cromatografia gasosa - CG equipada com Detector de Ionização de Chama - DIC (GC2010 Plus; Shimadzu, Kyoto,

Japão) e coluna capilar de fase estacionária biscianopropil-polidimetilsiloxano (SP2560, 100m×0,25 mm, df 0,20 µm ; Supelco®, Bellefonte, PA, EUA). A temperatura da coluna foi programada da seguinte forma: a temperatura inicial foi mantida em 80 °C, depois aumentada em 11°C min⁻¹ até 180°C, depois em 5°C min⁻¹ até 220°C, e mantida por 23 min. O hidrogênio foi usado como gás de arraste a uma vazão de 1,5 mL min⁻¹. A relação de separação foi de 1:30, com temperatura do injetor e detector de 220°C. Os ensaios foram realizados em 2 repetições. Os FAMES foram identificados comparando os tempos de retenção com aqueles de uma mistura padrão de ácidos graxos previamente injetada (código CRM47885; Supelco®, Bellefont PA, EUA). A contribuição de cada composto para a mistura foi calculada pela área relativa (%) do seu respectivo pico no cromatograma. Os ácidos graxos foram relatados como seus nomes comuns.

4.2.6 Propriedades sensoriais de óleo de amêndoa de castanha de caju por métodos afetivos e descritivos durante armazenamento

Os testes foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), por meio do parecer de n° 4.729.905 (ANEXO A), e todos os voluntários registraram sua concordância em participar assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE A). As análises sensoriais foram realizadas por meio de grupo focal e uso de questionário (APÊNDICE B) contendo escala hedônica e teste *Check-All-That-Apply* (CATA), as quais foram aplicadas nas amostras submetidas às três temperaturas de armazenamento (30, 40 e 50°C) e nos tempos 0, 30 e 60 dias.

Participaram dos testes, 13 provadores voluntários, os quais eram acadêmicos ou possuíam formação acadêmica na área de alimentos, dentre eles estudantes e profissionais de nutrição, gastronomia e engenharia de alimentos, com idades entre 18 e 40 anos, sendo seis homens e sete mulheres, os quais eram consumidores frequentes de óleos vegetais.

Os provadores foram divididos em duas sessões, em que na primeira participaram 7 voluntários e na segunda 6 voluntários. Dias (2000) afirma que grupos focais com seis a dez pessoas é o recomendado para promover uma discussão que estimule a participação e a interação de todos, de forma relativamente ordenada. Cada sessão possuiu tempo médio de 90 min e foram conduzidas por um moderador e dois assistentes. Primeiramente, 10 mL de cada amostra foi apresentada monodicamente a cada provador em uma xícara branca de porcelana com capacidade para 50 mL. Posteriormente, foram entregues as fichas contendo escala

hedônica e questões CATA. Por fim, foi realizado o grupo focal para que os provadores indicassem suas impressões sobre as amostras avaliadas.

4.2.6.1 Teste de aceitação

A aceitação sensorial foi avaliada por meio de um formulário (APÊNDICE B) com escala hedônica estruturada de nove pontos, onde 1 significa a pontuação de valor mínimo (desgostei muito) e 9 a pontuação de valor máximo (gostei extremamente), de acordo com Stone e Sidel (2004). Essa escala indicou o quanto os provadores gostaram ou não das amostras quanto aos atributos de cor, aparência, aroma, sabor e impressão global, que foram selecionados para obter uma visão geral da resposta dos consumidores aos principais atributos considerados importantes para avaliação da qualidade de óleo de amêndoa de castanha de caju.

4.2.6.2 Teste Check-All-That-Apply (CATA)

Na mesma sessão foi aplicado o teste CATA a fim de realizar a caracterização do produto por meio de uma lista com descritores sensoriais, onde os provadores deveriam selecionar todos os termos que se aplicavam à amostra (ARES *et al.*, 2014). Foi fornecido um formulário (APÊNDICE B) contendo descritores sensoriais selecionados a partir de estudo realizado por Carvalho *et al.* (2022) com modificações feitas a partir de testes preliminares (ARES *et al.*, 2014), onde os provadores deveriam assinalar quais termos se aplicavam às amostras de óleo.

Piochi, Cabrino e Torri (2021) relataram que o teste CATA foi eficaz na detecção de mudanças sensoriais ocorridas em azeite de oliva durante seu armazenamento à temperatura ambiente, sendo uma técnica promissora em estudos de vida de prateleira por ser um teste rápido e que gera importantes informações descritivas dos produtos.

4.2.6.3 Grupo focal

O grupo focal foi baseado na metodologia descrita por Lawless e Heymann (2010) e teve como objetivo avaliar a opinião do consumidor em relação às amostras de óleo de amêndoa de castanha de caju. Os voluntários foram convidados a discutir as amostras de óleo em duas sessões com tempo médio de 60 min. Em cada sessão, os provadores receberam 10

mL das amostras em uma xícara branca de porcelana com capacidade para 50 mL e foram instruídos a observar a cor e a aparência, cheirar e provar a amostra em um pedaço de pão branco. Além disso, foram feitas perguntas sobre sua disponibilidade no mercado, saudabilidade, consumo, uso em preparações culinárias e em produtos alimentícios, embalagem e valor de mercado.

As sessões de grupo de foco foram anotadas e gravadas por um assistente. Os dados obtidos foram avaliados para auxiliar na caracterização sensorial das amostras.

4.2.7 Análises estatísticas

Os dados obtidos nas análises químicas, físico-químicas e de aceitação sensorial, incluindo o perfil de ácidos graxos, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com nível de significância de 5% para determinar diferenças significativas entre as médias.

Para tratamento dos dados gerados no teste CATA, aplicou-se o teste Q de Cochran nas médias dos resultados a fim de identificar diferenças significativas entre as amostras em cada termo do questionário CATA ($p \leq 0,05$). Também foi aplicado o teste de McNemar para identificar quais amostras eram significativamente diferentes ao nível de 5% de significância. A análise de correspondência (AC) foi realizada para observar a proximidade entre as amostras e os atributos, em que amostras que estavam espacialmente próximas umas das outras foram consideradas semelhantes, e amostras próximas a um atributo relataram altas porcentagens de escolha desse atributo.

Uma análise de penalidade (AP) foi aplicada entre os atributos do teste CATA e a aceitação global a fim de encontrar os fatores positivos e negativos para a aceitação das amostras. A AP forneceu um gráfico representando no Eixo Y o impacto médio dos atributos no gosto (seja positivo ou negativo) e no eixo X a frequência de verificação dos atributos nas amostras. Uma linha pontilhada vertical no eixo X representa o limite acima do qual os resultados são considerados significativos (20%). Todas as análises foram realizadas com XLSTAT 2023 (Lumivero, Denver, CO, EUA).

4.3 Resultados e discussão

4.3.1 Caracterização do óleo de amêndoa de castanha de caju: ácidos anacárdicos

Os ácidos anacárdicos identificados no óleo de amêndoa de castanha de caju foram o 15:3, 15:2, 17:3 e 15:1 (TABELA 9; FIGURA 7). Resultados semelhantes foram relatados em estudos desenvolvidos com óleos de amêndoa de castanha de caju. Mattison *et al.* (2018) identificaram os ácidos anacárdicos C15:3, C15:2 e C15:1. Por sua vez, Gómez-Caravaca, Verardo e Caboni (2010) relataram a presença dos ácidos anacárdicos 15:0, 15:1, 15:2, 15:3 em óleo de amêndoa de castanha de caju.

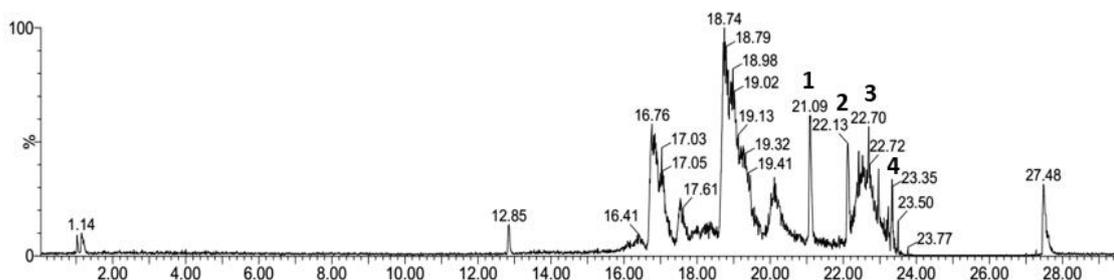
Tabela 9 - Identificação de ácidos anacárdicos em óleo de amêndoa de castanha de caju

| Pico | Tr (min) | [M-H] ⁻ Observado | [M-H] ⁻ Calculado | Ácido anacárdico |
|------|----------|---------------------------------|---------------------------------|------------------------|
| 1 | 21.08 | 341.2119 | 341.2117 | 15:3- Ácido anacárdico |
| 2 | 22.12 | 343.2272 | 343.2273 | 15:2- Ácido anacárdico |
| 3 | 22.57 | 369.2426 | 369.2430 | 17:3- Ácido anacárdico |
| 4 | 23.33 | 345.2426 | 345.2430 | 15:1- Ácido anacárdico |

Fonte: Elaborada pela autora. Tr: tempo de retenção.

Estudos apontam que os ácidos anacárdicos possuem várias propriedades biológicas, como ação anti-inflamatória (ONAL *et al.*, 2020), antimicrobiana (LIMA *et al.*, 2020), antidepressiva (GOMES JÚNIOR *et al.*, 2019), antitumoral (GALOT-LINALDI *et al.*, 2021) e melhora da densidade óssea (ZHAO *et al.*, 2019). Além disso, os ácidos anacárdicos podem auxiliar na redução da oxidação lipídica em alimentos, pois são inibidores de enzimas lipoxigenases (LOX). As LOX são uma família de enzimas que catalisam a oxidação de ácidos graxos poliinsaturados, como o ácido linoleico, e estão presentes em uma ampla gama de alimentos de origem vegetal e animal, inclusive em óleos vegetais, podendo levar ao desenvolvimento de sabores rançosos ou desagradáveis (APREA *et al.*, 2018; WISASTRA *et al.*, 2012; HA; KUBO, 2005).

Figura 7 - Cromatograma e identificação de ácidos anacárdicos em óleo de amêndoa de castanha de caju



Fonte: Elaborado pela autora.

4.3.2 Caracterização do óleo de amêndoa de castanha de caju: fitoesteróis

Os fitoesteróis identificados no óleo de amêndoa de castanha de caju foram o β -sitosterol, seguido pelo cycloartenol, lanosterol e campesterol (TABELA 10).

Tabela 10 - Conteúdo de fitoesteróis em óleo de amêndoa de castanha de caju

| Fitoesterol | mg.100 ⁻¹ |
|---------------------|----------------------|
| Campesterol | 2,78 ± 0,52 |
| β -Sitosterol | 49,76 ± 11,16 |
| Lanosterol | 5,39 ± 0,96 |
| Cycloartenol | 9,08 ± 2,27 |

Fonte: Elaborada pela autora.

A literatura sobre fitoesteróis em óleo de amêndoa de castanha de caju é escassa, contudo Zanqui *et al.* (2020a) relataram teores de sitosterol de 37,32 a 71,92 mg.100g⁻¹ em óleo de amêndoa de castanha de caju. Por sua vez, Ryan *et al.* (2006) quantificaram 176,80 mg.100g⁻¹ de β -Sitosterol, 10,53 mg.100g⁻¹ de campesterol, e 11,67 mg.100g⁻¹ de stigmasterol. Já Griffin e Dean (2017) encontraram β -sitosterol (152,1 mg.100g⁻¹), campesterol (14,2 mg.100g⁻¹), stigmasterol (1,0 mg.100g⁻¹) e brassicasterol (0,75 mg.100g⁻¹) em óleo de amêndoa de castanha de caju. Os fitoesteróis têm um papel significativo na redução dos níveis séricos de colesterol total e de lipoproteína de baixa densidade (LDL), pois sua estrutura é semelhante à do colesterol, competindo assim pela absorção intestinal (FENG *et al.*, 2020; MOUMEN *et al.*, 2015).

4.3.3 Estabilidade oxidativa de óleo de amêndoa de castanha de caju durante armazenamento acelerado: acidez, peróxido e cor

Os índices de acidez e de peróxido do óleo de amêndoa de castanha de caju variaram de 0,74 (T0) a 0,96 (T60/50) e 1,43 (T0) a 4,60 (T60/50), respectivamente (TABELA 11).

Ocorreu um aumento gradual ao longo do tempo de armazenamento, principalmente a 50 °C (TABELA 11; TABELA 12), mas os valores máximos permitidos de 4,0 mg KOH/g para acidez e 15 meq/Kg para peróxido não foram atingidos (FAO/OMS, 2021). Esse resultado corrobora com vários estudos que analisaram a estabilidade de óleos vegetais em condições aceleradas e à temperatura ambiente (ELOUAFY *et al.*, 2022, RABIEJ-KOZIOŁ, KRZEMINSKI, SZYDŁOWSKA-CZERNIAK, 2021, SHEN *et al.*, 2020).

Tabela 11 - Valores dos índices de acidez e de peróxido e da análise de cor do óleo de amêndoa de castanha de caju armazenado a 30, 40 e 50 °C por 60 dias

| Temp. (°C) | Tempo (dias) | Amostra | Índice de acidez (mg KOH/g) | Índice de peróxido (meq/Kg) | L* | a* | b* | ΔE |
|------------|--------------|---------|-----------------------------|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|-------|
| 30 | 0 | T0 | 0,74 ± 0,09 | 1,43 ± 0,11 | 94,91 ± 0,94 | -3,50 ± 0,25 | 43,85 ± 0,35 | |
| | 15 | T15/30 | 0,78 ± 0,12 | 1,58 ± 0,02 | 94,83 ± 0,60 | -3,32 ± 0,18 | 43,53 ± 0,64 | 0,37 |
| | 30 | T30/30 | 0,85 ± 0,08 | 1,57 ± 0,15 | 94,38 ± 2,26 | -3,51 ± 0,32 | 42,63 ± 0,52 | 1,33 |
| | 45 | T45/30 | 0,74 ± 0,09 | 1,47 ± 0,09 | 95,84 ± 1,54 | -3,46 ± 0,38 | 42,91 ± 0,27 | 1,33 |
| | 60 | T60/30 | 0,80 ± 0,07 | 1,75 ± 0,21 | 89,00 ± 6,98 | -2,70 ± 0,55 | 43,91 ± 0,98 | 5,96 |
| 40 | 0 | T0 | 0,74 ± 0,09 | 1,43 ± 0,11 | 94,91 ± 0,94 | -3,50 ± 0,25 | 43,85 ± 0,35 | |
| | 15 | T15/40 | 0,86 ± 0,13 | 1,74 ± 0,11 | 93,97 ± 1,20 | -3,38 ± 0,34 | 42,74 ± 0,53 | 1,46 |
| | 30 | T30/40 | 0,93 ± 0,09 | 1,86 ± 0,07 | 93,65 ± 1,38 | -3,35 ± 0,14 | 42,23 ± 0,56 | 2,06 |
| | 45 | T45/40 | 0,76 ± 0,11 | 2,03 ± 0,24 | 92,20 ± 4,79 | -3,25 ± 0,57 | 41,25 ± 0,68 | 3,76 |
| | 60 | T60/40 | 0,88 ± 0,08 | 2,44 ± 0,24 | 83,98 ± 1,35 | -0,83 ± 0,85 | 43,81 ± 1,56 | 11,25 |
| 50 | 0 | T0 | 0,74 ± 0,09 | 1,43 ± 0,11 | 94,91 ± 0,94 | -3,50 ± 0,25 | 43,85 ± 0,35 | |
| | 15 | T15/50 | 0,85 ± 0,09 | 1,87 ± 0,17 | 94,33 ± 2,51 | -3,37 ± 0,56 | 42,48 ± 0,08 | 1,49 |
| | 30 | T30/50 | 0,96 ± 0,12 | 2,60 ± 0,12 | 91,78 ± 2,74 | -2,90 ± 0,62 | 41,90 ± 0,32 | 3,74 |
| | 45 | T45/50 | 0,88 ± 0,11 | 3,56 ± 0,36 | 91,75 ± 3,05 | -2,47 ± 0,83 | 41,64 ± 0,59 | 3,99 |
| | 60 | T60/50 | 0,96 ± 0,10 | 4,60 ± 0,24 | 86,55 ± 3,17 | -1,47 ± 0,78 | 41,87 ± 0,74 | 8,83 |

Fonte: Elaborada pela autora. Temp.: temperatura; L*: luminosidade; a*: intensidade de vermelho e verde; b*: intensidade de amarelo e azul; ΔE: diferença de cor.

Lima *et al.* (2014) realizaram estudo de vida de prateleira com óleo de amêndoa de castanha de caju extraído por prensagem a frio e armazenado a 28°C por 230 dias. Os pesquisadores observaram valores de índice de acidez em torno de 0,75 (início) a 1,40 mg KOH/g (fim) e 0,00 a 10,00 meq/Kg de peróxido no início e no fim do armazenamento. Mostrando que o óleo permaneceu dentro dos limites estabelecidos pela FAO/OMS (2021) até o término do período analisado.

Os índices de acidez e de peróxido são importantes para quantificar os ácidos graxos livres e produtos da oxidação primária de óleos, respectivamente. Na presença de luz, oxigênio e íons metálicos ocorre a hidrólise dos triacilgliceróis com a consequente liberação de ácidos graxos livres, o que favorece a oxidação do óleo (NA *et al.*, 2021; ZHANG *et al.*, 2020).

Os valores de L*, a* e b* reduziram conforme o tempo de armazenamento foi avançando, sobretudo no armazenamento a 50 °C (TABELA 11; Tabela 12). Houve também um aumento gradativo na diferença de cor (ΔE) em relação à amostra controle (T0) ao longo do tempo. Em pesquisa com azeite de oliva extravirgem desenvolvida por Iqdiam *et al.* (2020), os parâmetros L* e b* diminuíram ao longo de 12 meses de armazenamento à temperatura ambiente (25 a 28 °C), ao passo que o parâmetro a* aumentou. Özcan *et al.* (2022) observaram redução nos valores de L*, a* e b* em azeite de oliva extravirgem durante

6 meses de armazenamento à temperatura ambiente. Os autores afirmam que essa mudança pode ter sido ocasionada pela ação da oxidação e da luz. Dentre os efeitos da oxidação lipídica estão a degradação e a formação de compostos coloridos (BAYRAM; DECKER, 2023; CHEN, SUN, 2023).

Tabela 12 - Análise de variância dos resultados de índice de acidez, índice de peróxido e cor

| Parâmetros | GL | Soma dos quadrados | Média dos quadrados | F | Pr > F | Códigos de p-valores | |
|------------|-------------------|--------------------|---------------------|------------|----------|----------------------|-----|
| Acidez | Tempo | 1.000 | 22.014 | 22.014 | 1253.656 | <0,0001 | *** |
| | Temperatura | 1.000 | 8.696 | 8.696 | 495.211 | <0,0001 | *** |
| | Tempo*Temperatura | 1.000 | 0.263 | 0.263 | 14.989 | 0.000 | *** |
| Peróxido | Tempo | 1.000 | 180.651 | 180.651 | 1450.540 | <0,0001 | *** |
| | Temperatura | 1.000 | 37.674 | 37.674 | 302.505 | <0,0001 | *** |
| | Tempo*Temperatura | 1.000 | 8.484 | 8.484 | 68.124 | <0,0001 | *** |
| L* | Tempo | 1.000 | 246653.228 | 246653.228 | 1726.954 | <0,0001 | *** |
| | Temperatura | 1.000 | 121764.676 | 121764.676 | 852.541 | <0,0001 | *** |
| | Tempo*Temperatura | 1.000 | 11058.430 | 11058.430 | 77.426 | <0,0001 | *** |
| a* | Tempo | 1.000 | 201.535 | 201.535 | 383.731 | <0,0001 | *** |
| | Temperatura | 1.000 | 168.551 | 168.551 | 320.929 | <0,0001 | *** |
| | Tempo*Temperatura | 1.000 | 29.807 | 29.807 | 56.754 | <0,0001 | *** |
| b* | Tempo | 1.000 | 54447.912 | 54447.912 | 1946.614 | <0,0001 | *** |
| | Temperatura | 1.000 | 24695.013 | 24695.013 | 882.893 | <0,0001 | *** |
| | Tempo*Temperatura | 1.000 | 2286.710 | 2286.710 | 81.754 | <0,0001 | *** |
| C* | Tempo | 1.000 | 54669.099 | 54669.099 | 1944.927 | <0,0001 | *** |
| | Temperatura | 1.000 | 24862.596 | 24862.596 | 884.520 | <0,0001 | *** |
| | Tempo*Temperatura | 1.000 | 2310.207 | 2310.207 | 82.189 | <0,0001 | *** |
| h* | Tempo | 1.000 | 260371.021 | 260371.021 | 1998.818 | <0,0001 | *** |
| | Temperatura | 1.000 | 120318.556 | 120318.556 | 923.662 | <0,0001 | *** |
| | Tempo*Temperatura | 1.000 | 9986.286 | 9986.286 | 76.663 | <0,0001 | *** |

Fonte: Elaborada pela autora. *** $p \leq 0,001$; ** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$; . $p \leq 0,1$; ° $p \leq 1$. GL: Graus de Liberdade.

4.3.4 Estabilidade oxidativa de óleo de amêndoa de castanha de caju durante armazenamento acelerado: Ácidos graxos

Os ácidos graxos predominantes nos óleos de amêndoa de castanha de caju foram o oleico (65,24 a 66,49%), linoleico (15,85 a 16,90%), palmítico (8,21 a 8,75%) e esteárico (7,53 a 8,74%) (TABELA 13). Resultados similares foram apresentados em estudo anterior com óleo de amêndoa de castanha de caju obtido por amêndoas de diferentes classificações, cujos ácidos graxos prevalentes foram oleico (63,33 a 65,28%), linoleico (16,60 a 18,23%), palmítico (8,89 a 9,24%) e esteárico (7,08 a 8,25%) (LEAL *et al.*, 2023). Liu *et al.* (2023)

relataram valores aproximados dos ácidos graxos oleico (60,87%), linoleico (17,33%), esteárico (10,93%), palmítico (9,85%), araquidônico (0,76%) e palmitoleico (0,26%) em óleo de amêndoa de castanha de caju.

Tabela 13 - Composição em ácidos graxos de óleo de amêndoa de castanha de caju armazenado a 30, 40 e 50 °C por 60 dias

| Amostr a | C16:0 | C16:1 | 17:1 | C18:0 | C18:1n9 | C18:2n6 | C20:4n6 | NI | AGS | AGM | AGP |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| T0 | 8,68 ± 0,03 | 0,20 ± 0,03 | 0,05 ± 0,04 | 8,60 ± 0,21 | 65,31 ± 0,37 | 16,88 ± 0,61 | 0,11 ± 0,04 | 0,16 ± 0,01 | 17,29 ± 0,18 | 65,57 ± 0,38 | 16,98 ± 0,57 |
| T15/30 | 8,58 ± 0,04 | 0,25 ± 0,04 | 0,08 ± 0,00 | 8,65 ± 0,28 | 65,31 ± 0,07 | 16,90 ± 0,32 | 0,06 ± 0,02 | 0,20 ± 0,03 | 17,23 ± 0,23 | 65,64 ± 0,11 | 16,96 ± 0,29 |
| T30/30 | 8,75 ± 0,09 | 0,30 ± 0,00 | 0,15 ± 0,07 | 8,62 ± 0,19 | 65,24 ± 0,19 | 15,99 ± 0,16 | 0,56 ± 0,16 | 0,39 ± 0,22 | 17,37 ± 0,10 | 65,69 ± 0,12 | 16,55 ± 0,00 |
| T45/30 | 8,21 ± 0,10 | 0,33 ± 0,06 | 0,27 ± 0,05 | 7,53 ± 0,02 | 66,41 ± 1,13 | 15,98 ± 0,92 | 0,80 ± 0,10 | 0,45 ± 0,12 | 15,74 ± 0,08 | 67,02 ± 1,02 | 16,79 ± 0,82 |
| T60/30 | 8,51 ± 0,02 | 0,25 ± 0,02 | 0,11 ± 0,07 | 8,47 ± 0,20 | 65,89 ± 0,17 | 16,04 ± 0,46 | 0,62 ± 0,37 | 0,12 ± 0,00 | 16,98 ± 0,18 | 66,25 ± 0,27 | 16,65 ± 0,09 |
| T0 | 8,68 ± 0,03 | 0,20 ± 0,03 | 0,05 ± 0,04 | 8,60 ± 0,21 | 65,31 ± 0,37 | 16,88 ± 0,61 | 0,11 ± 0,04 | 0,16 ± 0,01 | 17,29 ± 0,18 | 65,57 ± 0,38 | 16,98 ± 0,57 |
| T15/40 | 8,57 ± 0,14 | 0,24 ± 0,03 | 0,07 ± 0,04 | 8,43 ± 0,02 | 65,65 ± 0,46 | 16,59 ± 0,57 | 0,26 ± 0,17 | 0,19 ± 0,11 | 17,00 ± 0,16 | 65,96 ± 0,45 | 16,85 ± 0,40 |
| T30/40 | 8,33 ± 0,11 | 0,37 ± 0,26 | 0,24 ± 0,25 | 8,25 ± 0,02 | 65,81 ± 0,09 | 15,85 ± 1,54 | 0,66 ± 0,78 | 0,50 ± 0,48 | 16,58 ± 0,14 | 66,42 ± 0,42 | 16,51 ± 0,76 |
| T45/40 | 8,52 ± 0,15 | 0,28 ± 0,02 | 0,05 ± 0,01 | 8,50 ± 0,61 | 65,91 ± 0,87 | 16,08 ± 0,56 | 0,50 ± 0,41 | 0,16 ± 0,01 | 17,02 ± 0,76 | 66,24 ± 0,91 | 16,58 ± 0,14 |
| T60/40 | 8,40 ± 0,00 | 0,27 ± 0,03 | 0,17 ± 0,12 | 7,88 ± 0,80 | 65,68 ± 0,43 | 16,80 ± 0,54 | 0,58 ± 0,33 | 0,23 ± 0,20 | 16,28 ± 0,80 | 66,12 ± 0,28 | 17,38 ± 0,88 |
| T0 | 8,68 ± 0,03 | 0,20 ± 0,03 | 0,05 ± 0,04 | 8,60 ± 0,21 | 65,31 ± 0,37 | 16,88 ± 0,61 | 0,11 ± 0,04 | 0,16 ± 0,01 | 17,29 ± 0,18 | 65,57 ± 0,38 | 16,98 ± 0,57 |
| T15/50 | 8,58 ± 0,13 | 0,21 ± 0,05 | 0,11 ± 0,04 | 8,74 ± 0,36 | 65,39 ± 0,08 | 16,12 ± 0,39 | 0,69 ± 0,12 | 0,17 ± 0,09 | 17,32 ± 0,49 | 65,71 ± 0,10 | 16,80 ± 0,51 |
| T30/50 | 8,41 ± 0,07 | 0,24 ± 0,01 | 0,12 ± 0,09 | 8,20 ± 0,39 | 66,33 ± 0,16 | 15,93 ± 0,51 | 0,60 ± 0,05 | 0,16 ± 0,05 | 16,62 ± 0,32 | 66,70 ± 0,08 | 16,52 ± 0,46 |
| T45/50 | 8,27 ± 0,45 | 0,25 ± 0,10 | 0,14 ± 0,09 | 7,77 ± 0,18 | 66,49 ± 0,07 | 15,94 ± 0,20 | 0,84 ± 0,37 | 0,30 ± 0,18 | 16,04 ± 0,62 | 66,88 ± 0,27 | 16,78 ± 0,17 |
| T60/50 | 8,59 ± 0,10 | 0,24 ± 0,01 | 0,10 ± 0,01 | 8,33 ± 0,44 | 65,92 ± 0,26 | 16,23 ± 0,27 | 0,40 ± 0,33 | 0,20 ± 0,02 | 16,91 ± 0,33 | 66,26 ± 0,25 | 16,63 ± 0,06 |

Fonte: Elaborada pela autora. Temp.: temperatura; NI: não identificados; AGS: ácido graxo saturado; AGM: ácido graxo monoinsaturado; AGP: ácido graxo poli-insaturado; Resultados expressos em média e desvio padrão.

O tempo e a temperatura de armazenamento interferiram na composição de ácidos graxos das amostras de óleo (TABELA 13; TABELA 14).

Tabela 14 - Análise de variância dos resultados de composição em ácidos graxos

| Ácidos graxos | | GL | Soma dos quadrados | Média dos quadrados | F | Pr > F | Códigos de p-valores |
|-------------------|-------------------|-------|--------------------|---------------------|----------|---------|----------------------|
| C16:0 | Tempo | 1.000 | 1430.168 | 1430.168 | 1212.856 | <0,0001 | *** |
| | Temperatura | 1.000 | 662.091 | 662.091 | 561.487 | <0,0001 | *** |
| | Tempo*Temperatura | 1.000 | 53.351 | 53.351 | 45.244 | <0,0001 | *** |
| C16:1 | Tempo | 1.000 | 1.470 | 1.470 | 241.600 | <0,0001 | *** |
| | Temperatura | 1.000 | 0.421 | 0.421 | 69.118 | <0,0001 | *** |
| | Tempo*Temperatura | 1.000 | 0.068 | 0.068 | 11.187 | 0.002 | ** |
| C17:1 | Tempo | 1.000 | 0.386 | 0.386 | 49.889 | <0,0001 | *** |
| | Temperatura | 1.000 | 0.043 | 0.043 | 5.593 | 0.025 | * |
| | Tempo*Temperatura | 1.000 | 0.023 | 0.023 | 2.922 | 0.099 | . |
| C18:0 | Tempo | 1.000 | 1345.583 | 1345.583 | 1060.308 | <0,0001 | *** |
| | Temperatura | 1.000 | 660.293 | 660.293 | 520.305 | <0,0001 | *** |
| | Tempo*Temperatura | 1.000 | 54.579 | 54.579 | 43.008 | <0,0001 | *** |
| C18:1n-9 | Tempo | 1.000 | 86905.316 | 86905.316 | 1388.860 | <0,0001 | *** |
| | Temperatura | 1.000 | 38047.338 | 38047.338 | 608.046 | <0,0001 | *** |
| | Tempo*Temperatura | 1.000 | 2989.825 | 2989.825 | 47.781 | <0,0001 | *** |
| C18:2n-6 | Tempo | 1.000 | 5235.251 | 5235.251 | 1085.350 | <0,0001 | *** |
| | Temperatura | 1.000 | 2455.003 | 2455.003 | 508.961 | <0,0001 | *** |
| | Tempo*Temperatura | 1.000 | 197.991 | 197.991 | 41.047 | <0,0001 | *** |
| C20:4n-6 | Tempo | 1.000 | 6.776 | 6.776 | 77.402 | <0,0001 | *** |
| | Temperatura | 1.000 | 0.501 | 0.501 | 5.722 | 0.024 | * |
| | Tempo*Temperatura | 1.000 | 0.043 | 0.043 | 0.491 | 0.489 | ° |
| Não identificados | Tempo | 1.000 | 1.278 | 1.278 | 43.223 | <0,0001 | *** |
| | Temperatura | 1.000 | 0.308 | 0.308 | 10.418 | 0.003 | ** |
| | Tempo*Temperatura | 1.000 | 0.076 | 0.076 | 2.584 | 0.120 | ° |
| AGS | Tempo | 1.000 | 5550.214 | 5550.214 | 1159.874 | <0,0001 | *** |
| | Temperatura | 1.000 | 2644.765 | 2644.765 | 552.698 | <0,0001 | *** |
| | Tempo*Temperatura | 1.000 | 215.852 | 215.852 | 45.108 | <0,0001 | *** |
| AGM | Tempo | 1.000 | 87989.900 | 87989.900 | 1391.613 | <0,0001 | *** |
| | Temperatura | 1.000 | 38382.233 | 38382.233 | 607.038 | <0,0001 | *** |
| | Tempo*Temperatura | 1.000 | 3034.973 | 3034.973 | 48.000 | <0,0001 | *** |
| AGP | Tempo | 1.000 | 5618.713 | 5618.713 | 1256.222 | <0,0001 | *** |
| | Temperatura | 1.000 | 2525.640 | 2525.640 | 564.678 | <0,0001 | *** |
| | Tempo*Temperatura | 1.000 | 203.870 | 203.870 | 45.581 | <0,0001 | *** |
| AGP/AGS | Tempo | 1.000 | 20.314 | 20.314 | 1257.596 | <0,0001 | *** |
| | Temperatura | 1.000 | 8.486 | 8.486 | 525.357 | <0,0001 | *** |
| | Tempo*Temperatura | 1.000 | 0.672 | 0.672 | 41.606 | <0,0001 | *** |

Fonte: Elaborada pela autora. *** $p \leq 0,001$; ** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$; . $p \leq 0,1$; ° $p \leq 1$. GL: Graus de Liberdade.

Ao longo do tempo, as proporções de ácidos graxos saturados (ácido palmítico, ácido esteárico e AGS) diminuíram, os ácidos graxos monoinsaturados aumentaram (ácido palmitoleico, ácido heptadecenoico, ácido oleico e AGM), e os ácidos graxos poli-insaturados (ácido linoleico e AGP) diminuíram, com exceção do ácido araquidônico, o qual aumentou. A redução dos ácidos graxos poli-insaturados indicam que houve um certo grau de oxidação lipídica durante o armazenamento (MANSOUR *et al.*, 2022). Esses resultados corroboram com o que foi observado para os índices de acidez e de peróxido, cujos valores aumentaram ao longo do armazenamento, e para a análise de cor, em que houve redução nos parâmetros L*, a* e b* no decorrer do tempo, indicando oxidação do óleo. Shen *et al.* (2020) observaram que o armazenamento acelerado a 60 °C aumentou significativamente as porcentagens de AGS e AGM, mas diminuiu a de AGP em óleo de algas (SHEN *et al.*, 2020). Isso ocorre, pois os AGP são mais suscetíveis à oxidação, devido a uma maior quantidade de hidrogênios alílicos oxidáveis, os quais estão localizados em uma posição vizinha à ligação dupla (HOPPENREIJS *et al.*, 2021).

Apesar dessa modificação no perfil de ácidos graxos, estudos apontam que o óleo de amêndoa de castanha de caju é bastante estável. Oliveira (2022) avaliou a estabilidade oxidativa do óleo de amêndoa de castanha de caju por meio do equipamento Rancimat, resultando em um período de indução de $8,51 \pm 1,01$ h, sendo esse óleo estável se comparado a outros óleos de nozes e azeite de oliva extravirgem.

4.3.5 Propriedades sensoriais por métodos afetivos e descritivos de óleo de amêndoa de castanha de caju durante armazenamento acelerado

4.3.5.1 Grupo focal

Em geral, os provadores afirmaram gostar do óleo de amêndoa de castanha de caju e acharam o produto interessante por ser obtido a partir de uma matéria-prima regional (produzida no nordeste brasileiro). A aparência foi descrita como brilhosa, límpida e com aspecto leve, fluido e menos viscoso do que o azeite de oliva extravirgem. Suas características de sabor, aroma e cor agradaram e foram bastante apreciadas pelo painel, o qual afirmou que essas foram as características que mais chamaram sua atenção. O sabor foi descrito como agradável ao paladar, sensorialmente interessante, gosto doce, sem amargor presente, sabor neutro, sabor de amêndoa de castanha de caju e sabor de amêndoa de castanha de caju torrada.

Além disso, os provadores afirmaram que o óleo possui aromas de amêndoa de castanha de caju e aroma de amêndoa de castanha de caju torrada.

O óleo foi considerado saudável por ser proveniente da amêndoa de castanha de caju (que é um alimento considerado saudável), possuir antioxidantes, melhorar o perfil de saúde, ser benéfico para o coração, sendo o aspecto nutricional um grande apelo para o seu consumo. Essa perspectiva dos provadores pode ser proveniente dos conhecimentos pré-existentes em relação às propriedades nutricionais já reconhecidas da amêndoa de castanha de caju. Pesquisas demonstram que a amêndoa de castanha de caju possui ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados, que possuem atividade antiinflamatória e previnem doenças crônicas e cardiovasculares (ZANQUI *et al.*, 2020a; USLU; ÖZCAN, 2019). Além disso, contêm compostos como polifenóis, tocoferóis, fitoesteróis e outros fitoquímicos, os quais proporcionam benefícios à saúde (ZANQUI *et al.*, 2020b; CARVALHO *et al.*, 2018).

A principal sugestão de consumo do óleo foi seu uso direto, adicionado em saladas ou até mesmo no pão (como uma manteiga). Outra proposta seria a adição em preparações como molho pesto, pães, bolos, biscoitos e farofas. Porém, os painelistas afirmaram que sensorialmente o óleo tem potencial de aplicação principalmente em preparações doces. Esse resultado foi semelhante ao relatado por Carvalho *et al.* (2022) em que o sabor do óleo de amêndoa de castanha de caju prensado a frio e a quente foi considerado agradável para consumo direto, como em saladas. Estudo de Oliveira (2022) apontou que o óleo de amêndoa de castanha de caju apresenta boa estabilidade oxidativa para uso em preparações que sofram com a ação de calor moderado, visto que seu ponto de fumaça foi superior a 180°C (OLIVEIRA, 2022). Além disso, esse mesmo estudo apresentou resultados que corroboraram com a sugestão de aplicação do óleo em preparações doces, visto que foi observada uma boa aceitação sensorial de um creme elaborado com amêndoa de castanha de caju e seu óleo, açúcar e cacau, cujas notas de aceitação variaram entre “gostei moderadamente” e “gostei muito” para os atributos aceitação global, aparência, aroma, sabor e textura.

Por fim, o painel mostrou preocupação com o possível preço do produto, visto ser obtido a partir de um alimento já considerado caro por eles, a amêndoa de castanha de caju. Por conta dessa preocupação foi sugerido que sua comercialização fosse feita em garrafas de 200 a 250 mL, para que o preço ficasse mais acessível aos potenciais consumidores. Eles pagariam valores iguais ou um pouco superiores ao do azeite de oliva extravirgem. Estudo de Carvalho *et al.* (2022) também apontou o preço do óleo de amêndoa de castanha de caju como um aspecto relevante a ser considerado para sua colocação no mercado. O material de

preferência da embalagem foi o vidro, mas a cor foi um impasse, pois pensando na oxidação a escolha seria o vidro escuro. Contudo, o vidro transparente seria mais atrativo, pois mostraria aos consumidores a cor amarela do óleo e seu aspecto brilhoso e límpido. Com base nisso, acredita-se que a embalagem transparente seja mais adequada para que os consumidores possam ver a cor e a aparência do óleo de amêndoa de castanha de caju durante sua exposição nas prateleiras, visto que este é um produto ainda não conhecido pelos potenciais consumidores.

4.3.5.2 Teste de aceitação

O óleo de amêndoa de castanha de caju obteve médias de aparência e aroma entre “gostei moderadamente” e “gostei muito” e de sabor e aceitação global entre “gostei ligeiramente” e “gostei muito” (TABELA 15). Oliveira (2022) relatou que, em seu estudo, o óleo de amêndoa de castanha de caju obteve valores que variaram de “gostei moderadamente” a “gostei muito” para os atributos de aceitação global, aparência e sabor, e entre “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente” para o atributo aroma. Mas, quando os resultados foram avaliados em faixas de aceitação, observou-se que 88% dos provadores aceitaram o óleo de amêndoa de castanha de caju, com notas que variaram de 6 (gostei ligeiramente) a 9 (gostei muitíssimo) (OLIVEIRA, 2022).

Tabela 15 - Médias de aceitação de óleo de amêndoa de castanha de caju armazenado a 30, 40 e 50 °C por 60 dias

| Temperatura (°C) | Tempo (dias) | Amostra | Aparência | Aroma | Sabor | Aceitação global |
|------------------|--------------|---------|-----------|-------|-------|------------------|
| 30 | 0 | T0 | 8,00 | 7,85 | 7,85 | 7,69 |
| | 30 | T30/30 | 7,50 | 7,50 | 7,36 | 7,36 |
| | 60 | T60/30 | 7,08 | 7,23 | 7,33 | 7,31 |
| 40 | 0 | T0 | 8,00 | 7,85 | 7,85 | 7,69 |
| | 30 | T30/40 | 7,42 | 7,38 | 7,31 | 7,31 |
| | 60 | T60/40 | 7,00 | 7,00 | 7,31 | 7,23 |
| 50 | 0 | T0 | 8,00 | 7,85 | 7,85 | 7,69 |
| | 30 | T30/50 | 7,31 | 7,15 | 7,09 | 7,25 |
| | 60 | T60/50 | 7,15 | 7,33 | 6,67 | 6,69 |

Fonte: Elaborada pela autora.

Os parâmetros de aceitação sensorial (cor, sabor, aroma e impressão global) sofreram mudanças significativas ao longo do período de armazenamento (TABELA 16).

Tabela 16 - Análise de variância dos resultados de aceitação sensorial

| Parâmetros | | GL | Soma dos quadrados | Média dos quadrados | F | Pr > F | Códigos de p-valores |
|------------------|-------------------|-------|--------------------|---------------------|----------|---------|----------------------|
| Aparência | Tempo | 1.000 | 3618.462 | 3618.462 | 1619.530 | <0,0001 | *** |
| | Temperatura | 1.000 | 2674.370 | 2674.370 | 1196.979 | <0,0001 | *** |
| | Tempo*Temperatura | 1.000 | 160.462 | 160.462 | 71.819 | <0,0001 | *** |
| Aroma | Tempo | 1.000 | 3635.713 | 3635.713 | 1532.488 | <0,0001 | *** |
| | Temperatura | 1.000 | 2554.173 | 2554.173 | 1076.609 | <0,0001 | *** |
| | Tempo*Temperatura | 1.000 | 171.658 | 171.658 | 72.355 | <0,0001 | *** |
| Sabor | Tempo | 1.000 | 3627.082 | 3627.082 | 1507.264 | <0,0001 | *** |
| | Temperatura | 1.000 | 2531.025 | 2531.025 | 1051.788 | <0,0001 | *** |
| | Tempo*Temperatura | 1.000 | 194.563 | 194.563 | 80.852 | <0,0001 | *** |
| Aceitação global | Tempo | 1.000 | 3609.851 | 3609.851 | 1552.051 | <0,0001 | *** |
| | Temperatura | 1.000 | 2467.739 | 2467.739 | 1061.001 | <0,0001 | *** |
| | Tempo*Temperatura | 1.000 | 190.262 | 190.262 | 81.803 | <0,0001 | *** |

Fonte: Elaborada pela autora. *** $p \leq 0,001$; ** $p \leq 0,01$; * $p \leq 0,05$; . $p \leq 0,1$; ° $p \leq 1$. GL: Graus de Liberdade.

Entretanto, mesmo ao final do período de estabilidade as amostras foram bem aceitas, com notas de aceitação global entre 6 e 7 (“gostei ligeiramente” a “gostei moderadamente”), indicando que, possivelmente, o óleo poderia ser armazenado por um tempo mais longo do que 60 dias, mesmo à temperatura de 50 °C (TABELA 15).

Pesquisas mostram que a aceitação sensorial de óleo de girassol reduziu gradativamente ao longo do tempo até sua rejeição após 12 a 30 dias de armazenamento a 65°C (YANG *et al.*, 2023, ABDELLI *et al.*, 2022, MENG *et al.*, 2021). Isso provavelmente é devido à composição lipídica do óleo de girassol, que possui maior proporção de ácido graxo poli-insaturado, especificamente o ácido linoleico (em torno de 69%) (MENG *et al.*, 2021), conferindo menor estabilidade oxidativa em relação ao óleo de amêndoa de castanha de caju, o qual é constituído majoritariamente por ácido oleico (aproximadamente 65%), um ácido graxo monoinsaturado (LEAL *et al.*, 2023).

Estudos utilizando o equipamento para medição de estabilidade oxidativa Rancimat mostram que o óleo de amêndoa de castanha de caju é bastante estável, apresentando período de indução de 46 horas a 100 °C em um fluxo de ar de 10 L h⁻¹ (CARVALHO *et al.*, 2018), ao passo que o óleo de girassol apresentou período de indução de, aproximadamente, 8 horas a 110 °C com 15 Lh⁻¹ de fluxo de ar (ABDELLI *et al.*, 2022).

4.3.5.3 Teste CATA

A tabela 17 apresenta os resultados das questões CATA para cada atributo. Proporções maiores (próximas de 1,00) indicam que o termo foi selecionado com maior frequência pelos provadores (PRAMUDYA; SEO, 2018). Dessa forma, os atributos mais utilizados para descrever as amostras de óleo de amêndoa de castanha de caju foram “cor amarela”, “brilhoso”, “translúcido”, “aspecto gorduroso”, “aroma de amêndoa de castanha de caju torrada”, “gosto doce”, “sabor de amêndoa de castanha de caju torrada”, e “sabor residual de amêndoa de castanha de caju” (TABELA 17).

Tabela 17 - Dados do teste *check-all-that-apply* (CATA) por frequência de citação das amostras de óleo de amêndoa de castanha de caju armazenadas a 30, 40 e 50 °C por 60 dias

| Atributos | T0 | T30/30 | T30/40 | T30/50 | T60/30 | T60/40 | T60/50 | P- valores |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------|
| Cor amarela | 1,00 (a) | 1,000 |
| Brilhoso | 1,00 (a) | 0,92 (a) | 0,92 (a) | 1,00 (a) | 0,92 (a) | 1,00 (a) | 1,00 (a) | 0,677 |
| Turvo | 0,08 (a) | 0,23 (a) | 0,23 (a) | 0,39 (a) | 0,15 (a) | 0,31 (a) | 0,15 (a) | 0,387 |
| Translúcido | 0,85 (a) | 0,69 (a) | 0,77 (a) | 0,69 (a) | 0,77 (a) | 0,62 (a) | 0,77 (a) | 0,726 |
| Presença de partículas | 0,15 (a) | 0,31 (a) | 0,23 (a) | 0,46 (a) | 0,69 (a) | 0,39 (a) | 0,23 (a) | 0,020* |
| Aspecto gorduroso | 0,69 (a) | 0,69 (a) | 0,85 (a) | 0,69 (a) | 0,69 (a) | 0,62 (a) | 0,62 (a) | 0,484 |
| Aroma de ACC in natura | 0,31 (a) | 0,39 (a) | 0,23 (a) | 0,31 (a) | 0,39 (a) | 0,46 (a) | 0,46 (a) | 0,715 |
| Aroma de ACC torrada | 0,85 (a) | 0,85 (a) | 1,00 (a) | 0,85 (a) | 0,77 (a) | 0,77 (a) | 0,85 (a) | 0,668 |
| Aroma de ranço | 0,00 (a) | 0,00 (a) | 0,08 (a) | 0,15 (a) | 0,08 (a) | 0,08 (a) | 0,23 (a) | 0,086 |
| Gosto doce | 0,62 (a) | 0,62 (a) | 0,46 (a) | 0,54 (a) | 0,62 (a) | 0,62 (a) | 0,46 (a) | 0,750 |
| Gosto salgado | 0,39 (a) | 0,39 (a) | 0,46 (a) | 0,39 (a) | 0,23 (a) | 0,46 (a) | 0,31 (a) | 0,477 |
| Gosto ácido | 0,00 (a) | 0,08 (a) | 0,00 (a) | 0,08 (a) | 0,00 (a) | 0,31 (a) | 0,23 (a) | 0,029* |
| Gosto amargo | 0,00 (a) | 0,08 (a) | 0,00 (a) | 0,31 (a) | 0,15 (a) | 0,23 (a) | 0,23 (a) | 0,122 |
| Sabor de ACC in natura | 0,39 (a) | 0,39 (a) | 0,23 (a) | 0,39 (a) | 0,39 (a) | 0,46 (a) | 0,46 (a) | 0,731 |
| Sabor de ACC torrada | 0,77 (a) | 0,85 (a) | 1,00 (a) | 0,69 (a) | 0,77 (a) | 0,62 (a) | 0,85 (a) | 0,231 |
| Sabor frutado | 0,15 (a) | 0,15 (a) | 0,08 (a) | 0,08 (a) | 0,08 (a) | 0,08 (a) | 0,23 (a) | 0,313 |
| Sabor de ranço | 0,00 (a) | 0,15 (a) | 0,08 (a) | 0,15 (a) | 0,23 (a) | 0,15 (a) | 0,23 (a) | 0,238 |
| Sabor residual de ACC | 0,69 (a) | 0,62 (a) | 0,77 (a) | 0,62 (a) | 0,62 (a) | 0,92 (a) | 0,77 (a) | 0,217 |

Fonte: Elaborada pela autora. ACC: amêndoa de castanha de caju. T0: 0 dias; T15/30: 15 dias a 30 °C; T30/30: 30 dias a 30 °C; T45/30: 45 dias a 30 °C; T60/30: 60 dias a 30 °C; T15/40: 15 dias a 40 °C; T30/40: 30 dias a 40 °C; T45/40: 45 dias a 40 °C; T60/40: 60 dias a 40 °C; T15/50: 15 dias a 50 °C; T30/50: 30 dias a 50 °C; T45/50: 45 dias a 50 °C; T60/50: 60 dias a 50 °C. * Diferença significativa nos termos CATA em função do tempo e da temperatura de armazenamento do óleo de acordo com o teste Q de Cochran ($p \leq 0,05$). (a) Médias com letras iguais na mesma linha não apresentam diferença significativa de acordo com o procedimento de McNemar ($p \leq 0,05$).

Os termos mais empregados são os que mais caracterizam as amostras, negativos ou positivos, e por isso são de relevância para a otimização do produto (LEAL *et al.*, 2021). Em contrapartida, os descritores menos atribuídos ao óleo foram “turvo”, “aroma de ranço”,

“gosto ácido”, “gosto amargo”, “sabor frutado” e “sabor de ranço”. Um estudo sensorial em óleos de amêndoa de castanha de caju prensados a frio e a quente relatou que os termos mais utilizados para descrever as amostras foram sabor e aroma de amêndoa de castanha de caju, cor amarela e brilho. Já os termos menos utilizados foram turbidez, odor e sabor de ranço, sabor torrado e gosto amargo (CARVALHO *et al.*, 2022).

O teste Q de Cochran indicou que as amostras diferiram significativamente entre si nos atributos “presença de partículas” e “gosto ácido”, o que pode ser observado pelos p-valores ($p \leq 0,05$) (TABELA 17). Contudo, o teste de McNemar indicou que não houve diferença significativa entre as amostras (TABELA 17). Portanto, os resultados sugerem que os consumidores não perceberam diferenças expressivas nas propriedades sensoriais dos óleos durante o armazenamento, o que é positivo, pois indica que o óleo foi estável ao longo do tempo avaliado mesmo nas temperaturas mais elevadas (40 e 50 °C).

Na análise de correspondência (AC) (FIGURA 8) observou-se que as amostras do tempo 60 dias a 40 °C e a 50°C (T60/40 e T60/50, respectivamente) foram as que mais se aproximaram dos atributos “aroma de amêndoa de castanha de caju *in natura*”, “sabor de amêndoa de castanha de caju *in natura*”, “sabor residual de amêndoa de castanha de caju” e “turvo”.

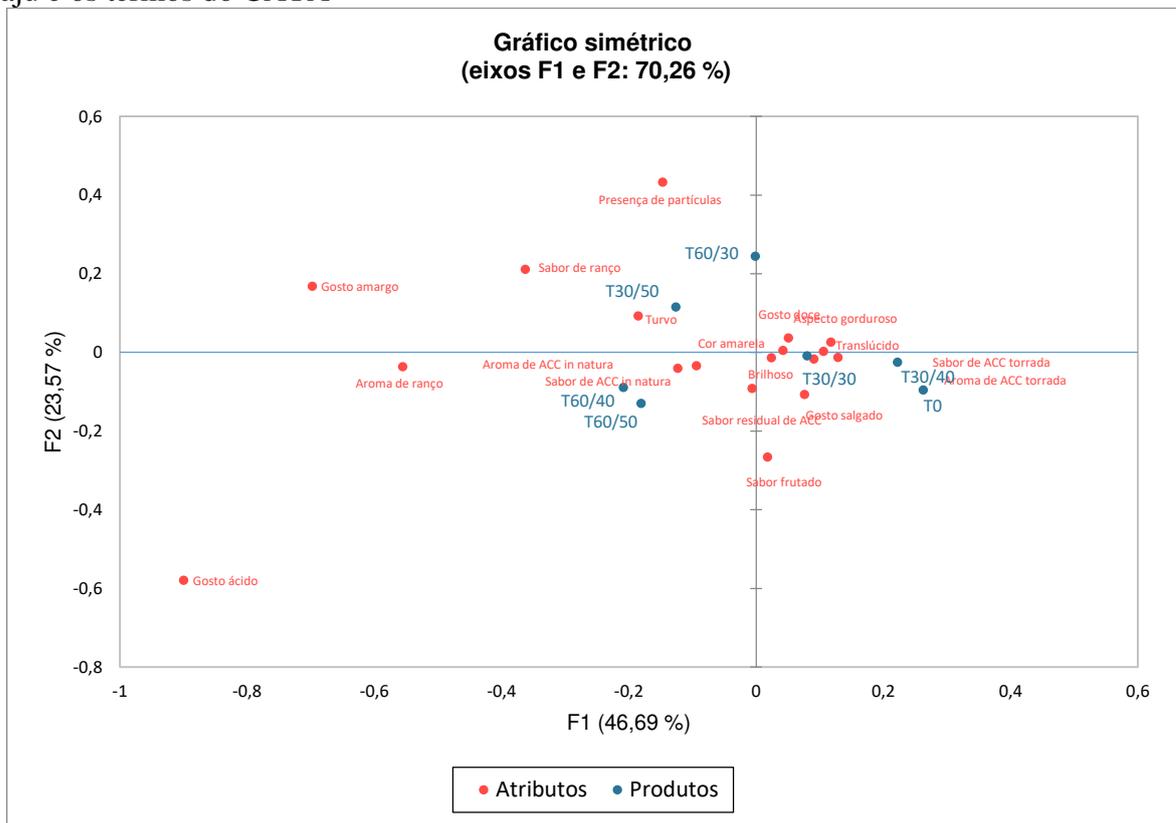
Por outro lado, as amostras dos tempos 0 (T0) e 30 dias a 30 °C e a 40 °C (T30/30 e T30/40) ficaram mais próximas de “sabor de amêndoa de castanha de caju torrada”, “aroma de amêndoa de castanha de caju torrada”, “translúcido”, “aspecto gorduroso”, “gosto doce”, “brilhoso”, “cor amarela”, “gosto salgado” e “sabor residual de amêndoa de castanha de caju”.

O atributo “sabor de ranço” ficou mais próximo das amostras armazenadas por maiores tempos e temperaturas (T30/50, T60/40 e T60/50), apesar de não ter sido um dos termos que mais descreveram esses óleos, os quais foram melhor caracterizados por “gosto doce”, “cor amarela”, “brilhoso” e “turvo”.

A Figura 9 apresenta a análise de penalidades (AP) que foi realizada para investigar a relação dos dados de aceitação global e as ocorrências de atributos do teste CATA, mostrando as quedas nas médias de aceitação global em função da frequência de verificação dos atributos nas amostras. São considerados significativos os atributos marcados com frequências superiores a 20% e que influenciam em no mínimo 0,60 ponto na média de aceitação global. Com isso, os atributos “turvo” e “aspecto gorduroso” foram os que mais impactaram negativamente na aceitação do óleo de amêndoa de castanha de caju, contribuindo para quedas de 0,69 e 0,62 pontos e com frequências de 21,98 e 69,23%,

respectivamente. Observou-se pela análise de correspondência (FIGURA 8) que os óleos mais envelhecidos (T30/50, T60/40 e T60/50) tornaram-se mais turvos e os mais frescos (T0, T30/30 e T30/40) tinham aspecto mais gorduroso.

Figura 8 - Análise de correspondência entre as amostras de óleo de amêndoa de castanha de caju e os termos do CATA



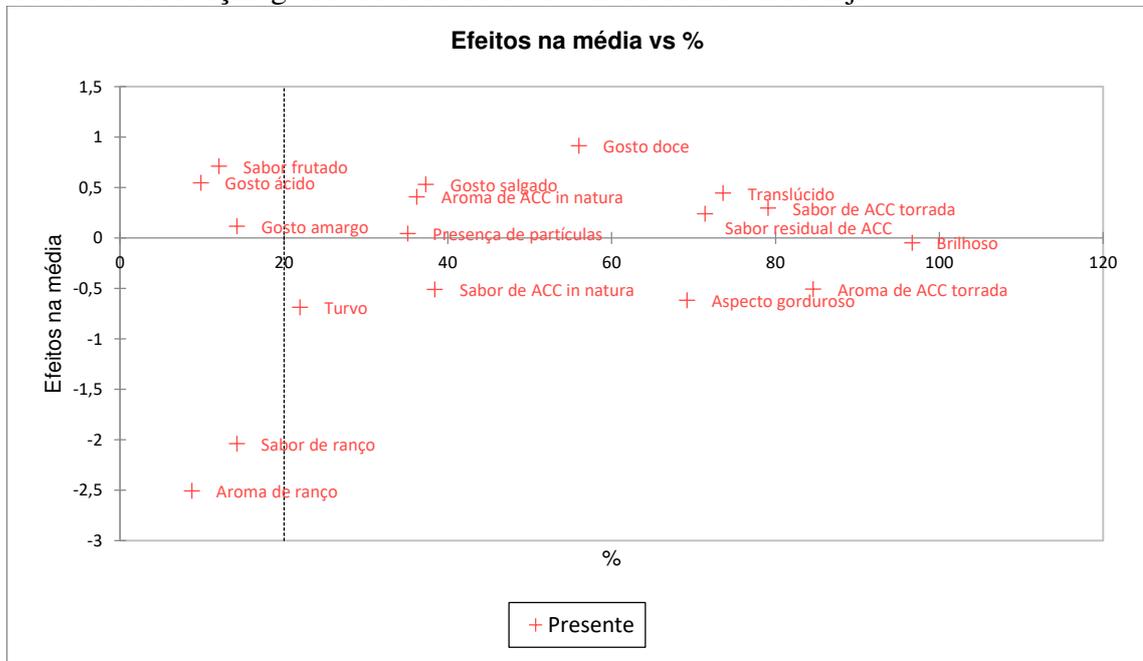
Fonte: Elaborada pela autora. ACC: amêndoa de castanha de caju. T0: 0 dias; T15/30: 15 dias a 30 °C; T30/30: 30 dias a 30 °C; T45/30: 45 dias a 30 °C; T60/30: 60 dias a 30 °C; T15/40: 15 dias a 40 °C; T30/40: 30 dias a 40 °C; T45/40: 45 dias a 40 °C; T60/40: 60 dias a 40 °C; T15/50: 15 dias a 50 °C; T30/50: 30 dias a 50 °C; T45/50: 45 dias a 50 °C; T60/50: 60 dias a 50 °C.

Além desses, os descritores “sabor de amêndoa de castanha de caju *in natura*” e “aroma de amêndoa de castanha de caju torrada” proporcionaram queda de 0,51 ponto em ambos. Os descritores “sabor de ranço” e “aroma de ranço” foram responsáveis por um declínio de 2,04 e 2,51 pontos, porém, tiveram frequências de entrada inferiores a 20%, não sendo significativos (FIGURA 9). Contudo, isso pode ter impactado na queda da aceitação global das amostras armazenadas a maiores tempos e temperaturas (T60/40, T60/50, T30/50) (TABELA 15; FIGURA 8).

Os atributos “oleoso”, “queimado”, “amargo” e “rançoso” foram negativos em óleo de gergelim (YIN *et al.*, 2020). E os termos “amanteigado”, “adstringente”, “pungente” e “amargo” tiveram um impacto negativo em azeite de oliva (PIOCHI; CABRINO; TORRI,

2021). Observa-se, portanto, que os descritores que remetem a oleoso/amanteigado e rançoso aparecem com frequência como indesejáveis em óleos.

Figura 9 - Análise de penalidades apresentando o impacto da percepção dos atributos sensoriais na aceitação global de óleo de amêndoa de castanha de caju



Fonte: Elaborada pela autora. ACC: amêndoa de castanha de caju.

Por outro lado, o “gosto doce” foi o descritor que mais influenciou positivamente a aceitação geral do óleo de amêndoa de castanha de caju, aumentando a média em 0,91 ponto. Outros atributos estatisticamente não significativos, mas que apareceram no gráfico influenciando positivamente na aceitação geral foram “gosto salgado”, “aroma de amêndoa de castanha de caju *in natura*”, “translúcido”, “sabor de amêndoa de castanha de caju torrada” e “sabor residual de amêndoa de castanha de caju”.

Os atributos “cheiro doce”, “suave”, “semente de gergelim cozida”, “noz”, “sabor altamente intenso” e “torrado” foram positivamente correlacionados com as classificações de aceitabilidade de óleo de gergelim (YIN *et al.*, 2020). Em azeite de oliva os sabores “azeitona”, “herbáceo” e “doce” foram considerados impulsionadores positivos do gosto (PIOCHI; CABRINO; TORRI, 2021). Percebe-se que o atributo “doce” aparenta ser um consenso como uma característica positiva em óleos.

4.4 Conclusão

O óleo de amêndoa de castanha de caju possui ácidos anacárdicos, fitoesteróis (principalmente o β -sitosterol), e é constituído majoritariamente pelo ácido oleico. Ao longo do armazenamento por 60 dias a 30, 40 e 50 °C, o óleo apresentou características estáveis (mesmo em temperaturas mais elevadas), com alterações sutis na sua composição física, química e sensorial. Portanto, o óleo tem um grande potencial para a comercialização com possibilidades de uso para o consumo direto (em saladas e pães) ou como ingrediente em preparações culinárias, como bolos, biscoitos e molhos, sendo um produto promissor na área da gastronomia e da nutrição.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A obtenção do óleo de amêndoa de castanha de caju a partir de amêndoas quebradas de diferentes classificações (inteira - LW3, banda - S3, batoque - B3, pedaço grande - P3, pedaço super pequeno - SSP3 e xerém - X3), em geral, resultou em óleos com baixos índices de acidez e peróxidos, poucos compostos de degradação lipídica e relevante teor de ácidos graxos, principalmente monoinsaturados, indicando adequada qualidade oxidativa. A amêndoa classificada como “pedaço grande” (P3) se destacou por proporcionar um óleo com as maiores proporções de compostos voláteis não derivados de processos oxidativos, sendo uma amostra com potencial para produção de óleo e por isso foi selecionada para prosseguimento do estudo.

O óleo obtido da amêndoa de castanha de caju em pedaço grande apresentou conteúdo de ácidos anacárdicos, fitoesteróis e predominância do ácido oleico, um ácido graxo monoinsaturado. Ao longo do armazenamento por 60 dias a 30, 40 e 50°C, o óleo mostrou elevada estabilidade oxidativa, apresentando poucas alterações nos parâmetros analisados (índice de acidez, índice de peróxido, cor e ácidos graxos). Além disso, as propriedades sensoriais do óleo foram bem aceitas pelos seus atributos sensoriais positivos, como cor amarela, brilho, aspecto leve, sabor adocicado, sabor neutro e aroma de amêndoa de castanha de caju.

Por fim, os resultados deste estudo são de grande relevância, dada a possibilidade de utilização e valorização da amêndoa de castanha de caju de menor valor comercial (quebrada), ampliando as oportunidades de utilização deste alimento, e oferecendo aos consumidores uma opção de óleo vegetal com valor nutricional e qualidade oxidativa adequada para consumo em uma dieta balanceada e saudável.

REFERÊNCIAS

ABDELLI, N.; MEKAWI, E.; ABDEL-ALIM, M. E.; SALIM, N. S.; EL-NAGAR, M.; AL-DALAIN, S. Y.; ABDALLA, R. A.; NAGARAJAN, G.; FADHAL, E.; IBRAHIM, R. I. H. QTRAP LC/MS/MS of garlic nanoparticles and improving sunflower oil stabilization during accelerated shelf life storage. **Foods**, v. 11, n. 24, p. 3962, 2022.

ABE, K.; ARAKI, E.; SUZUKI, Y.; TOKI, S.; SAIKA, H. Production of high oleic/low linoleic rice by genome editing. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 131, p. 58-62, out. 2018.

ADEEKO, K.A.; AJIBOLA, O. O. Processing factors affecting yield and quality of mechanically expressed groundnut oil. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 45, p. 31-43, jan. 1990.

AGILA, A.; BARRINGER, S. A. Volatile profile of cashews (*Anacardium occidentale* L.) from different geographical origins during roasting. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 5, p. 768-774, 27 abr. 2011.

ALVES, P.; GUEDES, J.; SERRANO, L.; MARTINS, M.; SOUSA, D.; SILVA, G.; RIBEIRO, P.; ZAMPIERI, D.; ZOCCOLO, G. UPLC-QTOF-MSE-Based metabolic profile to screening candidates of biomarkers of dwarf-cashew clones resistant and susceptible to anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) Penz. & Sacc.). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 34, n. 11, p. 1652-1668, 2023.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY (AOCS). **Official Method Am 5-04**. Rapid determination of oil/fat utilizing high temperature solvent extraction. Urbana, IL: AOCS, 2005.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY (AOCS). **Official methods and recommended practices of the american oil chemists' society**. Champaign, IL: AOCS, 2003.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY (AOCS). **AOCS Official Method Cd 19-90**. Disponível em: <https://www.aocs.org/attain-lab-services/methods/methods/search-results?method=111530&keywords=>. Acesso em: 22 nov. 2019.

AMEVOR, P. M.; LARYEA, D.; BARIMAH, J. Sensory evaluation, nutrient composition and microbial load of cashew nut–chocolate spread. **Cogent Food & Agriculture**, v. 4, n. 1, p. 1480180, 2018.

AN, J.; ADELINA, N. M.; ZHANG, L.; ZHAO, Y. Effect of roasting pre-treatment of two grafted pine nuts (*Pinus koraiensis*) on yield, color, chemical compositions, antioxidant activity, and oxidative stability of the oil. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 46, n. 1, p. 16145, 2021.

ANGELIS, R. C. Novos conceitos em nutrição: reflexões a respeito do elo dieta e saúde. **Arquivos de Gastroenterologia**, v. 38, n. 4, p. 260-271, 2001.

ANTONIASSI, R. Métodos de avaliação da estabilidade oxidativa de óleos e gorduras. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 19, n. 2, p. 353-380, 2001.

ANVISA. Guia para determinação de prazos de validade de alimentos. **Guia nº 16, versão 1, de 5 de outubro de 2018**. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/5056443/%282%29Guia+16_2018+prorrogacao+prazo.pdf/47755841-a42b-4aab-b549-fb6e3320b645. Acesso em: 13 mai. 2024.

APREA, E.; GASPERI, F.; BETTA, E.; SANI, G.; CANTINI, C. Variability in volatile compounds from lipoxygenase pathway in extra virgin olive oils from Tuscan olive germoplasm by quantitative SPME/GC-MS. **Journal of Mass Spectrometry**, v. 53, n. 9, p. 824-832, 2018.

ARES, G.; TÁRREGA, A.; IZQUIERDO, L.; JAEGER, S. R. Investigation of the number of consumers necessary to obtain stable sample and descriptor configurations from check-all-that-apply (CATA) questions. **Food Quality and Preference**, v. 31, p. 135-141, 2014.

ASSOCIATION OF FOOD INDUSTRIES. **Specifications for Cashew Kernels**. AFI: Neptune, NJ, 2016. Disponível em: <https://www.afi.us.org/resources/Documents/AFI%20Specifications/cashews-part-i.pdf>. Acesso em: 24 dez. 2020.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (AOAC). **Official methods of analysis**. 20. ed. Rockville, MD: AOAC International, 2016.

AZAM-ALI, S. H.; JUDGE, E.C. **Small-scale cashew nut processing**. Rugby, UK: FAO, 2001.

AZEREDO, H. M. C. (Ed.). **Fundamentos da estabilidade de alimentos**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012.

BACCOURI, B.; RAJHI, I.; MOHAMED, S. N.; FLAMINI, G. Monitoring the fatty acid and volatile compositions of Tunisian virgin olive oils using HS-SPME-GC-MS with regard to growing area. **European Food Research and Technology**, v. 248, n. 12, p. 2877-2885, 2022.

BARROS, L. M. Biologia floral, colheita e rendimento. *In*: LIMA, V. P. M. S. (Ed.). **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: BNB/Etene, 1988, p. 301-319.

BAYRAM, I.; DECKER, E. A. Underlying mechanisms of synergistic antioxidant interactions during lipid oxidation. **Trends in Food Science & Technology**, v. 133, p. 219-230, 2023.

BEVERIDGE, T. H. J.; LI, T. S. C.; DROVER, J. C. G. Phytosterol content in american ginseng seed oil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 744-750, 2022.

BHATTACHARJEE, P. *et al.* Compositional profiles of γ -irradiated cashew nuts. **Food Chemistry**, v. 80, p. 159-163, 2003.

BRAINER, M. S. C. P.; VIDAL, M. F. **Cajucultura nordestina em recuperação**. Caderno Setorial Etene, v. 3, n. 54, p.1-13, 2018.

BRASIL. Instrução Normativa nº 2, de 6 de fevereiro de 2017. **Regulamento técnico da amêndoa da castanha de caju**. **Diário Oficial da União**, Brasília, 8 fev. 2017.

BRASIL. Resolução RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 set. 2005.

CALLIGARIS, S. *et al.* Shelf life prediction of bread sticks using oxidation indices: a validation study. **Journal of Food Science**, v. 73, n. 2, p.51-56, 2008.

CARNEIRO, W. M. A. **Cadeia produtiva do caju no nordeste brasileiro**. Informe Rural Etene, v. 2, n. 12, p.1-12, 2008.

CARVALHO, J. M. **Óleo de amêndoa de castanha de caju virgem e extra virgem: processamento, caracterização, avaliação sensorial e bioatividade**. 2014. 149 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

CARVALHO, J. M., SOUSA, P. H. M., MAIA, G. A., FIGUEIREDO, R. W. Sensory evaluation of cashew kernel oil. **Journal of Culinary Science & Technology**, p. 1-14, 2022.

CARVALHO, J. M.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M.; LUNA, F. M. T.; MAIA, G. A. Cashew nut oil: effect of kernel grade and a microwave preheating extraction step on chemical composition, oxidative stability and bioactivity. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 53, n. 4, p. 930-937, 2018.

CHANDRASEKARA, N.; SHAHIDI, F. Antioxidative potential of cashew phenolics in food and biological model systems as affected by roasting. **Food Chemistry**, v. 129, n. 4, p.1388-1396, 2011a.

CHANDRASEKARA, N.; SHAHIDI, F. Oxidative stability of cashew oils from raw and roasted nuts. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 88, n. 8, p.1197-1202, 2011b.

CHEN, Q.; XIE, Y.; XI, J.; GUO, Y.; QIAN, H.; CHENG, Y.; CHEN, Y.; YAO, W. Characterization of lipid oxidation process of beef during repeated freeze-thaw by electron spin resonance technology and Raman spectroscopy. **Food Chemistry**, v. 243, p. 58-64, 2018.

CHEN, X., SUN, S. Color reversion of refined vegetable oils: a review. **Molecules**, v. 28, n. 13, p. 5177, 2023.

CONNAUGHTON, R. M. *et al.* Impact of anti-inflammatory nutrients on obesity-associated metabolic-inflammation from childhood through to adulthood. **Proceedings of the Nutrition Society**, p. 1–10, 2016.

CONTE, L.; MILANI, A.; CALLIGARIS, S.; ROVELLINI, P.; LUCCI, P.; NICOLI, M. C. Temperature dependence of oxidation kinetics of extra virgin olive oil (EVOO) and shelf-life prediction. **Foods**, v. 9, n. 3, p. 295, 2020.

CRISÓSTOMO, L. A. *et al.* Cajueiro-anão precoce. *In*: Crisóstomo, L. A.; Naumov, A. (Org.). **Aduando para alta produtividade e qualidade**: fruteiras tropicais do Brasil. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2009.

CUNHA, A. G.; BRITO, E. S.; MOURA, C. F.H.; RIBEIRO, P. R. V.; MIRANDA, M. R. A. UPLC–qTOF-MS/MS p-based henolic profile and their biosynthetic enzyme activity used to discriminate between cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) maturation stages. **Journal of Chromatography B**, v. 1051, p. 24-32, 2017.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DENG, R.; GAO, J.; YI, J.; LIU, P. Could peony seeds oil become a high-quality edible vegetable oil? The nutritional and phytochemistry profiles, extraction, health benefits, safety and value-added-products. **Food Research International**, v. 156, p. 111200, 2022.

DEPARTMENT OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY. **Nutritional aspects and cardiovascular disease**: report on health and social subjects. London: HMSO, 1994.

DIAS, C. A. Grupo focal: técnica de coleta de dados em pesquisas qualitativas. **Revista Informação e Sociedade: estudos**, v. 10, n. 2, 2000.

DONGEN, W.; WIGGERS, B.; DONDEERS, J. **VCF online**: volatile Compounds in Food. 2022. Disponível em: <https://www.vcf-online.nl/>. Acesso em: 15 mai. 2022.

DROZDOWSKI, B.; SZUKALSKA, E. A rapid instrumental method for the evaluation of the stability of fats. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 64, n. 7, p.1008-1011, 1987.

EANG, R.; TIPPAYAWONG, N. Superheated Steam Drying of Cashew Kernels with Testa. **Energy Procedia**, v. 138, p. 674-679, out. 2017.

EL-HADARY, A. E.; TAHA, M. Pomegranate peel methanolic-extract improves the shelf-life of edible-oils under accelerated oxidation conditions. **Food Science & Nutrition**, v. 8, p. 1798–1811, 2020.

ELOUAFY, Y.; IDRISSE, Z. E.; YADINI, A. E.; HARHAR, H.; ALSHAHRANI, M.; AWADH, A. A.; GOH, K.; MING, L.; BOUYAHYA, A.; TABYAOUI, M. Variations in antioxidant capacity, oxidative stability, and physicochemical quality parameters of walnut (*Juglans regia*) oil with roasting and accelerated storage conditions. **Molecules**, v. 27, n. 22, p. 7693, 2022.

EMBRAPA AGROINDÚSTRIA TROPICAL; SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial**: castanha de caju. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. (Agronegócios).

FENG, S.; BELWAL, T.; LI, L.; LIMWACHIRANON, J.; LIU, X.; LUO, Z. Phytosterols and their derivatives: potential health-promoting uses against lipid metabolism and associated diseases, mechanism, and safety issues. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 19, n. 4, p. 1243-1267, 2020.

FLAKELAR, C. L.; DORAN, G. S.; HOWITT, J. A.; LUCKETT, D. J.; PRENZLER, P. D. Effects of storage temperature and duration on bioactive concentrations in the seed and oil of brassica napus (canola). **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 120, n. 2, p. 55-64, 24 out. 2017.

FOLIGNI, R.; MANNOZZI, C.; ISMAIEL, L.; CAPELLI, F.; LAURITA, R.; TAPPI, S.; ROSA, M.; MOZZON, M. Impact of cold atmospheric plasma (CAP) treatments on the oxidation of pistachio kernel lipids. **Foods**, v. 11, n. 3, p. 419, 2022.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS; WORLD HEALTH ORGANIZATION (FAO/OMS). **Standard for edible fats and oils not covered by individual standards. Codex Stan 19-1981**. 2021. Disponível em: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B19-1981%252FCXS%2019e.pdf>. Acesso em: 24 dez. 2021.

FOODB. 2022. Disponível em: <https://foodb.ca/>. Acesso em 15 mai. 2022.

FRANKEL, E.N. In search of better methods to evaluate natural antioxidants and oxidative stability in food lipids. **Trends in Food Science & Technology**, v.4, n.7, p.220-225, 1993.

FRANKEL, N. **Lipid Oxidation**. Dundee, UK: The Oily Press, 1998.

GADANI, B. C.; MILÉSKI, K. M. L.; PEIXOTO, L. S.; AGOSTINI, J. S. Physical and chemical characteristics of cashew nut flour stored and packaged with different packages. **Food Science and Technology**, v. 37, n. 4, p. 657-662, 2017.

GALOT-LINALDI, J.; HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, K. M.; ESTRADA-MUÑIZ, E.; VEGA, L. Anacardic acids from amphipterygium adstringens confer cytoprotection against 5-fluorouracil and carboplatin induced blood cell toxicity while increasing antitumoral activity and survival in an animal model of breast cancer. **Molecules**, v. 26, n. 11, p. 3241, 2021.

GARCÍA, A. V.; ROMERO, R. S.; POLO, A. J.; MOYA, S. P.; PÉREZ, S. E. M.; SANAHUJA, A. B. Volatile profile of nuts, key odorants and analytical methods for quantification. **Foods**, v. 10, n. 7, p. 1611, 12 jul. 2021.

GARRUTI, D. S.; PAIVA, F. F. A. **Aproveitamento industrial do caju (castanha e pedúnculo)**. Fortaleza: 1995.

GILLINGHAM, L. G.; HARRIS-JANZ, S.; JONES, P. J.H. Dietary monounsaturated fatty acids are protective against metabolic syndrome and cardiovascular disease risk factors. **Lipids**, v. 46, p. 209–228, 2011.

GOMES JÚNIOR, A. L.; TCHEKALAROVA, J. D.; MACHADO, K. C.; SILVA, S. W. C.; PAZ, M. F. C. J.; NOGUEIRA, T. R.; LIRA, B. S. M. M.; ZIHAD, S. M. N. K.; ISLAM, M. T.; ALI, E. S. Antidepressant-like effect of anacardic acid in mice via the L-arginine–nitric oxide–serotonergic system. **Phytotherapy Research**, v. 33, n. 8, p. 2126-2138, 2019.

GÓMEZ-CARAVACA, A. M.; VERARDO, V.; CABONI, M. F. Chromatographic techniques for the determination of alkyl-phenols, tocopherols and other minor polar compounds in raw and roasted cold pressed cashew nut oils. **Journal of Chromatography A**, v. 1217, n. 47, p.7411-7417, 2010.

GONG, Y.; KERRIHARD, A. L.; PEGG, R. B. Characterization of the volatile compounds in raw and roasted georgia pecans by HS-SPME-GC-MS. **Journal of Food Science**, v. 83, n. 11, p. 2753-2760, 22 out. 2018.

GRIFFIN, L. E.; DEAN, L. L. Nutrient composition of raw, dry-roasted, and skin-on cashew nuts. **Journal of Food Research**, v. 6, n. 6, p. 13-28, 2017.

GRUNDY, S. M. *et al.* Comparison of monounsaturated fatty acids and carbohydrates for reducing raised levels of plasma cholesterol in man. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 47, p. 965–969, 1988.

GUILLEN, M. D.; GOICOECHEA, E. Oxidation of corn oil at room temperature: primary and secondary oxidation products and determination of their concentration in the oil liquid matrix from 1H nuclear magnetic resonance data. **Food Chemistry**, v. 116, n. 1, p.183-192, 2009.

GÜLER, Z.; DURSUN, A.; TÜRKMEN, D. Comparison of pistachio (*Pistacia vera* L.) kernel volatile compounds of “Siirt”, “Uzun” and “Kirmizi” grown in Turkey: effect of traditional and industrial in :shell roasting. **Journal of Food Process Engineering**, v. 45, n. 2, p. 1-11, 2021.

HA, T. J.; KUBO, I. Lipoxygenase Inhibitory Activity of Anacardic Acids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 11, p. 4350-4354, 2005.

HARRIS, W. S.; DAYSPRING, T. D.; MORAN, T. J. Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease: new developments and applications. **Postgraduate Medicine**, v. 125, n. 6, p. 100-113, 2013.

HARTMAN, L.; LAGO, R. C. A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, v. 22, p. 475–476, 1973.

HELLWIG, M.; HENLE, T. Isolation and quantification in food of 6-(2-formyl-5-methylpyrrol-1-yl)-l-norleucine (“rhamnolysine”) and its precursor 3,6-dideoxy-l-mannosone. **European Food Research and Technology**, v. 245, n. 5, p. 1149-1159, 2019.

HERMSDORFF, H. H. M. *et al.* A legume-based hypocaloric diet reduces proinflammatory status and improves metabolic features in overweight/obese subjects. **European Journal of Nutrition**, v. 50, p. 61–69, 2011.

- HOPPENREIJS, L. J. G.; BERTON-CARABIN, C. C.; DUBBELBOER, A.; HENNEBELLE, M. Evaluation of oxygen partial pressure, temperature and stripping of antioxidants for accelerated shelf-life testing of oil blends using ^1H NMR. **Food Research International**, v. 147, p. 110555, 2021.
- HU, H.; SHI, A.; LIU, H.; LIU, L.; FAUCONNIER, M. L.; WANG, Q. Study on key aroma compounds and its precursors of peanut oil prepared with normal- and high-oleic peanuts. **Foods**, v. 10, n. 12, p. 3036, 7 dez. 2021.
- IQBAL, S.; BHANGER, M. I. Stabilization of sunflower oil by garlic extract during accelerated storage. **Food Chemistry**, v. 100, n. 1, p. 246–254, 2007.
- IQDIAM, B. M. WELT, B. A.; GOODRICH-SCHNEIDER, R.; SIMS, C. A.; BAKER, G. L.; MARSHALL, M. R. Influence of headspace oxygen on quality and shelf life of extra virgin olive oil during storage. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 23, p. 100433, 2020.
- KAPOOR, B.; KAPOOR, D.; GAUTAM, S.; SINGH, R.; BHARDWAJ, S. Dietary Polyunsaturated Fatty Acids (PUFAs): uses and potential health benefits. **Current Nutrition Reports**, v. 10, n. 3, p. 232-242, 2021.
- KASEKE, T.; FAWOLE, O. A.; OPARA, U. L. Chemistry and functionality of cold-pressed macadamia nut oil. **Processes**, v. 10, n. 1, p. 1-21, 2021.
- KOCHHAR, S. P.; HENRY, C. J. K. Oxidative stability and shelf-life evaluation of selected culinary oils. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 60, n. 7, p.289-296, 2009.
- KRIS-ETHERTON, P. M. *et al.* The role of tree nuts and peanuts in the prevention of coronary heart disease: multiple potential mechanisms. **Journal of Nutrition**, v. 138, p. 1746-1751, 2008.
- KRIS-ETHERTON, P. M. *et al.* High-monounsaturated fatty acid diets lower both plasma cholesterol and triacylglycerol concentrations. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 70, p. 1009–1015, 1999.
- KROMHOUT, D.; GOEDE, J. Update on cardiometabolic health effects of ω -3 fatty acids. **Current Opinion in Lipidology**, v. 25, n. 1, p. 85-90, 2014.
- LAFONT, J. J.; PÁEZ, N. S.; PORTACIO, A. Extracción y Caracterización Físicoquímica del Aceite de la Semilla (Almendra) del Marañón (*Anacardium occidentale* L). **Información Tecnológica**, v. 22, n. 1, p.51-58, 2011.
- LAWLESS, H.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food: principles and practices**. New York: Springer, 2010.
- LEAL, A. R.; DIONÍSIO, A. P.; ABREU, F. A. P.; OLIVEIRA, G. F.; ARAÚJO, I. M. S.; MAGALHÃES, H. C. R.; LEITE, A. B.; SILVA, E. K. M.; NASCIMENTO, R. F.; NASCIMENTO, H. O.; SOUSA, P. H. M. Impact of different kernel grades on volatile compounds profile, fatty acids and oxidative quality of cashew nut oil. **Food Research International**, v. 165, p. 112526, 2023.

- LEAL, A. R.; OLIVEIRA, L. S.; FARIAS, L. M.; ALVES, C. A. N.; COSTA, J. N.; MATA, P.; SOUSA, P. H. M. Elaboration of mixed structured fruit formulations with agar and gellan gum: texture, physicochemical, and sensory properties. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v. 23, p. 100294, 2021.
- LI, X.; WU, G.; ZHENG, L.; HUANG, J.; ZHANG, H.; JIN, Q.; WANG, X. Model prediction of color reversion of soybean oil and its quantitative relationship with oxidation under accelerated conditions. **LWT**, v. 111, p. 270-277, 2019.
- LIAO, M.; ZHAO, Y.; XU, Y.; GONG, C.; JIAO, S. Effects of hot air-assisted radio frequency roasting on nutritional quality and aroma composition of cashew nut kernels. **LWT**, v. 116, p. 108551, 2019.
- LIMA, A. C. *et al.* Obtenção e caracterização da torta da amêndoa de castanha de caju para formulação de produtos *plant-based*. In: Andrade, J. K. B. (Org.). **Estudos e tendências atuais em Ciências Ambientais e Agrárias**. Campina Grande: Licuri, 2023, p. 50-58.
- LIMA, A. C., GARCÍA, N. H. P., LIMA, J. R. Obtenção e caracterização dos principais produtos do caju. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 22, n. 1, p.133-144. 2004.
- LIMA, A. C. Colheita e pós-colheita da castanha-de-caju. In: ARAÚJO, J. P. P. (Ed.). **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 375-388.
- LIMA, J. R.; GARRUTI, D., S.; MAGALHÃES, H. C. R.; NOBRE, A. C. O. Características e estabilidade de óleo de amêndoa de castanha-de-caju. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento 93**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2014.
- LIMA, J. R.; BRUNO, L. M.; WURLITZER, N. J.; SOUSA, P. H. M.; HOLANDA, S. A. M. Cashew nut-based beverage: development, characteristics and stability during refrigerated storage. **Food Science and Technology**, v. 41, n. 1, p. 60-64, 2021.
- LIMA, J. R.; PINTO, G. A. S.; MAGALHÃES, H. C. R. Óleo da amêndoa de castanha-de-caju: métodos de extração. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento 165**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2018.
- LIMA, R. A.; SOUZA, S. L. X.; LIMA, L. A.; BATISTA, A. L. X.; ARAÚJO, J. T. C.; SOUSA, F. F. O.; ROLIM, J. P. M. L.; BANDEIRA, T. J. P. G. Antimicrobial effect of anacardic acid-loaded zein nanoparticles loaded on *Streptococcus mutans* biofilms. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 51, n. 4, p. 1623-1630, 2020.
- LIU, Y.; LI, L.; XIA, Q.; LIN, L. Analysis of physicochemical properties, lipid composition, and oxidative stability of cashew nut kernel oil. **Foods**, v. 12, n. 4, p. 693-693, 2023.
- LÓPEZ-URIARTE, P. *et al.* Nuts and oxidation: A systematic review. **Nutrition Reviews**, n. 67, p. 497-508, 2009.
- LUO, K. K.; HUANG, G.; MITCHELL, A. Acceleration of lipid oxidation in raw stored almond kernels in response to postharvest moisture exposure. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 102, n. 3, p. 1155-1164, 13 ago. 2021.

MANSOUR, H. M. M.; EL-SOHAIFY, S. A.; ZEITOUN, A. M.; ABDO, E. M. Effect of natural antioxidants from fruit leaves on the oxidative stability of soybean oil during accelerated storage. **Antioxidants**, v. 11, n. 9, p. 1691, 2022.

MARAMBAIA CASHEWS. **Tipos de castanhas convencionais**. Disponível em: <https://www.marambaiacashews.com.br/blank-pgptu>. Acesso em: 28 jan. 2020.

MARTINS, T. S.; LEMOS, M. V. A.; MUELLER, L. F.; BALDI, F.; AMORIM, T. R.; FERRINHO, A. M.; MUÑOZ, J. A.; FUZIKAWA, I. H. S.; MOURA, G. V.; GEMELLI, J. L. Fat deposition, fatty acid composition, and its relationship with meat quality and human health. **Meat Science and Nutrition**, p. 18-37, 2018.

MARTÍN-TORRES, S.; TELLO-JIMÉNEZ, J. A.; LÓPEZ-BLANCO, R.; GONZÁLEZ-CASADO, A.; CUADROS-RODRÍGUEZ, L. Multivariate stability monitoring and shelf life models of deterioration of vegetable oils under real time ageing conditions – extra virgin olive oil as a main case of study. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 37, p. 101070, 2023.

MATTISON, C. P.; CAVALCANTE, J. M.; GALLÃO, M. I.; BRITO, E. S. Effects of industrial cashew nut processing on anacardic acid content and allergen recognition by IgE. **Food Chemistry**, v. 240, p. 370-376, 2018.

MAZZETTO, S. E.; LOMONACO, D.; MELE, G. Óleo da castanha de caju: oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 732-741, 2009.

MELO, M. L. P. *et al.* Caracterização físico-química da amêndoa da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.) crua e tostada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 2, p.184-187, 1998.

MENG, Y.; YANG, H.; WANG, D.; MA, Y.; WANG, X.; BLASI, F. Improvement for oxidative stability and sensory properties of sunflower oil flavored by huai chrysanthemum × morifolium ramat. essential oil during accelerated storage. **Processes**, v. 9, n. 7, p. 1199, 2021.

MOKRZYCKI, W. S.; TATOL, M. Color difference ΔE : A survey. **Machine Graphics and Vision**, v. 20, n. 4, p. 383–411, 2011.

MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R.; SOUSA, I. G. M.; CAVALCANTE, R. B. M.; MORGANO, M. A.; ARAÚJO, M. A. M. Cereal bar enriched with cowpea bean whole flour, cashew nut, and raisin banana. **Revista Ciência Agronômica**, v. 52, n. 2, p. 20207188, 2021.

MOUMEN, A. B.; MANSOURI, F.; RICHARD, G.; FAUCONNIER, M.-L.; SINDIC, M.; NABLOUSSI, A.; ELAMRANI, A.; CAID, H. S. Variations in the phytosterol and tocopherol compositions and the oxidative stability in seed oils from four safflower (*Carthamus tinctorius* L.) varieties grown in north-eastern Morocco. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 50, n. 10, p. 2264-2270, 2015.

MU, H.; GAO, H.; CHEN, H.; FANG, X.; ZHOU, Y.; WU, W.; HAN, Q. Study on the volatile oxidation compounds and quantitative prediction of oxidation parameters in walnut

- (*Carya cathayensis* Sarg.) oil. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 121, n. 6, p. 1800521, 2019.
- NDE, D. B. *et al.* Oil extraction from sheanut (*Vitellaria paradoxa* Gaertn C. F.) kernels assisted by microwaves. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 3, p.1424-1434, 2016.
- NGUYEN, P. H. N.; DANG, T. Q. Enzyme-assisted aqueous extraction of cashew nut (*Anacardium occidentale* L.) oil. **International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology**, v. 6, n. 2, 2016.
- NI, H.; JIANG, Q.; LIN, Q.; MA, Q.; WANG, L; WENG, S.; HUANG, G.; LI, L.; CHEN, F. Enzymatic hydrolysis and auto-isomerization during β -glucosidase treatment improve the aroma of instant white tea infusion. **Food Chemistry**, v. 342, p. 128565, abr. 2021.
- NURHASANAH, S.; SETYADI, A.; MUNARSO, S. J.; SUBROTO, E.; FILIANTY, F. Shelf-Life prediction of peanut oil (*Arachis hypogaea* L.) using an accelerated shelf-life testing (ASLT) method in the polypropylene packaging. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 1024, n. 1, p. 012056, 2022.
- O'BRIEN, R. D. **Fats and oils: formulating and processing for applications**. 3rd th. Boca Raton: CRC Press, 2009.
- OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri, SP: Manole, 2006.
- OJEDA-AMADOR, R. M.; FREGAPANE, G.; SALVADOR, M. D. Influence of cultivar and technological conditions on the volatile profile of virgin pistachio oils. **Food Chemistry**, v. 311, p. 125957, 2020.
- OLADEBEYE, A. O.; OLADEBEYE, A. A. Physicochemical and nutritional properties of baby-led cookies produced from rice, banana and cashew-nut flour blends. **European Journal of Nutrition & Food Safety**, v. 15, n. 7, p. 14-25, 2023.
- OLATIDOYE, O. P.; SHITTU, T. A.; AWONORIN, S. O.; AJISEGIRI, E. S. A. The influence of roasting conditions on volatile flavour compounds in raw and roasted cashew kernels (*Anacardium occidentale*) grown in Nigeria. **Croatian Journal of Food Science and Technology**, v. 11, n. 1, p. 1-10, 2019.
- OLIVEIRA, D. M. *et al.* Avaliação da estabilidade à oxidação e do ponto de entupimento de filtro a frio de biodieséis derivados de blendas de sebo bovino com óleo de soja. **Revista de Iniciação Científica da ULBRA**, n. 10, p. 51-56, 2012.
- OLIVEIRA, G. F. **Óleo de amêndoa de castanha de caju: obtenção, potenciais usos e desenvolvimento de produto**. 2022. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

OLIVEIRA, N. F.; LEAL, R. S.; DANTAS, T. N. C. The importance of the cashew nut (*Anacardium occidentale* L.) coat: a review. **American International Journal of Contemporary Scientific Research**, v. 2, n. 4, p. 9-41, 2015.

OLIVEIRA, V. H. (Ed.). **Cultivo do cajueiro anão precoce**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002.

OLIVEIRA, V. H. *et al.* **Colheita e pós-colheita de castanha de cajueiro-anão precoce na produção integrada de frutas**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnica, 18).

ÖNAL, B.; ÖZEN, D.; DEMIR, B.; AK, D. G.; DURSUN, E.; DEMIR, C.; AKKAN, A. G.; ÖZYAZGAN, S. The anti-inflammatory effects of anacardic acid on a TNF- α - induced human saphenous vein endothelial cell culture model. **Current Pharmaceutical Biotechnology**, v. 21, n. 8, p. 710-719, 2020.

ÖZCAN, M. M.; AL-JUHAIMI, F. Y.; USLU, N.; GHAFOR, K.; BABIKER, E. E.; AHMED, I. A. M. Use of herbal essential oil and extracts as antioxidant sources in quality stabilization of extra virgin olive oil stored in different time and packages. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 16, n. 1, p. 700-713, 2022.

PAIVA, F. F. A. *et al.* **Processamento de castanha de caju**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

PAIVA, F. F. A.; GARRUTI, D. S.; SILVA NETO, R. M. **Aproveitamento Industrial do caju**. Fortaleza: Embrapa-CNPAT/SEBRAE/CE, 2000.

PAIVA, F. F. A.; SILVA NETO, R. M. Processamento industrial da castanha-de-caju. *In*: ARAÚJO, J. P. P. (Ed.). **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 395-465.

PAIVA, J. R.; BARROS, L. M.; CAVALCANTI, J. J. V. Cashew (*Anacardium occidentale* L.) breeding: a global perspective. *In*: JAIN, S. M.; PRIYADARSHAN, P. M. (Ed.). **Breeding plantation tree crops: tropical species**. Nova York: Springer, 2009. p. 287-324.

PEREDA, J. A. O. *et al.* (Org.). **Tecnologia de Alimentos: componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

PIGHINELLI, A. L. M. T. *et al.* Otimização da prensagem a frio de grãos de amendoim em prensa contínua tipo expeller. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 66-71, 2008.

PIOCHI, M.; CABRINO, G.; TORRI, L. Check-All-That-Apply (CATA) test to investigate the consumers' perception of olive oil sensory properties: effect of storage time and packaging material. **Foods**, v. 10, n. 7, p. 1551, 2021.

PRAMUDYA, R. C.; SEO, H. Using Check-All-That-Apply (CATA) method for determining product temperature-dependent sensory-attribute variations: a case study of cooked rice. **Food Research International**, v. 105, p. 724-732, 2018.

RÁBAGO-PANDURO, L. M.; LAPEÑA, M. M.; ROMERO-FABREGAT, M. P.; MARTÍN-BELLOSO, O.; WELTI-CHANES, J. Effect of Pulsed Electric Fields (PEF) on extraction yield and stability of oil obtained from dry pecan nuts (*Carya illinoensis* (Wangenh. K. Koch)). **Foods**, v. 10, n. 7, p. 1541, 2021.

RABIEJ-KOZIOŁ, D.; KRZEMIŃSKI, M. P.; SZYDŁOWSKA-CZERNIAK, A. Steryl sinapate as a new antioxidant to improve rapeseed oil quality during accelerated shelf life. **Materials**, v. 14, n. 11, p. 3092, 2021.

RAGNARSSON, J. O.; LABUZA, T. P. Accelerated shelf life testing for oxidative stability in foods: a review. **Food Chemistry**, v. 2, p. 291–308, 1977.

RAMALHO, H. F.; SUAREZ, P. A. Z. A Química dos óleos e gorduras e seus processos de extração e refino. **Revista Virtual de Química**, v. 5, n. 1, p. 2-15, 2013.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes usados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 755-760, 2006.

RANKLIN, L. M.; MITCHELL, A. E. Review of the sensory and chemical characteristics of almond (*Prunus dulcis*) flavor. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 67, n. 10, p. 2743-2753, 14 fev. 2019.

RIBEIRO, S. R.; KLEIN, B.; RIBEIRO, Q. M.; SANTOS, I. D.; GENRO, A. L. G.; FERREIRA, D. F.; HAMANN, J. J.; BARIN, J. S.; CICHOSKI, A. J.; FRONZA, D. Chemical composition and oxidative stability of eleven pecan cultivars produced in southern Brazil. **Food Research International**, v. 136, p. 109596, 2020.

RIBEIRO, S. R.; RIBEIRO, Q. M.; KLEIN, B.; SANTOS, I. D.; FORGIARINI, S.; HAMANN, J. J.; CICHOSKI, A. J.; FRONZA, D.; BRACKMANN, A.; BOTH, V. Effect of low oxygen on quality attributes of 'Barton' pecan nuts after long-term storage at different temperatures. **Scientia Horticulturae**, v. 263, p. 109098, 2020.

RICO, R.; BULLÓ, M.; SALAS-SALVADÓ, J. Nutritional composition of raw fresh cashew (*Anacardium occidentale* L.) kernels from different origin. **Food Science & Nutrition**, v. 4, n. 2, p. 329-338, 2015.

RYAN, E.; GALVIN, K.; O'CONNOR, T. P.; MAGUIRE, A. R.; O'BRIEN, N. M. Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of brazil, pecan, pine, pistachio and cashew nuts. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 57, n. 3-4, p. 219-228, 2006.

SADHU, T.; BANERJEE, I.; LAHIRI, S. K.; CHAKRABARTY, J. Enhancement of nutritional value of fried fish using an artificial intelligence approach. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 14, p. 20048-20063, 2021.

SALVADÓ, L. *et al.* Oleate prevents saturated fatty-acid-induced ER stress, inflammation and insulin resistance in skeletal muscle cells through an AMPK-dependent mechanism. **Diabetologia**, v. 56, p. 1372–1382, 2013.

SHEN, Y.; LU, T.; LIU, X.-Y.; ZHAO, M.-T.; YIN, F.-W.; RAKARIYATHAM, K.; ZHOU, D.-Y. Improving the oxidative stability and lengthening the shelf life of DHA algae oil with composite antioxidants. **Food Chemistry**, v. 313, p. 126139, 2020.

SHUKIA, B. D.; SRIVASTAVA, P. K.; GUPTA, R. K. **Oilseeds processing technology**. Berasia Road, Índia: Central Institute of Agricultural Engineering, 1992.

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Methods for the evaluation of the degree of lipid oxidation and the antioxidant activity. **Química Nova**, v. 22, n. 1, p. 94–103, 1999.

SINGH, K. K. *et al.* Influence of moisture content and cooking on screw pressing of crambe seed. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 79, n. 2, p. 165-170, 2002.

SOCARRAS, S.; MAGARI, R. T. Modeling the effects of storage temperature excursions on shelf life. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 49, n. 2, p. 221–226, 2009.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 3 ed. New York: Academic Press, 2004.

SZYDŁOWSKA-CZERNIAK, A.; RABIEJ, D. Octyl sinapate as a new antioxidant to improve oxidative stability and antioxidant activity of rapeseed oil during accelerated storage. **European Food Research and Technology**, v. 244, n. 8, p.1397-1406, 2018.

TOSCHI, T. G.; CABONI, M. F.; PENAZZI, G.; LERCKER, G.; CAPELLA, P. A study on cashew nut oil composition. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 70, n. 10, p. 1017-1020, 1993.

TROX, J. *et al.* Bioactive compounds in cashew nut (*Anacardium occidentale*) kernels: effect of different shelling methods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p. 5341–5346, 2010.

USLU, N.; ÖZCAN, M. M. Effect of microwave heating on phenolic compounds and fatty acid composition of cashew (*Anacardium occidentale*) nut and oil. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 18, n. 3, p.344-347, 2019.

VIDAL NETO, F. C., *et al.* Melhoramento genético e cultivares de cajueiro. In: ARAÚJO, J. P. P. de (Ed.). **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p. 481-508.

WARD, J. A. Processing high oil content seeds in continuous press. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 53, p. 261–264, 1976.

WATERMAN, K. C.; ADAMI, R. C. Accelerating testing: prediction of chemical stability of pharmaceuticals. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 293, p.101–125, 2005.

WISASTRA, R.; GHIZZONI, M.; BOLTJES, A.; HAISMA, H. J.; DEKKER, F. J. Anacardic acid derived salicylates are inhibitors or activators of lipoxygenases. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, v. 20, n. 16, p. 5027-5032, 2012.

WU, J. H. *et al.* Circulating Omega-6 Polyunsaturated Fatty Acids and Total and Cause-Specific Mortality. **Circulation**, v. 130, n. 15, p.1245-1253, 2014.

WU, S.; YANG, J.; DONG, H.; LIU, Q.; LI, X.; ZENG, X.; BAI, W. Key aroma compounds of Chinese dry-cured Spanish mackerel (*Scomberomorus niphonius*) and their potential metabolic mechanisms. **Food Chemistry**, v. 342, p. 128381, abr. 2021.

XI, Y.; YUAN, X.; TAN, M.; JIANG, S.; WANG, Z.; HUANG, Z.; WANG, H.; JIANG, L.; LI, H. Properties of oxidatively torrefied Chinese fir residue: color dimension, pyrolysis kinetics, and storage behavior. **Fuel Processing Technology**, v. 213, p. 106663, 2021.

XIA, J.; SINELNIKOV, I. V.; HAN, B.; WISHART, D. S. MetaboAnalyst 3.0—making metabolomics more meaningful. **Nucleic Acids Research**, v. 43, n. 1, p. 251-257, 2015.

YANG, H.; DONG, Y.; WANG, D.; WANG, X. Differences in oxidative stability, sensory properties, and volatile compounds of pepper aromatized sunflower oils prepared by different methods during accelerated storage. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 125, n. 1, p. 2200099, 2023.

YANG, K.-M.; CHAO, L. K.; WU, C.-S.; YE, Z.-S.; CHEN, H.-C. Headspace solid-phase microextraction analysis of volatile components in peanut oil. **Molecules**, v. 26, n. 11, p. 3306, 2021.

YIN, W.; WASHINGTON, M.; MA, X.; YANG, X.; LU, A.; SHI, R.; ZHAO, R.; WANG, X. Consumer acceptability and sensory profiling of sesame oils obtained from different processes. **Grain & Oil Science and Technology**, v. 3, n. 2, p. 39-48, 2020.

YUENYONG, J.; POKKANTA, P.; PHUANGSAIJAI, N.; KITTIWACHANA, S.; MAHATHEERANONT, S.; SOOKWONG, P. GC-MS and HPLC-DAD analysis of fatty acid profile and functional phytochemicals in fifty cold-pressed plant oils in Thailand. **Heliyon**, v. 7, n. 2, p. 06304, 2021.

ZAABOUL, F.; MATABARO, E.; RAZA, H.; XIN, B. D.; DUHORANIMANA, E.; CAO, C.; LIU, Y. Validation of a simple extraction method for oil bodies isolated from peanuts. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 120, n. 2, p. 1700363, 2017.

ZANQUI, A. B.; SILVA, C. M.; RESSUTTE, J. B.; MORAIS, D. R.; SANTOS, J. M.; EBERLIN, M. N.; CARDOZO-FILHO, L.; SILVA, E. A.; GOMES, S. T. M.; MATSUSHITA, M. Extraction and assessment of oil and bioactive compounds from cashew nut (*Anacardium occidentale*) using pressurized n-propane and ethanol as cosolvent. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 157, p. 104686, 2020a.

ZANQUI, A. B.; SILVA, C. M.; RESSUTTE, J. B.; ROTTA, E. M.; CARDOZO-FILHO, L.; MATSUSHITA, M. Cashew nut oil extracted with compressed propane under different experimental conditions: evaluation of lipid composition. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 44, n. 8, p. 14599, 2020b.

ZHANG, D.; LI, X.; CAO, Y.; WANG, C.; XUE, Y. Effect of roasting on the chemical components of peanut oil. **LWT**, v. 125, p. 109249, 2020.

ZHAO, K.; JIA, Y.; PENG, J.; PANG, C.; ZHANG, T.; HAN, W.; JIANG, J.; LU, X.; ZHU, J.; QIAN, Y. Anacardic acid inhibits RANKL-induced osteoclastogenesis *in vitro* and prevents ovariectomy-induced bone loss *in vivo*. **The FASEB Journal**, v. 33, n. 8, p. 9100-9115, 2019.

APÊNDICE 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 “*Produtos funcionais desenvolvidos na Embrapa: das soluções tecnológicas para ampliação de escala à comprovação de seus efeitos à saúde através de ensaios clínicos*”, sob a coordenação da pesquisadora Dra. Ana Paula Dionisio, Dr. Fernando Abreu e Dr. Paulo Henrique Machado de Sousa (UFC).

O propósito desta pesquisa é definir o melhor processo para obtenção do óleo de amêndoa de castanha de caju (ACC). Para definição do processo, lhe será solicitado comparecer ao Laboratório de Análise Sensorial, onde em cerca de 30 minutos realizará os testes sensoriais.

Você não será remunerado por esta atividade, porém contribuirá para a definição de processo para obtenção de óleo de ACC. 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.

Ana Paula Dionisio (Pesquisadora)

Embrapa Agroindústria Tropical - (85) 3391-7327

Eu, _____, declaro que li as informações contidas nesse documento, fui devidamente informado (a) 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
(UFC)

Prof. Paulo Henrique Machado de Sousa

(Pesquisador responsável pelo teste)

APÊNDICE B – FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL

Provador _____

1ª AMOSTRA _____

1) Uma amostra de óleo de amêndoa de Castanha de caju está em um recipiente, **OBSERVE-A** e avalie a sua **APARÊNCIA**:

| | |
|---|---|
| <p>1.1) O quanto você gostou ou desgostou da APARÊNCIA dessa amostra?</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end; text-align: center;"> <div style="margin: 5px;">1  Desgostei muitíssimo</div> <div style="margin: 5px;">2  Desgostei muito</div> <div style="margin: 5px;">3  Desgostei pouco</div> <div style="margin: 5px;">4  Desgostei pouco</div> <div style="margin: 5px;">5  Nem gostei nem desgostei</div> <div style="margin: 5px;">6  Gostei pouco</div> <div style="margin: 5px;">7  Gostei</div> <div style="margin: 5px;">8  Gostei muito</div> <div style="margin: 5px;">9  Gostei muitíssimo</div> </div> | <p>Comentários:</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> |
|---|---|

1.2) Abaixo estão listados vários termos descritivos. **OBSERVE** a amostra e marque **TODOS** os termos que a **CARACTERIZAM**. Somente nos termos que foram marcados, indique o **GRAU DE INTENSIDADE**, variando de **POUQUÍSSIMO** (1) a **MUITÍSSIMO** (5).

| | Descritor | Pouquíssimo | Pouco | Médio | Muito | Muitíssimo |
|-----|-----------------------------------|-------------|-------|-------|-------|------------|
| () | Cor Amarelo | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| () | Brilhoso | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| () | Turvo | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| () | Translúcido | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| () | Presença de Partículas | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| () | Aspecto de gorduroso (untuoso) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |

2) Com o óleo em um recipiente coberto com vidro de relógio, faça leve movimentos circulares, destampe-o, sinta o cheiro e avalie o **AROMA** dessa amostra sinalizando:

| | |
|---|---|
| <p>2.1) O quanto você gostou ou desgostou do AROMA dessa amostra?</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end; text-align: center;"> <div style="margin: 5px;">1  Desgostei muitíssimo</div> <div style="margin: 5px;">2  Desgostei muito</div> <div style="margin: 5px;">3  Desgostei pouco</div> <div style="margin: 5px;">4  Desgostei pouco</div> <div style="margin: 5px;">5  Nem gostei nem desgostei</div> <div style="margin: 5px;">6  Gostei pouco</div> <div style="margin: 5px;">7  Gostei</div> <div style="margin: 5px;">8  Gostei muito</div> <div style="margin: 5px;">9  Gostei muitíssimo</div> </div> | <p>Comentários:</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> |
|---|---|

2.2) Abaixo estão listados vários termos descritivos. **SINTA O AROMA** da amostra e marque **TODOS** os termos que a

CARACTERIZAM. Somente nos termos que foram marcados, indique o **GRAU DE INTENSIDADE**, variando de **POUQUÍSSIMO (1)** a **MUITÍSSIMO (5)**.

| | Descritor | Pouquíssimo | Pouco | Médio | Muito | Muitíssimo |
|-----|---|-------------|-------|-------|-------|------------|
| () | Aroma característico de Amêndoa de Castanha de Caju in natura | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| () | Aroma característico de Amêndoa de Castanha de Caju torrada | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| () | Aroma de Ranço (óleo velho) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |

3) Coloque um pouco de óleo em um pedaço de pão branco. Por favor, prove a amostra e indique o quanto você gostou ou desgostou dessa amostra de uma **MANEIRA GLOBAL**:

| | |
|--|---|
| <p>ACEITAÇÃO GLOBAL</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9</p> <p>        </p> <p>Desgostei muitíssimo Desgostei muito Desgostei Desgostei pouco Nem gostei nem desgostei Gostei pouco Gostei Gostei muito Gostei muitíssimo</p> | <p>Comentários:</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> |
|--|---|

4) Analisando somente o atributo **SABOR**, sinalize:

| | |
|--|---|
| <p>4.1) O quanto você gostou ou desgostou do SABOR dessa amostra?</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9</p> <p>        </p> <p>Desgostei muitíssimo Desgostei muito Desgostei Desgostei pouco Nem gostei nem desgostei Gostei pouco Gostei Gostei muito Gostei muitíssimo</p> | <p>Comentários:</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> |
|--|---|

4.2) Abaixo estão listados vários termos descritivos. **DEGUSTE** a amostra e marque **TODOS** os termos que a **CARACTERIZAM**. Somente nos termos que foram marcados, indique o **GRAU DE INTENSIDADE**, variando de **POUQUÍSSIMO (1)** a **MUITÍSSIMO (5)**.

| | Descritor | Pouquíssimo | Pouco | Médio | Muito | Muitíssimo |
|-----|---------------|-------------|-------|-------|-------|------------|
| () | Gosto Doce | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| () | Gosto Salgado | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| () | Gosto Ácido | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |

| | | | | | | |
|--------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|
| <input type="checkbox"/> | Gosto Amargo | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| <input type="checkbox"/> | Sabor de Amêndoa de Castanha de Caju in natura | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| <input type="checkbox"/> | Sabor de Amêndoa de Castanha de Caju Torrada | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| <input type="checkbox"/> | Sabor Frutado | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| <input type="checkbox"/> | Sabor de Ranço (óleo velho) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| <input type="checkbox"/> | Sabor Residual de Amêndoa de Castanha (Permanece na boca) | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |

5) Se você encontrasse essa amostra disponível no mercado, qual seria a sua ATITUDE DE COMPRA?

| | |
|--------------------------|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Certamente Compraria |
| <input type="checkbox"/> | Provavelmente Compraria |
| <input type="checkbox"/> | Talvez Comprasse/Talvez não Comprasse |
| <input type="checkbox"/> | Provavelmente não Compraria |
| <input type="checkbox"/> | Certamente não Compraria |

TERMINADA A AVALIAÇÃO DA 1ª AMOSTRA, COMA UM PEDAÇO DE PÃO E TOME UM POUCO DE ÁGUA. LOGO EM SEGUIDA AVALIE AS DEMAIS AMOSTRAS DA MESMA FORMA QUE A ANTERIOR.

ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

UFC - UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ /



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Análise sensorial e não sensorial na pesquisa e desenvolvimento de insumos e produtos gastronômicos

Pesquisador: Paulo Henrique Machado de Sousa

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 41822420.2.0000.5054

Instituição Proponente: Instituto de Cultura e Arte

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.729.905

Apresentação do Projeto:

O estudo trata-se de um projeto na área de Gastronomia coordenado pelo professor Paulo Henrique Machado de Sousa. Consiste em utilizar métodos sensoriais e de análise de características não sensoriais relacionadas aos alimentos na pesquisa e desenvolvimento de produtos de interesse da gastronomia, atendendo aos trabalhos de pesquisa e desenvolvimento realizados no Instituto de Cultura e Arte, bem como em suas instituições parceiras. Os principais objetivos referem-se a estudos de desenvolvimento de novos produtos, processos de conservação de alimentos e estudos de estabilidade de produtos in natura, minimamente processados e alimentos processados para determinação de vida de prateleira. Serão utilizados testes de análise sensorial dos alimentos e bebidas de acordo com a normativa (NBR 12994, 1993) da Associação Brasileira de Normas Técnicas baseada na ISO 6658/1985 e com o Manual de Análise Sensorial da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, bem como a de análise de características não sensoriais relacionadas ao alimento utilizando questionários diretos e não estruturados. A população alvo da pesquisa será voluntária, sem remuneração. A equipe para avaliação da análise de características não sensoriais relacionadas ao alimento poderá ser recrutada e realizada através de formulários online ou presenciais. Para formar uma equipe de provadores serão recrutados funcionários de todos os setores da universidade e pessoas da comunidade local. O recrutamento dos provadores será feito por meio de entrevista pessoal e questionários. Os indivíduos serão informados sobre os objetivos gerais dos testes, o tempo

Endereço: Rua Cel. Nunes de Melo, 1000

Bairro: Rodolfo Teófilo

CEP: 60.430-275

UF: CE **Município:** FORTALEZA

Telefone: (85)3366-8344

E-mail: comepe@ufc.br

UFC - UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ /



Continuação do Parecer: 4.729.905

necessário em

cada sessão e o número de sessões, a frequência dos testes e necessidades da seleção e treinamento. O perfil dos provadores será diferenciado, de acordo com o tipo do produto e objetivo do teste sensorial. Em testes discriminativos e descritivos será evitado o recrutamento de adultos acima de 60 anos, devido à redução natural do olfato e paladar, além de fumantes e portadores de doenças neurodegenerativas que comprometam os sentidos. Em testes afetivos o critério de inclusão será baseado principalmente na frequência de consumo, a qual será variável para cada tipo de produto. Quando o produto for destinado a uma determinada faixa etária ou tipo de consumidor poderão ainda ser utilizados a idade e o sexo como critérios de inclusão. O consumo dos produtos analisados nos projetos de pesquisa não oferece riscos à saúde, pois os produtos serão elaborados segundo as Boas Práticas de Fabricação de alimentos e em testes de estabilidade, serão realizadas análises microbiológicas prévias nas amostras para garantir sua segurança. Contudo se ocorrer algum desconforto durante ou até 12 h após a análise, o provador receberá assistência médica integral e gratuita. O projeto terá a duração de cinco anos, sendo que ao final desse período, ou quando for necessário o uso de um novo protocolo de análise, será submetido um novo projeto ao CEP.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo geral: Utilizar métodos estatísticos sensoriais e análise de características não sensoriais relacionadas ao alimento na pesquisa de mercado e desenvolvimento de produtos de interesse da gastronomia, atendendo aos projetos de pesquisa e desenvolvimento realizados no Instituto de Cultura e Arte, bem como em suas instituições parceiras.

Objetivos específicos:

- Realizar a análise de características não sensoriais relacionadas ao alimento com consumidores potenciais, identificando quais atributos não sensoriais e suas importâncias no desenvolvimento dos produtos, bem como suas correções com os atributos sensoriais;
- Realizar a caracterização sensorial de alimentos e bebidas, identificando que atributos respondem pela qualidade sensorial dos produtos;
- Determinar a aceitação e preferência de alimentos e bebidas;
- Desenvolver novos produtos e processos de conservação de alimentos e bebidas, de forma a torná-los seguros, mas com elevado apelo sensorial para o consumidor;
- Determinar a vida de prateleira (validade) de matérias-primas, produtos gastronômicos, alimentos processados e bebidas.

Endereço: Rua Cel. Nunes de Melo, 1000

Bairro: Rodolfo Teófilo

UF: CE

Telefone: (85)3366-8344

CEP: 60.430-275

Município: FORTALEZA

E-mail: comepe@ufc.br

UFC - UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ /



Continuação do Parecer: 4.729.905

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: "Se você NÃO GOSTAR e tiver ALERGIA ou INTOLERÂNCIA a alguns desses ingredientes: leite, amêndoa de castanha de caju, grãos de kefir e película de kombucha você NÃO PODERÁ participar dos testes"

"Nenhum dos procedimentos utilizados oferece riscos à sua dignidade. O consumo deste produto também não oferece riscos à saúde, podendo haver riscos mínimos apenas em relação a consumidores que desconhecem possuir intolerância ou alergia desconhecida a determinado alimento, contudo se ocorrer algum desconforto durante ou até 12 h após a análise você receberá assistência médica integral e gratuita, pelo tempo que for necessário. Após a assinatura deste TCLE, caso ocorram danos à sua saúde decorrentes da sua participação nesta pesquisa, o patrocinador compromete-se a acompanhá-lo a um posto de saúde ou hospital mais próximo, ficando juntamente com você durante todo o atendimento médico e responsabiliza-se por todos os gastos relativos aos exames e procedimentos necessários"

Benefícios: Entretanto, esperamos que este estudo traga benefícios importantes para contribuir com o avanço do conhecimento científico e tecnológico, influenciando o desenvolvimento socioeconômico dos agentes envolvidos na cadeia produtiva em questão e para a sociedade como um todo.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa relevante para área de Gastronomia. Objetivos congruentes com método proposto. Sem necessidade de detalhamento metodológico.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos foram apresentados.

Recomendações:

Sem recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Todas as solicitações feitas foram realizadas.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

| Tipo Documento | Arquivo | Postagem | Autor | Situação |
|----------------|---------|----------|-------|----------|
|----------------|---------|----------|-------|----------|

Endereço: Rua Cel. Nunes de Melo, 1000
 Bairro: Rodolfo Teófilo CEP: 60.430-275
 UF: CE Município: FORTALEZA
 Telefone: (85)3366-8344 E-mail: comepe@ufc.br

UFC - UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ /



Continuação do Parecer: 4.729.905

| | | | | |
|---|---|------------------------|---------------------------------|--------|
| Informações Básicas do Projeto | PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1632715.pdf | 04/03/2021 20:40:21 | | Aceito |
| Folha de Rosto | folha_de_rosto.pdf | 04/03/2021 20:39:42 | Paulo Henrique Machado de Sousa | Aceito |
| Projeto Detalhado / Brochura Investigador | PROJETO_.pdf | 04/03/2021 20:37:01 | Paulo Henrique Machado de Sousa | Aceito |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | TCLE_.pdf | 04/03/2021 20:35:26 | Paulo Henrique Machado de Sousa | Aceito |
| Cronograma | cronograma_.pdf | 04/03/2021 20:28:13 | Paulo Henrique Machado de Sousa | Aceito |
| Solicitação Assinada pelo Pesquisador Responsável | Carta_apreciacao.pdf | 07/12/2020 12:01:26 | Paulo Henrique Machado de Sousa | Aceito |
| Orçamento | Orcamento.pdf | 07/12/2020 11:59:32 | Paulo Henrique Machado de Sousa | Aceito |
| Declaração de Pesquisadores | Declaracao_de_pesquisadores.pdf | 26/10/2020 16:16:41 | Paulo Henrique Machado de Sousa | Aceito |
| Declaração de Instituição e Infraestrutura | declaracao_de_instituicao.pdf | 26/10/2020 16:15:23 | Paulo Henrique Machado de Sousa | Aceito |
| Declaração de concordância | Declaracao_de_concordancia.pdf | 26/10/2020 16:01:30 | Paulo Henrique Machado de Sousa | Aceito |

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

FORTALEZA, 24 de Maio de 2021

Assinado por:
FERNANDO ANTONIO FROTA BEZERRA
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Cel. Nunes de Melo, 1000
Bairro: Rodolfo Teófilo CEP: 60.430-275
UF: CE Município: FORTALEZA
Telefone: (85)3366-8344 E-mail: comepe@ufc.br