

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA – CAMPUS RIO VERDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS TECNOLOGIA
DE ALIMENTOS

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E PERFIL DE ÁCIDOS
GRAXOS DA CASTANHA-DO-BRASIL (*BERTHOLLETIA
EXCELSA* H.B.K.) DURANTE O ARMAZENAMENTO EM
DIFERENTES EMBALAGENS

Autora: Simone Duarte Ramalho da Silva
Orientador: Daniel Emanuel Cabral de Oliveira
Coorientador: Osvaldo Resende

RIO VERDE - GO

MARÇO – 2021

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA – CAMPUS RIO VERDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E PERFIL DE ÁCIDOS
GRAXOS DA CASTANHA-DO-BRASIL (*BERTHOLLETIA
EXCELSA* H.B.K.) DURANTE O ARMAZENAMENTO EM
DIFERENTES EMBALAGENS

Autora: Simone Duarte Ramalho da Silva
Orientador: Daniel Emanuel Cabral de Oliveira
Coorientador: Osvaldo Resende

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, ao programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de Concentração em Tecnologia e Processamento de Alimentos.

RIO VERDE – GO

MARÇO – 2021

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

SSI586
c Silva, Simone Duarte Ramalho da
Caracterização química e perfil de ácidos graxos da
castanha-do-Brasil (Bertholletia excelsa H.B.K.)
durante o armazenamento em diferentes embalagens /
Simone Duarte Ramalho da Silva; orientador Daniel
Emanuel Cabral de Oliveira; co-orientador Osvaldo
Resende. -- Rio Verde, 2021.
106 p.

Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-graduação
em Tecnologia de Alimentos) -- Instituto Federal
Goiano, Campus Rio Verde, 2021.

1. Castanheira. 2. Valor nutricional. 3. Selênio.
4. Vida de prateleira. 5. Ácidos graxos. I. Emanuel
Cabral de Oliveira, Daniel, orient. II. Resende,
Osvaldo, co-orient. III. Título.



Repositório Institucional do IF Goiano - RIIF Goiano
Sistema Integrado de Bibliotecas

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR
PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL
DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional | - Tipo: |

Nome Completo do Autor: SIMONE DUARTE RAMALHO DA SILVA

Matrícula: 2019102330740123

Título do Trabalho: Caracterização química e perfil de ácidos graxos da castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) durante o armazenamento em diferentes embalagens

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 02/08/2021

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde – GO, 27 / 05 / 2021.

Simone Duarte Ramalho da Silva

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Daniel Emanuel C. de Oliveira

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DA CASTANHA-DO-BRASIL (*Bertholletia excelsa* H.B.K) DURANTE O ARMAZENAMENTO EM DIFERENTES CONDIÇÕES

Autora: Simone Duarte Ramalho da Silva
Orientador: Daniel Emanuel Cabral de Oliveira

TITULAÇÃO: Mestre em Tecnologia de Alimentos - Área de Concentração em Tecnologia e Processamento de Alimentos.

APROVADA em 29 de março de 2021.

Dr^º. Priscila Alonso dos Santos
Avaliadora interna
IF Goiano/Rio Verde

Dr. Osvaldo Resende
Avaliador interno
IF Goiano/Rio Verde

Dr^º. Diene Gonçalves Souza
Avaliadora externa
Doutora em Ciências Agrárias-
Agronomia

Dr. Daniel Emanuel Cabral de
Oliveira
Presidente da banca
IF Goiano/Iporá

Documento assinado eletronicamente por:

- Diene Goncalves Souza, 2020102341360039 - Discente, em 29/03/2021 11:50:10.
- Priscila Alonso dos Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 29/03/2021 11:42:38.
- Osvaldo Resende, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 29/03/2021 11:42:21.
- Daniel Emanuel Cabral de Oliveira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 29/03/2021 11:37:46.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 23/03/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 252024

Código de Autenticação: 02ffd8e882



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600

A Deus
Ao meu filho Jean Duarte Ramalho da Silva

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, ao criador de todas as coisas, por me sustentar, capacitar e me ensinar ao longo dessa jornada. As misericórdias do Senhor se renovam a cada dia, a Deus toda honra e toda glória.

Ao meu amado filho Jean pelas palavras de encorajamento “fique firme”, aos meus queridos pais Hélio e Roseli por me amar e apoiar, a minha irmã Fernanda pela prontidão em me ajudar.

Aos amigos que são mais valiosos do que ouro. Katyuscya, Janice, por estarem sempre ao meu lado nesta caminhada. A minha tutora Adrielle pela paciência, amizade e auxílio nos experimentos sem sua ajuda não teria conseguido nesta caminhada que foi um desafio, obrigada por tudo.

Daiane por compartilhar sua experiência de laboratório, Tainara pelos conselhos que me fizeram crescer, Alexandre por me incentivar, Maria Aparecida por ser companheira em todas as horas, Marcela pela sua alegria e ajudar a tornar essa caminhada mais leve.

A todos os colegas de turma pela amizade, Erica, Igor, Isaac, Itatiane, Larissa, Liliane, Raissa que esteve comigo e que me ajudou em vários momentos. Amizades valiosas que vou levar dentro do coração. Tatiane amiga querida você é iluminada por Deus, obrigada por me sustentar em oração.

Aos colegas do Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais (LPCPV), pela união e cooperação no desenvolvimento da pesquisa, em especial ao estudante de iniciação científica Sadraque que me ajudou na execução dos experimentos, ao Wellytton pelos ensinamentos e conselhos. Ao Weder Nunes Ferreira Júnior por sua disponibilidade em repassar seus conhecimentos e ajudar nos direcionamentos do trabalho e por seu carinho, a minha companheira Kênia que esteve ao meu lado em

cada fase da construção desta pesquisa, sofremos, aprendemos e crescemos juntas, valeu amiga.

Atenciosamente a pós-doutoranda Marilene, pelo acolhimento é aprendizado nas análises laboratoriais.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano e a todos professores que contribuíram para minha formação acadêmica. Ao professor Dr. Daniel Emanuel Cabral de Oliveira pela orientação e ensinamentos, bem como ao meu coorientador professor Dr. Osvaldo Resende pela paciência, confiança e ajuda na formação deste projeto.

A coordenação do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos em nome do professor Dr. Marco Antônio e todo corpo docente. A professora Dr^a Priscila Alonso pelas orientações nas análises e sempre uma palavra de encorajamento meu muito obrigado.

Aos responsáveis pelos Laboratórios de Bromatologia, Físico-química, Biocompostos e Bioprocessos, Central analítica, Análise de Solo e Tecido Foliar, laboratório de Química, Laboratório de Panificação e Laboratório de Produtos de Origem Animal (LPOA) pela estrutura e equipamentos disponibilizados.

Aos órgãos de fomento CAPES, FAPEG e CNPQ, pelo apoio a pesquisa.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Simone Duarte Ramalho da Silva, filha de Hélio da Conceição Duarte e Roseli Silva Duarte, nascida no dia 09 de abril de 1972, na cidade do Méier, Rio de Janeiro. Graduada em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Goiás - Campus Jataí - GO. Em março de 2019 iniciou no mestrado no Programa de Tecnologia em Alimentos, no Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde - GO, sob a orientação dos professores Dr. Daniel Emanuel Cabral de Oliveira e Dr. Osvaldo Resende.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIATURAS E UNIDADES	xvi
RESUMO	xix
ABSTRACT.....	xxi
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
1.1.1. <i>Bertholletia excelsa</i> (H. B. K.)	3
1.1.2. Composição proximal da Castanha-do-Brasil	5
1.1.3. Contaminação por Micotoxina	6
1.1.4. Efeitos do armazenamento na estabilidade e qualidade do óleo	9
1.1.5. Efeitos da embalagens sobre a vida de prateleira	9
1.2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11
OBJETIVO GERAL	22
CAPÍTULO I. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DA CASTANHA-DO-BRASIL (<i>BETHOLLETIA EXCELSA</i> H. B. K.) DURANTE O ARMAZENAMENTO DAS DIFERENTES EMBALAGENS	23
Resumo	23
Abstract	25
2.1. INTRODUÇÃO	27
2.2. MATERIAL E MÉTODOS	28
2.2.1. Aquisição, coleta e transporte das castanhas-do-Brasil	28

2.2.2. Preparo das castanhas para a secagem	28
2.2.3. Preparo das castanhas para o armazenamento	29
2.2.4. Armazenamento da castanha e amêndoas em diferentes embalagens	29
2.2.5. Composição proximal	30
2.2.5.1. Teor de água	30
2.2.5.2. Proteína Bruta	31
2.2.5.3. Cinzas	32
2.2.5.4. Lipídeos	32
2.2.5.5. Carboidratos	33
2.2.5.6. Valor energético	33
2.2.6. Análises Físico-químicas	33
2.2.6.2. Acidez titulável	34
2.2.6.3. Sólidos solúveis totais (SST)	34
2.2.6.4. Cor	34
2.2.6.5. Selênio	35
2.2.6.6. Minerais	35
2.2.7. Micotoxinas	35
2.2.8. Extração do óleo vegetal.....	36
2.2.9. Transesterificação do óleo vegetal	36
2.2.10. Análises Cromatográficas	36
2.2.10.1. Cromatografia Gasosa com detecção por ionização em chama (CG-DIC)...	37
2.2.10.2. Cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (CG-EM)	38
2.2.11. Análise estatísticas	38
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
2.3.1. Caracterização dos ácidos graxos por CG-EM	67
2.3.2. Monitoramento dos ácidos graxos por CG-DIC	69
2.4. CONCLUSÃO.....	73
2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Limites máximos admissíveis de concentração aflatoxinas no Brasil.....	8
Tabela 2. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio para teor de água, cinzas, proteína, lipídeos, carboidratos (Carb.), valor energético (V. En.), pH, acidez, sólidos solúveis totais (SST), luminosidade (Lumin.), croma e ângulo Hue (°Hue) das castanhas armazenadas em duas condições (Co) em diferentes embalagens (Em) ao longo da época de armazenamento (Ep).....	40
Tabela 3. Teor de água de castanha e amêndoa (% b.u.) armazenadas em diferentes embalagens durante 10 meses	41
Tabela 4. Teor de cinzas ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) de castanha e amêndoa armazenadas em diferentes embalagens durante 10 meses	43
Tabela 5. Teor de proteína ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) de castanhas-do-Brasil armazenadas com e sem endocarpo em diferentes embalagens durante 10 meses.	45
Tabela 6. Teor de lipídeos ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$) de amêndoas armazenadas em diferentes embalagens durante 10 meses.....	47
Tabela 7. Resultados médios do teor de carboidratos de castanha e amêndoa armazenadas em diferentes embalagens durante 10 meses.....	50
Tabela 8. Resultados médios do valor energético de castanhas-do-Brasil armazenadas com e sem casca em diferentes embalagens durante 10 meses	52
Tabela 9. Valores do pH de castanha e amêndoa armazenadas durante 10 meses.	53
Tabela 10. Acidez titulável (meq. NaOH 100 g^{-1}) de castanha e amêndoa armazenadas em diferentes embalagens durante 10 meses.....	55
Tabela 11. Teor de sólidos solúveis totais (°Brix) de castanha e amêndoas armazenadas em diferentes embalagens	57
Tabela 12. Concentrações analíticas de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) em	

castanha-do-Brasil na época zero (controle: início) e na época 10 (final do armazenamento), em diferentes embalagens	58
Tabela 13. Concentrações analíticas de micronutrientes ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), zinco (Zn), boro (B) e selênio (Se) em castanha-do-Brasil, na época zero (controle: início) e na época 10 (final do armazenamento), em diferentes embalagens.	59
Tabela 14. Valor médio e desvio padrão referente ao teor de selênio da castanha-do-Brasil com e sem endocarpo lenhoso armazenadas em diferentes embalagens.....	60
Tabela 15. Valores de luminosidade da castanha e amêndoas armazenadas em diferentes embaladas durante 10 mesesde armazenamentos.....	61
Tabela 16. Chroma das castanhas e amêndoas armazenadas em diferentes embalagens durante 10 meses.....	63
Tabela 17. Valores do °hue de castanha e amêndoa armazenadas em diferentes emabalagens durante 10 meses.....	65
Tabela 18. Identificação de aflatoxinas B1, B2, G1 e G2 em castanha-do-Brasil armazenadas com e sem endocarpo lenhoso na época 0 (início do armazenamento) e época 10 (final do armazenamento) em diferentes embalagens.....	66
Tabela 19. Compostos caracterizados por CG-EM nas amostras da castanha-do-Brasil.	68
Tabela 20. Porcentagem de ácidos graxos nas castanha armazenadas na época 2 (dois meses) em diferentes embalagens.	71
Tabela 21. Porcentagem de ácidos graxos nas castanhas armazenadas na época 10 (dez meses) em diferentes embalagens.....	71
Tabela 22. Porcentagem de ácidos graxos das amêndoas armazenadas na época 2 (dois meses) durante o armazenamento em diferentes embalagens.	71
Tabela 23. Porcentagem de ácidos graxos das amêndoas armazenadas na época 10 (dez meses) durante o armazenamento em diferentes embalagens.	72

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. (<i>Bertholletia excelsa</i> H.B.K.)	4
Figura 2. Descascador manual adaptados para beneficiamento das castanhas e extração das amêndoas.	29
Figura 3. Armazenamento das amêndoas e castanhas nas embalagens de vidro (A), papel unifoliado (B), pote de polipropileno PP (C) e polietileno de baixa densidade PEBD (D).....	30
Figura 4. Ilustração do equipamento CG-EM-DIC (Perkin Elmer).....	37
Figura 5. Média da temperatura (°C) e da umidade relativa (%) do ambiente de armazenamento das amêndoas e castanhas-do-Brasil.....	39
Figura 6. Cromatograma de íons totais obtidos por CG-EM para a análise de ácidos graxos da castanha-do-Brasil.....	68
Figura 7. Porcentagens de ácidos graxos detectados na castanha por CG-DIC nos diferentes tempos de armazenamento e embalagem. (1) Palmitoleico, (2) Palmítico, (3) Linoleico, (4) Oleico, (5) Ácido Cis-13-Octadecenoico, (6) Esteárico e (7) Ácido 18-metilnonadecanoico. (CCV) Vidro, (CCPP) Polipropileno, (CCP) Papel e (CCSP) Polietileno.....	70
Figura 8. Porcentagens de ácidos graxos detectados na Amêndoa por CG-DIC nos diferentes tempos de armazenamento e embalagem. (1) Palmitoleico, (2) Palmítico, (3) Linoleico, (4) Oleico, (5) Ácido Cis-13-Octadecenoico, (6) Esteárico e (7) Ácido 18-metilnonadecanoico. (SCV) Vidro, (SCPP) Polipropileno, (SCP) Papel e (SCSP) Polietileno.....	70

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

%.....	Porcentagem
α	Alfa
μ	Micro
a*.....	Cromaticidade do verde ao vermelho
AM.....	Amazonas
ANVISA.....	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
A_w	Atividade de água, decimal
b*.....	Cromaticidade do azul ao amarelo
b.u.....	Base úmida, % ou decimal
B.....	Boro
B.O.D.....	Biochemical oxygen demand
cm.....	Centímetros
C*.....	Chroma, saturação da cor
Ca.....	Cálcio
CAC.....	Codex Alimentarius Commission
CG-DIC.....	Cromatografia Gasosa com detecção por ionização em chama
CG-EM.....	Cromatografia gasosa com detecção por ionização em chama
CH ₃ OH.....	Metanol
CHOt.....	Carboidratos totais, g 100 g ⁻¹
Carb.....	Carboidratos
Co.....	Condições
CO ₂	Dióxido de carbono
Cu.....	Cobre
CV.....	Coefficiente de variação
et al.....	E outros, e colaboradores
Em.....	Embalagens
Ep.....	Época
EPS.....	Poliestireno Expandido
f.....	Fator de conversão
F.....	Fator de conversão da normalidade do ácido
Fe.....	Ferro
g.....	Gramas
GR.....	Grau de liberdade
GO.....	Goiás
H°.....	Hue, tonalidade ou matriz cromática (°)
HCl.....	Ácido clorídrico
H ₃ BO ₃	Ácido bórico
H ₂ SO ₄	Ácidos sulfúrico

IAL.....	Instituto Adolfo Lutz
IR.....	Isquemia-reperfusão
kcal.....	Quilocaloria
kg.....	Quilogramas
km.....	Quilômetro
K.....	Potássio
KOH.....	Hidróxido de potássio
L*.....	Luminosidade do preto ao branco
L.....	Litros
m.....	Metro
mg.....	Miligramas
min.....	Minuto
mL.....	Mililitro
Ma.....	Massa de água, g
M.....	Molaridade da solução
Mg.....	Magnésio
Mms.....	Massa da matéria seca, g
Mn.....	Manganês
N.....	Normalidade
NaCl.....	Cloreto de sódio
NaOH.....	Hidróxido de sódio
Na ₂ SO ₄	Sulfato de sódio
^{ns}	Não significativo
°Brix.....	Grau Brix (escala numérica de índice de refração)
°C.....	Graus Celsius
P.....	Fósforo
pH.....	Potencial Hidrogeniônico
PB.....	Proteína bruta, g 100 g ⁻¹
PE.....	Polietileno
PEBD.....	Polietileno de baixa densidade
PET.....	Polietileno tereftalato
PP.....	Polipropileno
PVC.....	Cloreto de polivinila
RDC.....	Resolução de diretoria colegiada
S.....	Enxofre
Se.....	Selênio
SST.....	Sólidos solúveis totais
X.....	Teor de água, g 100 g ⁻¹

Z..... Zinco

RESUMO

DA SILVA, S. D. R. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, março de 2021. **Caracterização química e perfil de ácidos graxos da castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) durante o armazenamento em diferentes embalagens.** Orientador: Dr. Daniel Emanuel Cabral de Oliveira. Coorientador: Dr. Osvaldo Resende.

A castanheira (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) é uma espécie típica da floresta Amazônica, pertencente à família Lecythidaceae é uma commodity selvagem que se destaca pelo elevado valor econômico. A castanha-do-Brasil é reconhecida pelo alto valor nutricional decorrente das concentrações de lipídeos, proteínas e vitaminas, além de uma expressiva quantidade de selênio. Portanto, objetivou-se com este trabalho a caracterização química e do perfil de ácidos graxos da castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) durante o armazenamento em diferentes embalagens em temperatura ambiente. Os frutos foram coletados no município de Tefé no Amazonas e o experimento foi realizado no Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Goiás. Com teor de água inicial de 25,12 g 100 g⁻¹ a castanha-do-Brasil foi submetida ao processo de secagem em estufa com ventilação de ar forçada na temperatura de 50°C até o teor de água 1,91 ± 0,31 g 100 g⁻¹, após a secagem a castanha com endocarpo lenhoso e a amêndoa que foi obtida após a extração do endocarpo lenhoso foram separadas em dois lotes e acondicionadas em embalagens de vidro, papel, polietileno (PEBD) e polipropileno (PP), e armazenadas em ambiente de laboratório com temperatura 27,54 ± 1,76°C e umidade relativa de 58,22 ± 8,6%. No experimento foi utilizado o delineamento inteiramente

ao acaso, em esquema fatorial 2 x 4 x 6, em duas condições (castanha e amêndoa), quatro embalagens (vidro, papel, PEBD e PP) em seis épocas de armazenamento (0, 2, 4, 6, 8 e 10 meses), em três repetições. As avaliações da qualidade foram realizadas bimensalmente quanto a composição proximal, físico-química e perfil de ácidos graxos das castanhas e amêndoas armazenadas em diferentes embalagens. Resultados do experimento demonstraram que a época de armazenamento influencia na qualidade nutricional e físico-química de castanhas e amêndoas. A embalagem de polipropileno se apresentou eficaz mantendo castanhas e amêndoas estáveis ao longo do armazenamento para teor de água, proteína, cinzas e ângulo ($^{\circ}$ hue). O teor de lipídeos, valor energético, carboidratos, pH e acidez titulável apresentaram diferença para ambas as condições castanhas e amêndoas nas diferentes embalagens ao longo do armazenamento. Castanha e amêndoas diferiram no conteúdo de sólidos solúveis na embalagem de vidro, em que a castanhas apresentou maior valor. Os micronutrientes diferiram entre si nas épocas zero e dez para as diferentes embalagens e condições. Os teores de fósforo e potássio foram maiores nas embalagens de PEBD e PP. O conteúdo de selênio apresentou diferença entre as embalagens para castanhas e amêndoas na época dez, castanhas armazenadas na embalagem de vidro não apresentaram diferença para o conteúdo de Se entre as épocas zero e dez, em relação as amêndoas todas as embalagens apresentaram diferença. Os parâmetros de luminosidade (L), não foram influenciados pelas condições de armazenamento das castanhas e amêndoas, para chroma e ângulo hue ocorreram alterações na cor ao longo das épocas de armazenamento nas diferentes condições e embalagens. Os valores identificados para aflatoxinas nas épocas zero e dez para as condições de castanhas e amêndoas se mantiveram dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente. Os ácidos graxos identificados na época zero na castanha-do-Brasil submetida a diferentes condições de armazenamento foram Palmítico (14,8%), Linoléico (27,7%), Oleico (41,53%) e Esteárico (14,3%), durante o monitoramento das épocas dois e dez por cromatografia gasosa (CG-DIC). As castanhas e amêndoas armazenadas em diferentes embalagens não apresentaram variação nas concentrações de ácidos graxos, podendo ser armazenadas por um período de dez meses.

Palavras-chave: Castanheira; Valor nutricional; Selênio; Vida de prateleira; Ácidos graxos.

ABSTRACT

DA SILVA, S. D. R. Federal Institute of Education, Science and Technology Goiano, March 2021. **Chemical Characterization and fatty acid profile of Brazil nuts (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) during storage in different packages.** Advisor: Dr. Daniel Emanuel Cabral de Oliveira. Co-supervisor: Dr. Osvaldo Resende.

The chestnut tree (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) is a typical species of the Amazon rainforest, belonging to the *Lecythidaceae* family and is a wild commodity that stands out by its high economic value. Brazil nuts are recognized for their high nutritional value due to its concentration of lipids, proteins and vitamins, in addition to a significant amount of selenium. Therefore, the objective of this work was to characterize the chemical and fatty acid profile of Brazil nuts (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) during storage in different packages submitted to room temperature. The fruits were collected in the municipality of Tefé in Amazonas and the experiment was carried out in the Post-Harvest Laboratory of Vegetable Products at the Federal Goiano Institute - Rio Verde Campus, Goiás. With an initial water content of $25.12 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ a Brazil nut was submitted to the drying process in an oven with forced air ventilation at a temperature of $50 \text{ }^{\circ} \text{C}$ until the moisture content $1.91 \pm 0.31 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$, after drying, the nut with a woody endocarp and the almond that was obtained after extraction of the woody endocarp were separated into two batches and packed in glass, paper, polyethylene (LDPE) and polypropylene (PP) packages, and stored in a laboratory environment with a temperature of $27.54 \pm 1.76 \text{ }^{\circ} \text{C}$ and relative humidity of $58.22 \pm 8.6\%$. In the experiment was used an entirely randomized design, in a $2 \times 4 \times 6$ factorial scheme, in two conditions (brown and almond), four packages (glass, paper, LDPE and PP) in

six storage periods (0, 2, 4, 6, 8 and 10 months), with three repetitions. Quality assessments were carried out every two months evaluating the proximal composition, physicochemical and fatty acid profile of chestnuts and almonds stored in different packages. Results of the experiment demonstrated that the storage period influences the nutritional and physicochemical quality of chestnuts and almonds. The polypropylene packaging was effective in keeping chestnuts and almonds stable throughout storage for moisture content, protein, ash and angle ($^{\circ}$ Hue). The content of lipids, energy value, carbohydrates, pH and titratable acidity showed a difference for both brown and almond conditions in the different packages during storage. Chestnuts and almonds differed in the content of soluble solids in the glass packaging, in which the chestnuts had the highest value. The micronutrients differed from each other at times zero and ten for different packaging and conditions. Phosphorus and potassium contents were higher in LDPE and PP packaging. The selenium content showed a difference between packaging for chestnuts and almonds in time ten, chestnuts stored in the glass package did not show any difference for Se content between times zero and ten, in relation to almonds all packages showed difference. The luminosity parameters (L) were not influenced by the storage conditions of chestnuts and almonds, for chroma and hue angle changes in color occurred during the storage periods in different conditions and packages. The values identified for aflatoxins at times zero and ten for brown and almond conditions remained within the limits established by current legislation. The fatty acids identified at time zero in Brazil nuts submitted to different storage conditions were Palmitic (14.8%), Linoleic (27.7%), Oleic (41.53%) and Stearic (14.3%), during the monitoring of times two and ten by gas chromatography (CG-DIC), chestnuts and almonds stored in different packages did not show variation in the fatty acids concentrations, and can be stored for a period of ten months.

Keywords: Chestnut tree; Nutritional value; Selenium; Shelf Life; Fatty acids.

1. INTRODUÇÃO

A espécie *Bertholletia excelsa* conhecida comumente como, castanha-do-Pará, castanha-da-Amazônia e castanha-do-Brasil, encontra-se nos estados do Acre, Roraima, Pará, Rondônia e algumas áreas do Maranhão, Mato Grosso e Tocantins. E em países como Peru e Bolívia que fazem fronteira com o Brasil (OLIVEIRA et al., 2010).

Conhecida internacionalmente como *Brazil nuts* a castanha-do-Brasil exporta a cerca de 90% da sua produção nacional (CARDARELLI & OLIVEIRA, 2000). O beneficiamento da castanha permite agregar valor comercial, os principais produtos obtidos são a castanha com casca seca (dry) e a castanha sem casca (desidratada e polida) vendida para o varejo urbano regional e nacional, incluindo a exportação (KRAG&SANTANA, 2017).

A cadeia produtiva da castanha-do-Brasil abrange todas as etapas básicas até a comercialização, favorecendo o comércio e o sustento de milhares de famílias na região amazônica. A castanha é um alimento popular, sendo comercializado em todo território nacional em maior parte com endocarpo lenhoso, ou seja, como castanha, desidratada, semidesidratadas ou granel (BITENCOURT, 2020).

Preservar as características físico-químicas, e nutricional da castanha-do-Brasil devem ser priorizadas a partir do início da colheita no intuito de controlar a contaminação por microrganismos e fungos produtores de toxina devido a permanência e exposição a altas concentrações do teor de água e elevadas umidades relativas. Em que baixas concentrações de teor de água também favorecem a deterioração por oxidação lipídica.

Caracterizando como um alimento de alto nível energético a amêndoa da castanha-do-Brasil possui na sua composição lipídeos, proteína, carboidratos, fibras,

vitaminas e minerais como: cálcio, sódio, ferro, potássio, magnésio e selênio (PACHECO & SCUSSEL, 2007; FREITAS et al., 2007; MARTINS & MARTINS, 2011).

Das vitaminas presentes na castanha a vitamina E revela maior quantidade, podendo estar associada ao teor de α – tocoferol e substâncias que quando relacionadas aos compostos fenólicos agem na prevenção de enfermidades coronárias e cancerígenas (CARVALHO et al., 2012; NOGUEIRA et al., 2014). A suplementação de selênio na dieta pode reduzir o risco de câncer, comprovada por estudos que vêm sendo desenvolvidos para identificar a atividade anticancerígena nos compostos de selênio (JYASINGHE & CARUSO, 2011).

As espécies de plantas nativas da Amazônia possuem altas quantidades de compostos lipídicos (SERRA et al., 2019). As propriedades encontradas em óleo vegetal oriundas de sementes oleaginosas despertam o interesse das áreas de biotecnologia e a indústria de alimentos. Óleos extraídos das nozes são boa fonte de gordura insaturada que favorece a comercialização (COSTA & JORGE, 2012).

Novas sementes de oleaginosas são aprovadas para o consumo de alimentos funcionais, por seu alto valor nutricional (ZHANG et al., 2020). A quantidade de ácidos graxos monoinsaturados (MUFA), principalmente ácido oleico propicia ao óleo extraído significativa resistência a degradação, além alto valor nutricional (PRATES-VALÉRIO et al., 2019).

Alguns fatores devem ser analisados para melhor conservação de frutos secos tais como: temperatura na qual é armazenado, o tipo de embalagem, o tempo e umidade relativa, quando controlados e monitorados proporcionam aumento do tempo de prateleira e a maior aceitabilidade do consumido (GRAEFF et al., 2020).

A embalagem tem como principal função proteger o alimento de possíveis danos causados pelo ambiente externo, facilitando o manuseio do produto, agregando valor e estimulando o consumo (GONÇALVES et al., 2008; MANTILLA et al., 2010).

Utilizada para o acondicionamento e apresentação dos alimentos a embalagem também minimiza as reações que levam a deterioração. A embalagem promove barreiras contra a umidade, oxigênio, luz e a interação do alimento com o material garantindo sua qualidade e a vida útil (ORO, 2007).

O armazenamento em baixas temperaturas auxiliam no controle da proliferação microbiana e das reações enzimáticas podendo retardar a deterioração e prolongar a

vida útil, além de inibir contaminação por insetos e patógenos (QUIRINO et al., 2013; ROCHA & ALMEIDA, 2014).

Na cadeia produtiva da castanha-do-Brasil, o armazenamento, o tempo e o tipo de embalagem podem influenciar na qualidade do produto. Diante deste contexto, o estudo avalia a influência do ambiente no comportamento higroscópico da castanha e da amêndoa ao longo do armazenamento em diferentes embalagens e as possíveis alterações sofridas, por meio da composição química e físico-química.

1.1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1.1. *Bertholletia excelsa* (H. B. K.)

A *Bertholletia excelsa* H. B. K. é uma árvore sul-americana conhecida mundialmente por produzir as castanhas-do-Brasil. Presente no ecossistema da região amazônica é encontrada em monoculturas, fornecendo matérias-primas para indústria de alimentos e madeireiras (SILVA et al., 2018).

Pertencente à família *Lecythidaceae*, a *Bertholletia excelsa* H. B. K. (Figura 1) é uma das exuberantes árvores presentes no bioma da floresta amazônica. Em termos botânicos as folhas possuem lâminas foliares oblongas medindo de 17 a 36 cm de comprimento e 6 a 15 cm de largura. As flores são de cor branca e aroma agradável, o período de floração ocorre durante a estação seca, de acordo com a área em que está distribuída (CARVALHO, 2014).



FIGURA 1. *Bertholletia excelsa* H. B. K. Fonte: Silva (2020).

De acordo com Tonini (2011), a castanheira-do-Brasil, pertencente a região Amazônica, inicia a sua fase de reprodução por volta dos meses de outubro a dezembro, atingido sua plena atividade entre janeiro e fevereiro (sendo apenas um ciclo por ano), considera-se um período de 10 meses para a frutificação, em que, frutos novos mostram um longo tempo de maturação que se estende até o ano seguinte.

O fruto inicia sua produção, a partir do oitavo ano após o estabelecimento da espécie no campo, produzindo aproximadamente a cerca de 30 ouriços por árvore (COSTA et al., 2009). O fruto da castanheira é caracterizado por cápsulas globosas de epicarpo lenhoso, que é extremamente resistente, conhecido popularmente por ouriço (MASSI et al., 2014). O fruto da castanheira-do-Brasil necessita de 14 meses para amadurecer sendo revestido por casca dura e amadeirada podendo pesar até dois quilos, e contém no interior do fruto de 8 a 24 castanhas (CARDOSO et al., 2017).

Bitencourt et al. (2020), descrevem sobre a caracterização da morfologia, em que varia de 15 a 24 castanha por ouriço e amêndoa de 12 a 22 unidades por fruto. A parte comestível é, a amêndoa, que possui reservas proteicas de amilo-oleoginosas agregando valor comercial e nutritivo (MELO, 2000).

1.1.2. Composição proximal da Castanha-do-Brasil

As amêndoas de castanha-do-Brasil apresentam alto valor nutricional, despertando o interesse das indústrias de alimentos e cosméticos. Estudos contribuem para aprimorar o processo de pós-colheita da castanha, preservando suas propriedades físicas, por meio do desenvolvimento de equipamentos destinados a aeração, secagem, armazenamento e transporte do produto (NOGUEIRA et al., 2014).

Os benefícios nutricionais da castanha-do-Brasil atraíram a atenção da indústria de alimentos, que utiliza a amêndoa como ingrediente em vários produtos alimentícios, por exemplo, cereais matinais, pães e bolos (CARDOSO et al., 2017).

Apreciada pelo seu sabor a castanha-do-Brasil apresenta qualidades nutricionais importantes, e estudos relatam a cerca de 60 a 70% de lipídeos, quantidade expressivas de ácidos graxos poli-insaturados e 15 a 20% de proteína. Vitaminas e minerais lhe conferem propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e anticarcinogênicas atribuídos a compostos como: fitoquímicos, folatos, tocoferóis e selênio (CARDARELLI & OLIVEIRA, 2000; BOLLING et al., 2011).

Os minerais são nutrientes importantes para o organismo humano, a castanha-do-Brasil contém fósforo, cálcio, magnésio, potássio, zinco, manganês, cobre e selênio, sendo este último, um importante antioxidante relacionado a diminuição do risco de câncer (GONÇALVES et al., 2002).

Jyasinghe & Caruso (2011), afirmam que a suplementação de selênio na dieta pode reduzir o risco de várias formas de câncer. O selênio (Se) é um importante mineral encontrado na castanha-do-Brasil, em que os níveis médios variam (28 a 49 mg kg⁻¹), dependendo da semente. O consumo deve ser moderado, uma amêndoa de 5 g pertencente a uma área de alto Se, em que atende a dose recomendada 30 µg (LIMA et al., 2019). A concentração de selênio na semente está relacionada às características químicas do solo, que influencia adsorção de selênio em solos tropicais, bem como a variabilidade genética e ambiental que varia entre as regiões (SILVA JUNIOR et al., 2017).

A castanha-do-Brasil contém substâncias quantitativas de compostos fenólicos e atividades antioxidantes que podem controlar o estresse oxidativo do corpo proporcionando benefícios para a saúde (JOHN & SHAHIDI, 2010). Estudos na área da saúde comprovam que devido a propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, presentes na castanha-do-Brasil, lesões renais causadas por isquemia-reperusão (IR),

estão diminuindo, melhorando a função renal e o estresse oxidativo (ANSELMO et al., 2018).

Os antioxidantes são substâncias naturais com efeito protetor nos ácidos graxos e estão cada vez mais sendo utilizados, uma vez que os compostos sintéticos podem ter impacto negativo na saúde humana (KOWALSKI et al., 2019). A capacidade antioxidante de variados vegetais incluindo as amêndoas estão relacionados com os compostos fenólicos, estando presentes fontes de betacaroteno, vitamina C e vitamina E (SILVA et al., 2016).

Souza e Menezes (2004), afirmam que os aminoácidos essenciais são componentes considerados importantes, trazendo benefícios a saúde humana. São encontrados na castanha-do-Brasil os seguintes constituintes químicos, sendo o teor de aminoácido sulfurados 9,45 g aa /100 g proteína (metionina e cisteína).

O óleo da castanha, apresenta rendimento médio de 67,2% comprovando o alto teor de gordura e calorias da amêndoa, que é de grande importância funcional, não apenas pelo consumo *in natura*, mas também como fonte de ácidos graxos essenciais. A formação de ácidos graxos predominantes no óleo da castanha-do-Brasil é representada pelos ácidos graxos insaturados 85%, sendo que deste percentual, 51% são representados por ácidos graxos monoinsaturados oleico, e 34% composto por ácido graxo poli-insaturado linoleico (SANTOS et al., 2013; FERREIRA et al., 2006).

Para a castanha que é um alimento rico em lipídeos o método de secagem adequado permite que as características desse produto sejam preservadas por longos períodos, mesmo armazenados em condições ambientes (ALVES & NICOLETI, 2016). Durante o período de armazenamento os produtos oleaginosos, como as amêndoas e castanhas, apresentam oxidação lipídica, sendo necessário fazer o controle do teor de água no interior da semente (GOLDFARB et al., 2017). Altos teores de água acima do limite de conservação segura são ideais para o desenvolvimento e o crescimento de microrganismos, e proporciona a deterioração parcial ou total do alimento (FENNEMA et al., 2019).

1.1.3. Contaminação por Micotoxinas

A Codex Alimentarius Commission (CAC) publicou o código de Práticas de Prevenção e Redução de contaminação por aflatoxinas em amêndoas de castanha-do-Brasil, em que regulamenta o manuseio, determina a secagem dos frutos a um nível de teor de água seguro (com atividade de água, A_w - inferior a 0,7) até dez dias após a

coleta, secas pelos extrativistas das comunidades locais e transportadas para local de processamento (CAC, 2010).

A extração da castanha-do-Brasil é uma das atividades mais importantes das comunidades extrativistas da floresta amazônica. Sua comercialização pode ser afetada pela presença de fungos produtores de aflatoxinas, em que a contaminação pode ocorrer em diferentes fases, sendo durante a colheita, armazenamento ou processamento (MASSI et al., 2014). Por ser um fruto tropical, está sujeito facilmente a contaminação por aflatoxinas, pela suscetibilidade natural do hospedeiro (FREITAS-SILVA & VENÂNCIO, 2011). Fatores ambientais podem favorecer a contaminação de uma variedade de espécies de oleaginosas por meio do desenvolvimento de fungos produtores de toxinas, comumente conhecidos por micotoxinas. As micotoxinas além de causarem prejuízo e perdas econômicas a indústria, são capazes de causar efeitos tóxicos em humanos e animais (KLUCZKOVSKI, 2019).

Os fungos que produzem e liberam micotoxinas se desenvolvem em variedade de produtos agrícolas, pois encontram nesses alimentos condições favoráveis, como teor de água, temperatura e aeração (ÁLVARES et al., 2011). As micotoxinas são metabólicos secundários tóxicos produzidos por fungos filamentosos (ALSHANNQ & YU, 2017). As principais micotoxinas que causam prejuízo e oferecem risco a saúde humana são aflatoxina M1, B1, B2, G1 e G2, ocratoxina A, fumonisina B1 e B2, zearalenona, patulina e desoxinivalenol produzidas pelos fungos dos gêneros *Aspergillus sp.*, *Fusarium sp.*, *Paecilomyces sp.* e *Byssochlamys sp.* (SANTOS et al., 2014; GONÇALVES et al., 2017).

A contaminação substancial da castanha pelo fungo *Aspergillus Flavus* potencializa as chances de produção de aflatoxinas nesses substratos, indicando a necessidade de boas práticas de manejo a fim de prevenir e assegurar a qualidade deste produto, inibindo a contaminação que representa risco à saúde de humanos (BAQUIÃO et al., 2013; TANIWAKI et al., 2017)

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio da Instrução Normativa 11 de 22 de março de 2010 estabelece critérios e procedimentos higiênico-sanitário da castanha-do-Brasil e seus subprodutos, a fim de garantir a segurança alimentar destinado ao consumo humano, ao mercado interno, na importação e na exportação e ao longo de toda cadeia produtiva (BRASIL, 2010).

As condições climáticas da região Amazônia viabilizam o desenvolvimento de fungos durante a floração e a frutificação. Devido a essas condições, é necessário

controlar a produção de aflatoxinas nas castanhas (menos de $4 \mu\text{g kg}^{-1}$), é recomendado o armazenamento do produto a 30°C por até 60 dias de armazenamento com teor de água 4,57% (b.u.) para castanhas-do-Brasil e 4,50% (b.u.) para amêndoas, nestas condições a atividade de água do produto não ultrapassa a atividade de água de 0,7 (ARRUS et al., 2005).

Devido a fatores extrínsecos o uso de boas práticas de manejo tais como: a retirada imediata do fruto da floresta, secagem, armazenamento e beneficiamento são fundamentais para garantir que o produto esteja seguro microbiologicamente, sem perder suas características nutricionais, atendendo aos padrões internacionais para comercialização (SANTOS et al., 2018; HAUTH et al., 2017).

Os limites máximos recomendados para concentração aflatoxinas no Brasil estão apresentados na Tabela 1, e são referentes ao Regulamento Técnico aprovado sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos. Os limites máximos tolerados se referem aos resultados obtidos por metodologias que atendam aos critérios de desempenho estabelecidos pelo Codex Alimentarius.

Tabela 1. Limites máximos admissíveis de concentração aflatoxinas no Brasil.

Alimento	Micotoxina	Limite
Castanha-do-Brasil para consumo direto (comercializada com casca)	Aflatoxinas B1, B2, G1, G2	$20,0 \mu\text{g kg}^{-1}$ (20 ppb)
Amêndoa da Castanha-do-Brasil para consumo direto (comercializada sem casca)	Aflatoxinas B1, B2, G1, G2	$10,0 \mu\text{g kg}^{-1}$ (10 ppb)

Fonte: RDC N° 07 de 18 de setembro de 2011

A Resolução RDC n° 07 da ANVISA de 18 de fevereiro de 2011, dispõe sobre limites máximos tolerados (LMT) de micotoxinas em alimentos sendo o valor de $20 \mu\text{g kg}^{-1}$ para AFB1, AFB2, AFG1 e AFG2 nas castanhas e para as amêndoas $10 \mu\text{g kg}^{-1}$, comercializadas para consumo direto. Na obtenção de níveis mais baixos de micotoxinas, faz-se necessário aplicar práticas eficazes na manipulação, processamento, embalagem e armazenamento do produto, a fim de evitar a contaminação do alimento (BRASIL, 2011).

1.1.4. Efeitos do armazenamento na estabilidade e qualidade do óleo

A temperatura é um dos fatores que interferem na qualidade do armazenamento. Baquião et al. (2013) destacam que a principal causa do elevado número de contaminação da castanha, seja no campo ou na indústria, ocorre pelo armazenamento inadequado. Tavakolipour (2015) destaca que o aumento da temperatura de 25 para 40°C, promove a evaporação mais rapidamente da água do produto. Além disso, os resultados comprovaram que temperaturas mais elevadas e tempo de armazenamento prolongados aceleram as reações de deterioração em pistache, especialmente em lipídeos.

Segundo Arruda et al. (2011), as condições de armazenamento, as embalagens, as características da espécie e o teor de água inicial influencia diretamente na conservação das sementes. Temperaturas baixas preservam melhor as propriedades das amêndoas, uma vez que, tratamentos em altas temperaturas influencia nas características das amêndoas, como teor de água, dureza e friabilidade (GUINÉ et al., 2015).

Reis et al. (2019), identificaram que as amêndoas de baru *in natura* armazenadas em B.O.D. a $10 \pm 2^\circ\text{C}$ por 42 dias não apresentaram evidências de deterioração. Dentre as cinco embalagens estudadas, as que apresentaram parâmetros mais favoráveis foram a de polipropileno (PP) e cloreto de polivinila e poliestireno expandido (PVC + EPS), não foi constatada variação significativa para firmeza e os valores foram superiores as demais em relação ao pH no final do armazenamento.

Casagrande et al. (2019), destacam que castanhas-do-Brasil são suscetíveis a oxidação lipídica, e que dependendo das condições que forem armazenadas o processo de rancidez pode acelerar, comprometendo a qualidade nutricional é benefícios a saúde.

1.1.5. Efeitos das embalagens sobre a vida de prateleira

Preservar as características originais dos alimentos é um dos grandes desafios da indústria de alimentos, entretanto as condições do ambiente de armazenamento e o material utilizado para embalagem, são fatores primordiais a serem avaliados e controlados, garantindo a manutenção da qualidade dos produtos ao longo da sua vida útil (MATTA et al., 2004).

Para garantir a estabilidade do alimento durante sua vida de prateleira, a embalagem adotada deve corresponder as suscetibilidades específicas do alimento,

evitando que ocorra o mínimo de alterações em suas propriedades sensoriais e nutricionais (EMBRAPA, 2012). Um dos desafios da indústria é oferecer ao mercado, embalagens mais resistentes a rasgos e impactos, oferecendo barreira ao oxigênio, garantindo maior vida de prateleira, além de um visual atrativo que chame atenção do consumidor que está a cada dia mais exigente (SOUSA et al., 2013).

Segundo a Resolução RDC n° 259, da ANVISA de 20 de setembro de 2002, a embalagem é definida como recipiente, pacote, destinada a garantir a conservação e facilitar o transporte e manuseio dos alimentos (BRASIL, 2002). Para Lautenschlager (2001) a definição de embalagem varia conforme a perspectiva em que é observada, sendo para o consumidor um meio de satisfazer o desejo de consumo e para engenharia industrial um meio de proteção do produto no transporte e armazenamento.

Na indústria alimentícia há diversidade de materiais aplicados na fabricação de embalagem para alimentos, como plásticos, metais, vidro e celulose, cada uma com características peculiares para conservação do produto, com propriedades a barreiras de gases, aroma, luz, água, microrganismo e resistência mecânica (LANDIM et al., 2016).

As embalagens de plásticos substituem materiais como aço, vidro e madeira, apresentando como vantagem baixo custo, baixo peso, elevada resistência mecânica e química, flexibilidade e reciclabilidade (HENNINGSSON et al., 2004; SCHWARK, 2009). Entretanto, apresenta desvantagens em relação a permeabilidade à luz, gases, vapores e moléculas de baixo peso molecular (MARSH & BUGUSU, 2007).

A embalagem de vidro possibilita maior segurança no alimento embalado, suas características são a impermeabilidade a gases, vapor, praticidade, versatilidade, transparência e variações de cor que possibilita proteção a luz, porém são pesados e frágeis atribuindo maior custo final no produto (EVANGELISTA, 2008; GAVA, 2009).

Segundo Landim et al. (2016) as embalagens formadas por celulose são susceptíveis a danos ocasionados pela água e umidade, por sua natureza hidrofílica, classificando como embalagem permeável. A partir da celulose são produzidas embalagens de papel e papelão, em diversos tipos e formas para a proteção dos alimentos a danos mecânicos durante o transporte e armazenamento, e pelo tipo de matéria-prima são biodegradáveis (FELLOWS, 2006).

A embalagem é um dos pontos cruciais que interferem na qualidade das amêndoas, quando inibe o efeito da luz sobre o produto utilizando atmosfera

modificada, proporciona aumento do tempo de prateleira e maior aceitabilidade do consumidor (GRAEFF et al., 2020).

Para Kita et al. (2020) ao avaliarem panelas de chocolates de cereja, figos, nozes e amêndoas armazenadas nas embalagens de polipropileno (PP), a vácuo (V) e atmosfera modificada (MA) durante 18 meses, observaram diminuição no conteúdo compostos polifenólicos totais, por sua vez maior parte desses compostos foi preservado na embalagem a vácuo.

A embalagem quando inadequada colabora para diminuir a estabilidade dos alimentos restringindo e prejudicando a comercialização. Sendo assim, é de grande importância monitorar e controlar as possíveis alterações que possam ocorrer durante o tempo de armazenamento, bem como definir a melhor embalagem a ser utilizada, a fim de preservar a qualidade dos produtos.

1.2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALSHANNAQ, A.; YU, J-H. Occurrence, toxicity, and analysis of major mycotoxins in food. **International journal of environmental research and public health**, v. 14, n. 6, p. 632-651, 2017.

ÁLVARES, V. S.; CASTRO, I. M.; COSTA, D. A.; LIMA, A. C.; MADRUGA, A. L. S. Qualidade da castanha-do-brasil do comércio de Rio Branco, Acre. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 2, p. 269-274, 2012.

ALVES, T. P.; NICOLETI, J. F. Influência das variáveis de processo sobre a secagem osmo-convectiva de pimentão verde. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, 10, n. 1, p. 2022-2037, 2016.

ANSELMO, N. A.; PASKAKULIS, L. C.; GARCIAS, R. C.; BOTELHO, F. F. R.; TOLEDO, G. Q.; CURY, M. F. R.; CARVALHO, N. Z.; MENDES, G. E. F.; LEMBO, T.; BIZOTTO, T. S. G.; CURY, P. M.; CHIES, A. B.; CARLOS, C. P. A ingestão prévia de castanha-do-brasil atenua a lesão renal induzida por isquemia e reperusão. **Brazilian Journal of Nephrology**, v. 40, n. 1, p. 10-17, 2018.

ARRUDA, J. B.; COELHO, M. F. B.; AZEVEDO, R. A. B.; ALBUQUERQUE, M. C. F. Armazenamento de sementes de *Heteropterys tomentosa* por diferentes períodos, embalagens e ambientes. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 11, n. 2, p. 1-9, 2011.

ARRUS, K.; BLANK, G.; CLEAR, R.; HOLLEY, R. A.; & ABRAMSON, D. Microbiological and aflatoxin evaluation of Brazil nut pods and the effects of unit processing operations. **Journal of food protection**, v. 68, n. 5, p. 1060-1065, 2005.

BAQUIÃO, A. C.; OLIVEIRA, M. M. M.; REIS, T. A.; ZORZETE, P.; ATAYDE, D. D.; CORREIA, B. Polyphasic approach to the identification of *Aspergillus* section *Flavi* isolated from Brazil nuts. **Food Chemistry**, v. 139, n. 1-4, p. 127-1132, 2013.

BELMIRO, T. C.; QUEIROZ, A. D. M.; FIGUEIREDO, R. D.; FERNANDES, T. K.; BEZERRA, M. C. T. Alterações químicas e físico-químicas em grãos de abóbora durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 9, p. 1000-1007, 2010.

BITENCOURT, M. A. F.; RESENDE, O.; FERREIRA-JUNIOR, W. N.; SANTOS, M. R. B.; ANDRADE, É. G. Pós-Colheita, Morfometria e Rendimento de Castanhas-do-Brasil da Região Amazônica. **Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente**, v. 1, n. 10, p. 13-38, 2020.

BOLLING, B. W; CHEN, C. Y. O; MCKAY, L. D; BLUMBERG, J. B. Tree nut phytochemicals: composition, antioxidante capacity, bioactivity, impact factors. A systematic review of almonds, Brazils, cashews, hazelnuts, macadamias, pecans, pine nuts, pistachios, and walnuts. **Nutrition research reviews**, v. 24, n. 2, p. 244-275, 2011.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa n. 11, de 22 de Março de 2010**. Estabelece os critérios e procedimentos para o controle higiênico sanitário da castanha-do-brasil e seus subprodutos. Disponível em:https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/normativos-cgqv/csh_pov/IN11.pdf/view>Acesso: 11 Set, 2020.

BRASIL. **Resolução RDC N° 259, de 20 de setembro de 2002.** Aprova o Regulamento Técnico sobre Rotulagem de Alimentos Embalados. Diário Oficial da União, Brasília.

BRASIL. **Resolução de Diretoria Colegiada N° 07, de 18 de fevereiro de 2011.** Limites máximos tolerados para micotoxinas em alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, 09 março. 2011.

CAC (CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION). Proposed Draft Revision of the Additional Measures for the Prevention and Reduction of Aflatoxin Contamination in Brazil Nuts. **Food Standards Program**, FAO, Rome, p. 58. 2010.

CARDARELLI, H. R.; OLIVEIRA, A. J. Conservação do leite de castanha-do-Pará. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 4, p. 617-622, 2000.

CARDOSO, B. R.; DUARTE, G. B. S.; REIS, B. Z.; COZZOLINO, S. M. F. Brazil nuts: Nutritional composition, health benefits and safety aspects. **Food Research International**, v. 100, n. August, p. 9-8, 2017.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras: Coleção espécies arbóreas.** v.5. 634 p. Embrapa Florestas, 2014.

CARVALHO, I. M. M.; QUEIROZ, J. H.; BRITO, L. F.; TOLEDO, R. C.; SOUZA, A. L. O consumo de castanhas pode reduzir o risco de processos inflamatórios e doenças crônicas. **Encicl. Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 1977-1996, 2012.

CASAGRANDE, J.; BRANCO, C. S.; NICOLETTO, B. B. Análise da rancidez oxidativa em castanhas do Brasil em diferentes condições de armazenamento. **RBONE-Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição E Emagrecimento**, v. 13, n. 81, p. 812-820, 2019.

COSTA, J. R.; CASTRO, A. B. C.; WANDELLI, E. V.; CORAL, S. C. T.; SOUZA, S. A. G. Aspectos silviculturais da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em

sistemas agroflorestais na Amazônia Central. **Embrapa Amazônia Ocidental-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2009.

COSTA, T.; JORGE, N. Characterization and fatty acids profile of the oils from Amazon nuts and walnuts. **Nutrition & Food Science**, v. 42, n. 4, p. 279-287, 2012.

EMBRAPA. **Fundamentos de Estabilidade de Alimentos**. 2012. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/259054710Fundamentosdeestabilidade de alimentos](https://www.researchgate.net/publication/259054710Fundamentosdeestabilidade_de_alimentos). Acesso em 11 Mar, 2021.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de Alimentos**. Atheneu, 2 ed. São Paulo, 2008.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípio e Prática**. 2 ed. Artmed, São Paulo, 2006.

FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, S. **Química de alimentos de Fennema**. Artmed, 5 ed. Porto Alegre, 2019.

FERREIRA, E. S.; SILVEIRA, C. S.; LUCIEN, V. G.; AMARAL, A. S. Caracterização físico-química da amêndoa, torta e composição dos ácidos graxos majoritários do óleo bruto da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K). **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 17, n. 2, p. 203-208, 2006.

FREITAS, S. P.; FREITAS-SILVA, O.; MIRANDA, I. C.; COELHO, M. A. Z. Extraction and simultâneo usse paration of the Brazil nuts oilwi the thanol. **Food Science and Technology**, v. 27, p. 14-17, 2007.

FREITAS-SILVA, O.; VENÂNCIO, A.; Brazil nuts: benefits and risks associated with contamination by fungi and mycotoxins. **Food Research International**, v. 44, n. 5, p. 1434-1440, 2011.

GAVA, A. J. **Tecnologia de Alimentos: princípio e aplicação**. Nobel, Rio de Janeiro, 2009.

GOLDFARB, M.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; DUARTE, M. E. M. Crioconservação de sementes oleaginosas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 19, n. 1, p. 113-121, 2017.

GONÇALVES, B.; SANTANA, L.; PELEGRINI, P. Micotoxinas: Uma revisão sobre as principais doenças desencadeadas no organismo humano e animal. **Revista de Saúde-RSF**, v. 4, n. 1, 2017.

GONÇALVES, J. F.C.; FERNANDES, A. V.; OLIVEIRA, A.F. M.; RODRIGUES, L. F.; MARENCO, R. A. Primary metabolism components of seeds from Brazilian Amazon tree species. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 14, n. 2, p. 139-142, 2002.

GRAEFF, F.; FERNANDES, L.; PEREIRA, E. L.; GOMES, A.; PEREIRA, J. A.; GARCIA, C.; RAMALHOSA, E. Efeito da humidade relativa nas propriedades físico-químicas e microbiológicas de miolo de amêndoa ao longo do armazenamento: Efeito da humidade relativa no miolo de amêndoas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n. 2, p. 99-106, 2020.

GONÇALVES, A. A.; PASSOS, M. G.; BIEDRZYCKI, A. Percepção do consumidor com relação à embalagem de alimentos: tendências. **Estudos Tecnológicos**, v. 4, n. 3, p. 271-283, 2008.

GUINÉ, R. P. F.; ALMEIDA, C. F. F.; CORREIA, P. M. P. Modelling the influence of origin, packing and storage on water activity, colour and texture of almonds, hazel nuts and walnuts using artificial neural networks. **Food and Bioprocess Technology**, v. 8, n. 5, p. 1113-1125, 2015.

HAUTH, M. R.; BOTELHO, S. C. C.; TONINI, H.; BOTELHO, F. M. Tempo de permanência da castanha-do-Brasil na mata após a queda: contaminação por aflatoxinas. In: **Embrapa Agrossilvipastoril-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: JORNADA CIENTÍFICA DA EMBRAPA AGROSSILVIPASTORIL, 5., 2016, Sinop. Anais. Sinop, MT: Embrapa, 2017. p. 93-97., 2017.

HENNINGSSON, S.; HYDE, K.; SMITH, A.; CAMPBELL, M. The value of resource efficiency in the food industry: a waste minimisation project in East Anglia, UK. **Journal of Cleaner Production**, v. 12, n. 5, p. 505-512, 2004.

JOHN, J. A.; SHAHIDI, F. Phenolic compounds and antioxidant activity of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*). **Journal of Functional Foods**, v. 2, n. 3, p. 196–209, 2010.

JYASINGHE, S. B.; CARUSO, J. A. Investigation of Se-containing proteins in *Bertholletia excelsa* H.B.K. (Brazil nuts) by ICPMS, MALDI-MS and LC-ESI-MS methods. **International Journal of Mass Spectrometry**, v. 307, n. 1–3, p. 16–27, 2011.

KITA, A.; LACHOWICZ, S.; FILUTOWSKA, P. Effects of package type on the quality of fruits and nuts panned in chocolate during long-time storage. **Food Science and Technology**, v. 125, p. 1-9, 109212, 2020.

KLUCZKOVSKI, A. M. Fungal and mycotoxin problems in the nut industry. **Current Opinion in Food Science**, v. 29, p. 56-63, 2019.

KOWALSKI, R.; KOWALSKA, R.; PANKIEWICZ, U.; MAZUREK, A.; WLODARCZYK-STASIAK, M.; SUJKA, M.; WYROSTEK, J. The effect of an addition of marjoram oil on stabilization fatty acids profile of rapeseed oil. **Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie**, v. 109, n. 1, p. 225–232, 2019.

KRAG, M. N.; SANTANA, A. C. A cadeia produtiva da castanha-do-brasil na região da Calha Norte, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais**, v. 12, n. 3, p. 363-386, 2017.

LANDIM, A. P. M.; BERNARDO, C. O.; MARTINS, I. B. A.; FRANCISCO, M. R.; SANTOS, M. B.; MELO, M. R. Sustainability concerning food packaging in Brazil. **POLIMEROS-CIENCIA E TECNOLOGIA**, v. 26, p. 82-92, 2016.

LIMA, L. W.; STONEHOUSE, G. C.; WALTERS, C.; MEHDAWI, A. F. E.; FAKRA, S. C.; PILON-SMITS, E. A. H. Selenium accumulation, speciation and

localization in Brazil nuts (*Bertholletia excelsa* H.B.K.). **Plants**, v. 8, n. 8, p. 289-305, 2019.

LORINI, A.; WOBETO, C.; ROSA, C. C. B.; HATEM, T. A.; BOTELHO, S. C. C. Influence of packaging on the quality of Brazil nuts. **Acta Amazonica**, v. 48, n. 4, p. 368-372, 2018.

MANTILLA, S. P. S.; MANO, S. B.; VITAL, H. C.; FRANCO, R. M. Atmosfera modificada na conservação de alimentos. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 8, n. 4, p. 437-448, 2010.

MARTINS, L. M. O.; MARTINS, W. M. O. Parâmetros de Qualidade de Amêndoas de Castanha-do-Brasil Comercializadas em Rio Branco–AC. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 5, n. 02, p. 542-549, 2011.

MASSI, F. P.; VIEIRA, M. L. C.; SARTORI, D.; PENHA, R. E. S.; MUNHOZ, C. F.; FERREIRA, J. M.; FUNGARO, M. H. P. Brazil nuts are subject to infection with B and G aflatoxin-producing fungus, *Aspergillus pseudonomius*. **International Journal of Food Microbiology**, v. 186, p. 14–21, 2014.

MASTROMATTEO, M.; CONTE, A.; DEL NOBILE, M. A. Combined use of modified atmosphere packaging and natural compounds for food preservation. **Food Engineering Reviews**, v. 2, n. 1, p. 28-38, 2010.

MATTA, Virgínia M.; CABRAL, L. M. C.; SILVA, L. F. M. Suco de acerola microfiltrado: avaliação da vida-de-prateleira. **Food Science and Technology**, v. 24, n. 2, p. 293-297, 2004.

MARSH, K.; BUGUSU, B. Food packaginroles, materials, and environ mentalissues. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 3, p. R39-R55, 2007.

MELO, R. Castanha da Amazônia estudos de produção e mercado. 1999 - 2000. Coordenação das Organizações Indígenas da Amazônia Brasileira – COIAB, Centro Indígena de Produção e Cultura. Disponível em:

<https://acervo.socioambiental.org/sites/default/files/documents/M6D00044.pdf>

Acesso em: 30 agosto, 2020.

NOGUEIRA, R. M.; VIRGÍNIA, S. Á.; SOLENIR, R.; ROBERTO, P. L.; JUAREZ, S. S. **Physical properties of Brazil nuts**. Engenharia Agrícola, v. 34, n. 5, p. 963-971, 2014.

OLIVEIRA, D. M.; ARNEZ, R. I. T.; MOREIRA, P. N. C.; SANTOS, Z. T.; MAIA, M. B. R. **A Importância comercial da castanha-da-Amazônia para a região norte e o mercado externo**. In: 48º Congresso Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER), p. 1, 2010.

ORO, T. **Composição nutricional, compostos bioativos e vida útil de noz e óleo extravirgem de noz-pecã [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch]**. 2007. 105 p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Alimento) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

PACHECO, A. M.; SCUSSEL, V. M. Selenium and aflatoxin levels in raw Brazil nuts from the Amazon basin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 26, p. 11087-11092, 2007.

PRATES-VALÉRIO, P.; CELAYETA, J. M. F.; CREN, E. C. Quality parameters of the chemically extracted diblenca oils (*Acrocomia aculeata*) for potential food and alternative industrial feeds to application. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 121, n. 5, p. 1800329, 2019.

QUIRINO, J. R.; MELO, A. P. C.; VELOSO, V. R. S.; ALBERNAZ, K. C.; PEREIRA, J. M. Resfriamento artificial na conservação da qualidade comercial de grãos de milho armazenados. **Bragantia**, v. 72, n. 4, p. 378-386, 2013.

RAISI, M.; GHORBANI, M.; MAHOONAK, A. S.; KASHANINEJAD, M.; HOSSEINI, H. Effect of storage atmosphere and temperature on the oxidative stability of almond kernels during long term storage. **Journal of Stored Products Research**, v. 62, p. 16-21, 2015.

REIS, V. B. S. X.; CAMPOS, A. J.; ARAUJO, K. K. S.; MELO, P. C.; REIS, J. L. Avaliação de amêndoas de baru in natura armazenadas em diferentes embalagens. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 2, p. 539-546, 2019.

ROCHA, N. C.; ALMEIDA, F. D. L. Efeitos da temperatura e da luminosidade nas características físico-químicas dos óleos de soja e de girassol durante o armazenamento. **Nutrivisa–Revista de Nutrição e Vigilância em Saúde**, v. 1, n. 1, p. 6-12, 2014.

SANTOS, M. C.; SOUZA, R. B.; OLIVEIRA, S. E. M.; LIMA, K.S.C.; LIMA, A. L. S. Micotoxinas e seu potencial como agentes de guerra. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 3, p. 761-778, 2014.

SANTOS, O. V.; CORRÊA, N. C. F.; CARVALHO, Jr. R. N.; COSTA, C. E. F.; FRANÇA, L. F. F.; LANNES, S. C. S. Comparative parameters of the nutritional contribution and functional claims of Brazil nut kernels, oil and de fatted cake. **Food Research International**, v. 51, n. 2, p. 841–847, 2013.

SANTOS, R. F.; AQUINO, S. T. M.; JESUS, C. O.; DURINGAN, M. F. B. Padrões microbiológicos e de qualidade da Castanha-do-Brasil de Roraima. **Embrapa Roraima-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, v. 11, n. 01, p. 251-258, 2018.

SCHWARK, F. Influence factors for scenario analysis for new environmental Technologies the case for biopoly mer technology. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 7, p. 644-652, 2009.

SERRA, J. L.; RODRIGUES, A. M.C.; FREITAS, R. A.; MEIRELLES, A. J. A.; DARNET, S. H.; SILVA, L. H. M. Alternative sources of oil sand fats from Amazonian plants: Fatty acids, methyl tocols, total carotenoid sand chemical composition. **Food research international**, v. 116, p. 12-19, 2019.

SILVA JUNIOR, E. C.; WADT, L. H. O.; SILVA, K. E.; LIMA, R. M. B.; BATISTA, K. D.; GUEDES, M. C.; GUILHERME, L. R. G. Natural variation of selenium in

Brazil nuts and soils from the Amazon region. **Chemosphere**, v. 188, p. 650–658, 2017.

SILVA, F.; HANNA, A. C. S.; SOUZA, A. A. D.; SILVA FILHO, F. A. D.; CANHOTO, O. M.; MAGALHÃES, A.; SOUZA, A. D. Integrative Analysis Based on HPLC-DAD-MS/MS and NMR of *Bertholletia excelsa* Bark Biomass Residues: Determination of Ellagic Acid Derivatives. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 30, n. 4, p. 830–836, 2018.

SILVA, O. S.; TASSI, E. M.; PASCOAL, G. B. **Ciência dos alimentos: princípios de bromatologia**. 1. ed, p. 248, 2016.

SILVA, R. F.; ASCHERI, J. L. R.; SOUZA, J. M. L. Influence of Brazil nut processing on the quality of nuts. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 2, p. 445-450, 2010.

SOUSA, L. C. F. S.; SOUSA, J. S.; BORGES, M. G. B.; MACHADO, A. V.; SILVA, M. J. S.; FERREIRA, R. T. F. V.; SALGADO, A. B. Tecnologia de embalagens e conservação de alimentos quanto aos aspectos físico, químico e microbiológico. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 1, p. 19-28, 2013.

SOUZA, M. L.; MENEZES, H. C. Processamentos de amêndoa e torta de castanha-do-brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade. **Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.1, p. 120-128, 2004.

TANIWAKI, M. H. et al. Biodiversity of mycobiota through out the Brazil nut supply chain: From rainforest to consumer. **Food Microbiology**, v. 61, p. 14–22, 2017.

TAVAKOLIPOUR, H. Postharvest operations of pistachio nuts. **Journal of food science and technology**, v. 52, n. 2, p. 1124-1130, 2015.

TONINI, H. Fenologia da castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl., Lecythidaceae) no sul do estado de Roraima. **Cerne**, v. 17, n. 1, p. 123-131, 2011.

ZHANG, T.; WANG, T.; LIU, R.; CHANG, M.; JIN, Q.; WANG, X. Chemical characterization of fourte enkinds of novel edible oils: A comparative study using chemometrics. **Food Science and Techmology**, v. 118, p. 1-9, 108725, 2020.

OBJETIVO GERAL

Avaliar a caracterização química e perfil de ácidos graxos da castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) durante o armazenamento em diferentes embalagens.

CAPÍTULO I. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DA CASTANHA-DO-BRASIL (*BERTHOLLETIA EXCELSA* H.B.K.) DURANTE O ARMAZENAMENTO EM DIFERENTES EMBALAGENS

Resumo: A castanheira é uma árvore nativa da floresta amazônica que produz um fruto conhecido popularmente como ouriço que contém amêndoas com alto valor nutritivo. Apreciada pelo consumidor seja na forma *in natura* ou beneficiada, estudos foram desenvolvidos para viabilizar a melhor maneira de manter a estabilidade e a vida de prateleira da castanha-do-Brasil preservando suas propriedades nutricionais. Desta forma, objetivou-se com este trabalho avaliar as características físico-químicas das castanhas (com endocarpo lenhoso) e amêndoas (sem endocarpo lenhoso) de *Bertholletia excelsa* H. B. K. durante o armazenamento em diferentes embalagens, bem como, a qualidade do produto por meio das análises de composição proximal e físico-química. Inicialmente, com o teor de água $1,91 \pm 0,31 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ a castanha-do-Brasil foi separada em dois lotes distintos: castanha com endocarpo lenhoso e amêndoas sem a presença do endocarpo lenhoso e acondicionadas nas embalagens de vidro, papel, polietileno (PEBD) e polipropileno (PP), as quais foram armazenadas em ambiente natural (Temperatura: $27,54 \pm 1,76^\circ\text{C}$ e umidade relativa: $58,22 \pm 8,6\%$). Após o término de cada período bimestral, durante dez meses (0, 2, 4, 6, 8 e 10), foram realizadas análises na composição proximal para determinação do teor de água, proteína, cinzas, lipídeos, carboidratos e valor energético e físico-químicas pH, acidez titulável, sólidos solúveis totais, cor, macro e micronutrientes, selênio e micotoxinas para avaliação da qualidade das castanhas e amêndoas armazenadas em diferentes embalagens. O tempo de armazenamento influenciou na qualidade nutricional e físico-química de castanha e amêndoas que apresentaram variação nos conteúdos de lipídeos,

valor energético, carboidratos, pH e acidez titulável, minerais e cor nas diferentes embalagens. A embalagem de polipropileno foi a que melhor se apresentou para manter a estabilidade de castanhas e amêndoas durante o armazenamento. Castanha e amêndoas diferiram no conteúdo de sólidos solúveis, em que castanhas apresentaram maior teor de sólidos solúveis na embalagem de vidro. Os macronutrientes diferiram entre si nas épocas zero e dez para as diferentes embalagens e condições. Teores de fósforo e potássio foram maiores nas embalagens de PEBD e PP. Castanhas armazenadas na embalagem de vidro não apresentaram diferença para o conteúdo de Se entre as épocas zero e dez, em relação as amêndoas todas as embalagens apresentaram diferença. Os parâmetros de luminosidade (L), não foram influenciados pelas condições de armazenamento das castanhas e amêndoas, para croma e ângulo hue ocorreram alterações na cor durante a época de armazenamento, nas diferentes condições e embalagens. Os valores identificados para aflatoxinas nas épocas zero e dez para as condições castanhas e amêndoas se mantiveram dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente. Os ácidos graxos identificados na época zero na castanha-do-Brasil submetida a diferentes condições de armazenamento foram Palmítico (14,8%), Linoleico (27,7%), Oleico (41,53%) e Esteárico (14,3%), durante o monitoramento das épocas dois e dez por cromatografia gasosa (CG-DIC). As castanhas e amêndoas armazenadas em diferentes embalagens não apresentaram variação na leitura dos picos em relação as concentrações de ácidos graxos, podendo ser armazenadas por um período de dez meses.

Palavras-chave: Castanheira; Selênio; Aflatoxina; Vida de prateleira; Ácidos graxos.

CHAPTER I. CHEMICAL CHARACTERIZATION AND FATTY ACIDS PROFILE OF BRAZILIAN CHESTNUT (*BERTHOLLETIA EXCELSA* H.B.K.) DURING STORAGE IN DIFFERENT PACKAGES

Abstract: The chestnut tree, is native to the Amazon rainforest that produces a fruit popularly known as hedgehog that contains almonds with high nutritional value. Appreciated by the consumer, either in natura or benefited form, studies were developed to enable the best way to maintain the stability and shelf life of Brazil nuts while preserving their nutritional properties. Thus, the objective of this work was to evaluate the physicochemical characteristics of the chestnuts (with woody endocarp) and almonds (without woody endocarp) of *Bertholletia excelsa* H.B.K. during storage in different packages, as well as the product quality through the analysis of proximal and physical-chemical composition. Initially, with a water content of 1.91 ± 0.31 g 100 g⁻¹, Brazil nuts were separated into two distinct batches: chestnuts with woody endocarp and almonds without the presence of woody endocarp and packed in glass containers, paper, polyethylene (LDPE) and polypropylene (PP), which were stored in a natural environment, at 27.54 ± 1.76 ° C and $58.22 \pm 8.6\%$ relative humidity. After the end of each bimonthly period, during ten months (0, 2, 4, 6, 8 and 10), analyzes were performed evaluating the proximal composition to determine the moisture content, protein, ash, lipids, carbohydrates and energy and physical-chemical value pH, titratable acidity, total soluble solids, color, macro and micronutrients, selenium and mycotoxins to assess the quality of chestnuts and almonds stored in different packages. The storage time influenced the nutritional and physical-chemical quality of chestnuts and almonds, which varied in the contents of lipids, energy value, carbohydrates, pH and titratable acidity, minerals and color in the different packages. The polypropylene packaging was the best to maintain the stability of chestnuts and almonds during storage. Chestnuts and almonds differed in the content of soluble solids, in which chestnuts had a higher content of soluble solids in the glass packaging. The macronutrients differed from each other at times zero and ten for different packaging and conditions. Phosphorus and potassium contents were higher in LDPE and PP packaging. For Chestnuts stored in the non-dissipated glass packaging the Se content between the zero and ten times was not different, but in relation to almonds all kind of packaging was different. The luminosity parameters (L) were not influenced by the storage conditions of chestnuts and almonds, for chroma and hue angle, color changes occurred during

the storage time in different conditions and packages. The values identified for aflatoxins at times zero and ten for brown and almond conditions remained within the limits defined by current legislation. The fatty acids identified at time zero in Brazil nuts submitted to different storage conditions were Palmitic (14.8%), Linoleic (27.7%), Oleic (41.53%) and Stearic (14, 3%), during the monitoring of times two and ten by gas chromatography (CG-DIC), nuts and almonds stored in different packages not dissipated in the peaks reading in relation to the fatty acid configurations, and can be stored for a period of ten months.

Keywords: Chestnut tree; Selenium; Aflatoxin; Shelf Life; Fatty acids.

2.1. INTRODUÇÃO

Pertencente à família Lecythidaceae a castanheira é a única espécie do gênero *Bertholletia excelsa*. Árvore de grande porte com frutos comestíveis que faz desse gênero importante fonte econômica da floresta Amazônica (SCOLES et al., 2016).

A região da Amazônia brasileira é rica em espécie de plantas oleaginosas e o óleo e a gordura vegetal apresentam excelentes propriedades físico-químicas reconhecidas e utilizadas na indústria de alimentos para o preparo de diversos produtos como: margarina vegetal, chocolate e gorduras especiais para panificação e uso na confeitaria (BEZERRA et al., 2017).

Concentrando um dos mais importantes minerais a castanha-do-Brasil deve ser consumida com moderação, pois 5 g atende a dose diária recomendada, pela alta quantidade de selênio presente na amêndoa que caracteriza como um alimento saudável (LIMA et al., 2019).

O consumo por produtos com alta qualidade nutricional vem tornando o mercado mais exigente no processamento dos alimentos, que por sua vez investe em tecnologia para procedimentos no beneficiamento, como a estocagem e comercialização (OLIVEIRA & SANTOS, 2015).

A transformação e o beneficiamento dos alimentos se relacionam com as mudanças ocorridas, sendo na fabricação de novos produtos ou durante o processamento, em que a composição química e físico-química dos alimentos sofre alteração, no que se refere a macronutrientes e micronutrientes, carboidratos, proteína, lipídeos, minerais, vitaminas, pigmentos, aromatizantes e demais compostos bioativos (GONÇALVES, 2015).

A escolha do processamento e das condições de estocagem devem ser realizadas de acordo com a suscetibilidade específica de cada alimento, podendo garantir sua estabilidade durante a vida de prateleira e diminuir possíveis alterações nas propriedades sensoriais e nutricionais (EMBRAPA, 2012). Conhecer a fisiologia das espécies antes do armazenamento é algo imprescindível, por causa da particularidade de cada uma quanto a condição para sua conservação.

As oleaginosas apresentam menor capacidade de armazenamento comparando com as amiláceas por causa da menor estabilidade química dos lipídeos em comparação com o amido, com a elevação da temperatura e o aumento do processo respiratório tais fatores são suficientes para decomposição dos lipídeos e a deterioração do produto (FENAN et al., 2009).

Para a indústria de alimentos a principal função da embalagem é a preservação, contudo diferentes materiais são utilizados na fabricação da embalagem, sendo eles plástico, metal, vidro e celulose, em que cada material possui suas diferentes características na conservação do produto, dentre elas barreiras a gases, aroma, luz, água, microrganismo e resistência mecânica (LANDIM et al., 2016).

A fim de preservar as propriedades originais e garantir a estabilidade durante a vida de prateleira, objetivou-se com esse trabalho avaliar o armazenamento da castanha e da amêndoa em diferentes embalagens durante dez meses.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1. Aquisição, coleta e transporte das castanhas-do Brasil

Os frutos foram coletados entre os meses de janeiro a fevereiro de 2019 em castanheiras pertencentes a uma área rural, sítio Itapiranema, município de Tefé-AM, 522 km de distância de Manaus, com altitude de 28 m ao nível do mar e as coordenadas geográficas: Latitude 3°19'15''S, Longitude: 64°43'25''O.

O transporte dos frutos ocorreu na primeira etapa por meio de barco, via fluvial, do município de Tefé até a cidade de Manaus-AM, com duração de 3 dias. Posteriormente, as castanhas seguiram transportadas via terrestre por três dias com destino ao Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Vegetais do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, GO. A coleta, o transporte e o início do processo de secagem das amostras da castanha-do-Brasil ocorreram durante o período de 30 dias.

As castanhas foram selecionadas descartando aquelas visivelmente danificadas, logo após foram homogeneizadas para determinação do teor de água inicial segundo a metodologia adaptada da AOAC (2019), com circulação de ar forçada a 105°C por 31 horas, até a massa constante. O teor de água inicial das castanhas foi de 25,12% base úmida (b.u.).

2.2.2. Preparo das castanhas para a secagem

As castanhas-do-Brasil foram distribuídas em bandejas de alumínio sem perfurações, perfazendo uma camada de 3 cm com três repetições. A secagem foi realizada em estufa com ventilação de ar forçada na temperatura de 50°C, até atingir o teor de água de 1,91 % \pm 0,31 em base úmida (b.u.).

2.2.3. Preparo das castanhas para o armazenamento

As castanhas-do-Brasil possuem endocarpo lenhoso (casca), rígido, com forma triangular, em que, para o processo de extração das amêndoas do interior da castanha foi necessária utilização de um descascador manual tipo guilhotina (Figura 2).

Para o armazenamento foram separados dois lotes distintos: a castanha com endocarpo lenhoso e a amêndoa que foi obtida após a extração do endocarpo, por meio de um descascador manual confeccionado em base de madeira, acoplada a uma lâmina parafusada em suporte metálico. Com a utilização deste instrumento é possível manter a integridade das amêndoas *in natura* evitando danos mecânicos. O instrumento é comumente utilizado pelos extrativistas na região amazônica para extração das amêndoas.



Figura 2. Descascador manual adaptados para beneficiamento das castanhas e extração das amêndoas.

Fonte: Pessoal (2019)

2.2.4. Armazenamento da castanha e amêndoas em diferentes embalagens

Após a secagem a castanha com endocarpo lenhoso e amêndoas sem a presença do endocarpo lenhoso foram separadas em dois lotes e acondicionadas em embalagens de vidro, papel unifoliado, polipropileno e polietileno de baixa densidade, e armazenadas em ambiente de laboratório com temperatura de $27,54 \pm 1,76^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $58,22 \pm 8,6\%$. A temperatura e a umidade relativa do ar foram monitoradas por meio do aparelho data logger (modelo LOGBOX-RHT-LCD), registrando os dados a cada 10 min ao longo do armazenamento das castanhas e amêndoas.

As avaliações de qualidade foram realizadas bimensalmente por um período de 10 meses (0, 2, 4, 6, 8 e 10 meses). Após o término de cada período bimestral as

amêndoas e castanhas, foram trituradas em liquidificador semi-industrial para obtenção da farinha, para isso, as amêndoas foram extraídas do produto armazenado na forma de castanha. Em seguida as farinhas foram acondicionadas em embalagens de polietileno para a realização das análises de composição proximal, físico-químicas e perfil de ácidos graxos.

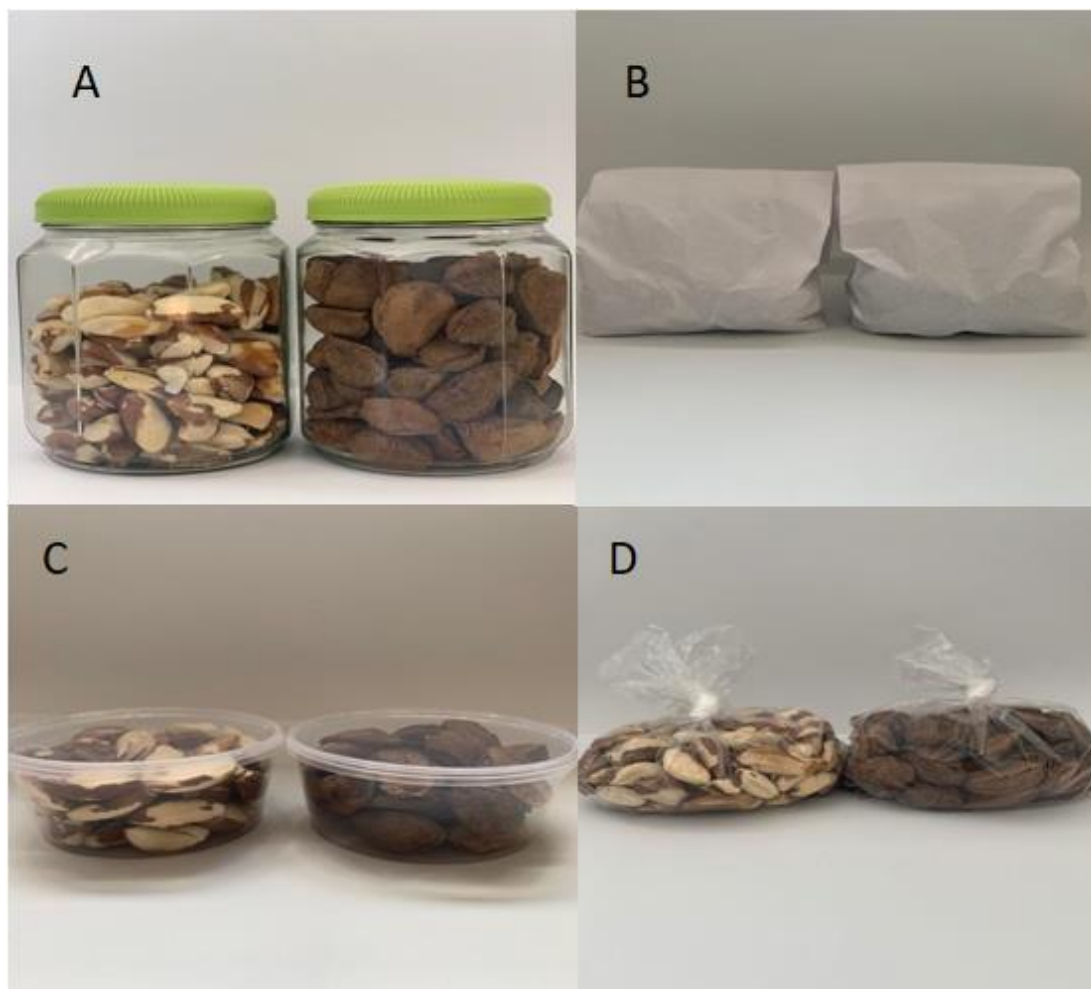


Figura 3. Armazenamento das amêndoas e castanhas nas embalagens de vidro (A), papel unifoliado (B), pote de polipropileno PP (C) e polietileno de baixa densidade PEBD (D).

Fonte: Pessoal (2020).

2.2.5. Composição proximal

As análises da composição proximal foram realizadas nas amêndoas sem a presença do endocarpo lenhoso.

2.2.5.1. Teor de água

O teor de água foi determinado pelo método de secagem em estufa de acordo com o método AOAC n° 968.11 (2019). Foram pesados de 3 a 5 gramas das farinhas

em cadinhos de porcelana, colocadas em estufa a 105°C, durante 24 horas em triplicata. Em seguida as amostras foram resfriadas em dessecador e pesadas. O teor de água foi expresso em g 100 g⁻¹ massa total.

$$\text{Teor de água (g 100 g}^{-1}\text{)} = \left(\frac{Ma}{Ma + Mms} \right) \quad (1)$$

Em que,

X - Teor de água, g 100 g⁻¹;

Ma - Massa de água, g;

Mms - Massa da matéria seca, g.

2.2.5.2. Proteína Bruta

A proteína bruta foi determinada pelo método de Kjeldahl que se baseia em três processos: digestão, destilação e titulação, o teor de nitrogênio total foi determinado pelo método oficial AOAC n° 960.52 (2019). Para a digestão, foram pesadas 0,8 g de amostra, acrescentando 3,0 g de mistura catalítica e 20 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄), em que o objetivo é reduzir e converter o nitrogênio orgânico em sulfato de amônia. Em seguida os tubos foram levados ao bloco digestor (macro), em que a temperatura foi elevada gradativamente até 400°C por 6 horas, tempo necessário para a redução e conversão, indicada pela cor verde translúcida, em que comprova a completa digestão.

Para a destilação das amostras foi utilizado um destilador de nitrogênio (Modelo 1002 Distilling Unit, Marca KJELTEC SYSTEM). Nesse processo a amônia é liberada do sal amoniacal pela reação do hidróxido de sódio (NaOH). Adiciona-se 25 mL da solução de ácido bórico (H₃BO₃) ao final da destilação.

Após o processo de destilação, utilizou-se uma solução de ácido clorídrico 0,1 N (HCl), como titulante e fenolftaleína como indicador para visualizar a mudança de coloração da solução. O teor de nitrogênio quantificado é transformado em teor de proteína quando multiplicado por um fator de conversão, em que para a castanha-do-Brasil é de 5,46 (IAL, 2008). Os resultados foram expressos em g 100 g⁻¹ proteína bruta.

$$\text{PB(g 100 g}^{-1}\text{)} = \frac{\text{mL de HCl} \cdot \text{F} \cdot \text{N} \cdot 0,014 \cdot \text{f}}{\text{g de amostra}} \cdot 100 \quad (2)$$

Em que,

PB – Proteína bruta, g 100 g⁻¹;

HCl - ácido clorídrico para titulação;

N - Normalidade do HCl (0,1);

F - Fator de conversão da normalidade do ácido;

f - Fator de conversão do nitrogênio (5,46 para castanha-do-Brasil).

2.2.5.3. Cinzas

As cinzas (resíduo mineral fixo) foram determinadas por meio da carbonização total da matéria orgânica de acordo com método da AOAC n° 923.03 (2019). Foram pesadas 5 g de amostra em cadinhos de porcelana previamente secos e numerados. As amostras foram colocadas na mufla modelo N480D, marca MAGNUS, a uma temperatura 550°C por 4 horas, transferidas para o dessecador e pesadas. Os valores foram expressos em g 100 g⁻¹ de cinzas.

$$CI(g\ 100\ g^{-1}) = \frac{C \cdot 100}{M} \quad (3)$$

Em que,

CI – Cinzas, g 100 g⁻¹;

C - Massa de cinzas, g;

M- Massa de amostras, g.

2.2.5.4. Lipídeos

A determinação de lipídeos ocorreu segundo o método da AOAC n° 920.39 (2019), através da extração contínua por meio da técnica de Soxhlet. Em que foram pesados 3 g de amostra em papel de filtro, transferidas para trombetas do aparelho Soxhlet. Os balões foram previamente secos em estufas a 105°C por 30 minutos, resfriados em dessecador e pesados. Para o processo de extração foi utilizado o reagente hexano, durante 8 horas, logo após o balão foi levado para o aparelho rota evaporador para destilação e evaporação do solvente. Para finalizar o processo o balão foi levado à estufa a 105°C, a cerca de duas horas, resfriado em dessecador por 30 minutos, em seguida foi pesado. Os valores foram expressos em g 100 g⁻¹ de lipídeos.

$$Lipídeos(g\ 100\ g^{-1}) = \frac{100 \cdot L}{M} \quad (4)$$

Em que,

L - Lipídeos (g);

M- Massa de amostra (g).

2.2.5.5. Carboidratos

A quantidade de carboidratos foi calculada pela diferença do teor de água, lipídeos, proteínas e cinzas de acordo com a metodologia da AOAC n° 926.08 (2019). O resultado foi expresso em g 100 g⁻¹ de carboidratos totais.

$$\text{Carboidratos totais(g 100 g}^{-1}\text{)} = 100 - (X + L + \text{PB} + \text{CI}) \quad (5)$$

Em que,

X - Teor de água, g 100 g⁻¹;

L - Lipídeos, g 100 g⁻¹;

PB - Proteína bruta, g 100 g⁻¹;

CI - Cinzas, g 100 g⁻¹.

2.2.5.6. Valor energético

O valor energético foi determinado utilizando os fatores de conversão de Atwater: proteínas, 4 kcal g⁻¹; carboidratos, 4 kcal g⁻¹; lipídeos, 9 kcal g⁻¹ (MERRIL & WATT, 1973).

$$\text{Valor energético(Kcal 100 g}^{-1}\text{)} = (\text{PB} \cdot 4) + (\text{CHOt} \cdot 4) + (\text{L} \cdot 9) \quad (6)$$

Em que,

CHOt - Carboidratos totais, g 100 g⁻¹;

2.2.6. Análises Físico-químicas

O potencial Hidrogeniônico (pH) foi obtido de acordo com o método AACC n° 943.02 (2006). Foram pesados 5 g das amostras em Erlenmeyer, adicionando 50 mL de água destilada. As amostras foram agitadas manualmente, em seguida permaneceram em repouso por 10 minutos, e foram submetidas a leitura do pH utilizando um pHmetro digital modelo LUCA-210, devidamente calibrado.

2.2.6.2. Acidez titulável

Acidez titulável foi determinada de acordo com a metodologia de IAL (2008), sendo pesadas 5 g de amostra, solubilizada em água destilada e acrescentado 3 gotas de fenolftaleína. Em seguida se titulou com solução de NaOH 0,1 N até o ponto de viragem. A acidez total foi expressa em meq. NaOH 100 g⁻¹.

$$\text{Acidez titulável (meq. NaOH 100 g}^{-1}\text{)} = \frac{V \cdot f \cdot M \cdot 100}{M} \quad (7)$$

Em que,

V – Volume da solução NaOH 0,1 M;

f – Fator da solução;

M – Molaridade da solução;

M - Massa da amostra.

2.2.6.3. Sólidos solúveis totais (SST)

As análises de sólidos solúveis totais foram determinadas segundo método do IAL (2008). Em que, 10 g de amostras foram pesadas e solubilizadas em água destilada, posteriormente submetidas a agitação manual, e em seguida filtradas. Utilizando 1,0 mL de cada amostra para a leitura em refratômetro digital, modelo ATAGO HAND REFRACTOMETER, marca QUIMIS. Os resultados foram explícitos em °Brix.

2.2.6.4. Cor

Na determinação dos parâmetros instrumentais da cor das amostras foi utilizado um colorímetro, modelo Collor flex EZ, marca BRASEQ, obtendo as coordenadas L*, a* e b*. Os valores de L* se referem à luminosidade da amostra, foram expressos de 0 a 100, sendo que 0 remete ao preto e 100 ao branco. Os valores da coordenada a* e b* foram utilizados para o cálculo da cromaticidade e ângulo Hue. Sendo avaliados a saturação e intensidade da cor por meio do cálculo do Cromo e do ângulo Hue, respectivamente (AACC 14-22, 2006).

$$Cr = [(a^2 + b^2)]^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

$$^{\circ}\text{Hue} = \text{arc tang} \left(\frac{b}{a} \right) \quad (9)$$

Em que,

Cr - Chroma;

°Hue - Ângulo Hue.

2.2.6.5. Selênio

O selênio foi determinado por espectrometria de absorção atômica foram pesadas 0,5 g da mostra, acondicionados em tubos do bloco digestor, acrescentados 10 mL de ácido nítrico (HNO₃) para o processo de digestão da amostra, bloco modelo AM 348 marca Alfa Mare, conforme (CRAVOTTO et al., 2017) adaptado, em seguida enviadas ao laboratório Exata para leitura em ICP-MS, sendo expresso em mg kg⁻¹.

2.2.6.6. Minerais

A análise da composição de macronutrientes e micronutrientes foi realizada para caracterização dos minerais cálcio (Ca), potássio (K), magnésio (Mg), fósforo (P), enxofre (S) manganês (Mn), zinco (Zn), ferro (Fe), cobre (Cu), boro (B) nas épocas de armazenamento zero e dez por espectrofotometria por absorção atômica (EAA), segundo a metodologia da AOAC n° 985.35 (2019) pelo laboratório Solotech. Os resultados foram expressos em g kg⁻¹ para os macrominerais P, K, Ca, Mg e S, e para microminerais B, Zn, Cu, Fe, Mn foram em expressos em mg kg⁻¹.

$$\text{Minerais(g/mg kg}^{-1}\text{)} = \frac{\text{L} \cdot \text{V} \cdot \text{D}}{\text{A}} \quad (10)$$

Em que,

M –Macro ou Micromineral, g ou mg kg⁻¹;

L -Leitura do branco;

V -Volume da amostra;

D -Diluição;

A - Massa da amostra.

2.2.7. Micotoxinas

Foram coletadas 100 gr de amêndoa da castanha-do-Brasil dos tratamentos da (época zero) e (época 10), sendo as amostras enviadas ao Laboratório Eurofins para detecção e quantificação da presença de aflatoxinas AFB1, AFB2, AFG1 E AFG2 por cromatografia líquida de alta eficiência, com detector de fluorescência.

2.2.8. Extração do óleo vegetal

O óleo bruto foi extraído da amêndoa da castanha-do-Brasil com e sem endocarpo lenhoso armazenados em diferentes embalagens. Pelo método direto utilizando hexano, em que foram pesadas 17 g da amostra triturada em um erlenmeyer, em seguida foi adicionado 75 mL de hexano, logo após homogeneização permaneceu por 24 horas. A solução foi filtrada e em seguida o solvente foi separado, utilizando uma rota evaporador com aquecimento na temperatura de 60°C e giro de 90 em pressão reduzida, depois o óleo extraído foi levado para estufa a temperatura de 40 a 50°C por 4 horas até peso constante.

2.2.9. Transesterificação do óleo vegetal

A técnica de esterificação foi realizada para aumentar a eficiência na qualidade e rendimento do biodiesel, reduzindo a concentração inicial dos ácidos graxos e, posteriormente, realizando a transesterificação básica da matéria-prima, conforme recomendado por Vieira et al. (2018).

O biodiesel do óleo da amêndoa da castanha-do-Brasil com e sem endocarpo lenhoso armazenados em diferentes embalagens foi extraído de acordo com o seguinte procedimento: A cerca de 6 a 7 mL, do óleo extraído a frio foi transesterificados, utilizando hidróxido de potássio (KOH) como catalisador básico (1,5% em referência ao óleo) em uma razão molar 6:1 de metanol (CH₃OH). O metóxido de potássio foi preparado pela dissolução do catalisador em metanol a uma temperatura de 45°C, logo após depositado em um Erlenmeyer contendo óleo pré-aquecido à temperatura de 45°C. O composto permaneceu sob agitação constante por 90 minutos. Para a separação do biodiesel e glicerol foi utilizado um funil de decantação, que permaneceu por 12 horas. O biodiesel foi separado dos subprodutos por decantação e lavado três vezes com água ultrapura e, em seguida foi adicionado uma solução saturada de cloreto de sódio (NaCl), concluindo com o ajuste do pH em valor próximo da neutralidade. Para eliminação de resíduos de água presentes no biodiesel foi utilizado sulfato de sódio (Na₂SO₄), filtrado segundo o método adaptado Quequeto et al. (2020).

2.2.10. Análises Cromatográficas

O teor dos ésteres metílicos extraídos do óleo bruto da castanha (com endocarpo lenhoso) e da amêndoa (sem endocarpo lenhoso) foram obtidos por

cromatografia gasosa acoplada espectrometria de massas (CG-EM) e cromatografia gasosa com detecção por ionização em chama (CG-DIC), Figura 4.



Figura 4. Ilustração do equipamento CG-EM-DIC (Perkin Elmer).
Fonte: Pessoal (2021)

2.2.10.1. Cromatografia Gasosa com detecção por ionização em chama (CG-DIC)

Para o monitoramento dos ácidos graxos da castanha (com endocarpo lenhoso) e amêndoa (sem endocarpo lenhoso) armazenados em diferentes embalagens foram realizadas análises dos ésteres metílicos por CG-DIC em triplicata. Utilizando o equipamento modelo Clarus 680 (Perkin Elmer) com detecção por ionização em chama (CG-DIC), com uma coluna Elite-5MS Perkin Elmer (30 m x 0.25 mm I.D. x 0.25 μm). Para as análises por DIC a temperatura do forno foi programada com temperatura inicial de 100°C por 4 min, aumentando para 200°C na razão de aquecimento de 10°C min^{-1} , em seguida para 240°C com razão de 3°C min^{-1} e por último para 280°C com razão de 30°C min^{-1} . A amostra de ácidos graxos foi diluída em hexano (1:100), o volume de injeção foi de 1 μL , com split de 20 mL min^{-1} , o gás de arraste foi o He e as temperaturas do injetor e DIC foram 230 e 350°C, respectivamente.

2.2.10.2. Cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-EM)

Também foi utilizado o equipamento modelo Clarus 680 (Perkin Elmer) mas acoplado a espectrometria de massas SQ 8T (Perkin Elmer), com uma coluna Elite-5MS Perkin Elmer (30 m x 0.25 mm I.D. x 0.25 μm). A temperatura do forno foi programada com temperatura inicial de 100°C por 4 min, aumentando para 240°C com razão de 3°C min^{-1} e mantida por 1 min e por último para 280°C com razão de 30°C min^{-1} . A amostra de ácidos graxos foi diluída em hexano (1:100), o volume de injeção foi de 1 μL , com split de 20 mL min^{-1} , o gás de arraste foi o He e as temperaturas do injetor, fonte e interface foram 230, 250 e 250°C, respectivamente. Os espectros de massas de cada composto foram comparados com a Biblioteca do equipamento (NIST 2017).

2.2.11. Análise Estatística

Os resultados foram analisados utilizando software estatístico SISVAR® versão 6.0. Para o experimento foi utilizado um delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 2 x 4 x 6, sendo 2 condições do produto: castanha e amêndoa, 4 embalagens e 6 tempos de armazenamento, em 3 repetições. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 5 estão apresentadas as condições ambientais de laboratório local em que foram armazenadas castanhas e amêndoas com e sem endocarpo lenhoso, nota-se que a média da temperatura durante o período de dez meses foi de $27,54 \pm 1,76^\circ\text{C}$ e da umidade relativa do ar foi de $58,22 \pm 8,56\%$. É importante ressaltar que as condições climáticas do ambiente afetam a qualidade do produto, visto que são higroscópicos.

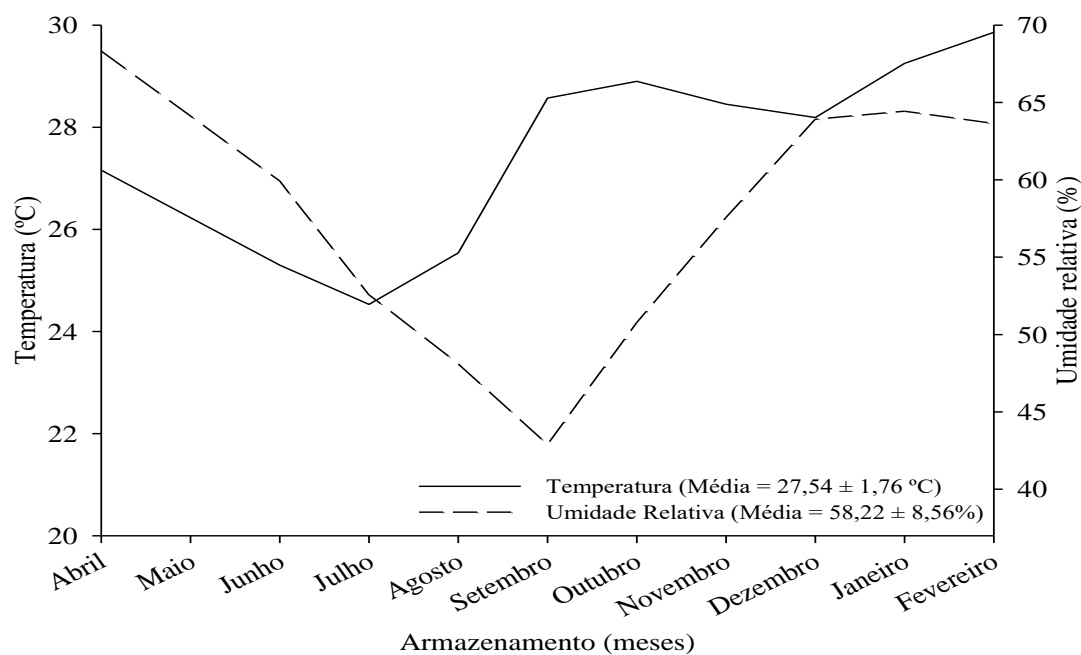


Figura 5. Média da temperatura (°C) e da umidade relativa (%) do ambiente de armazenamento das amêndoas e castanhas-do-Brasil
 Fonte: Pessoal (2021)

Na Tabela 2, estão apresentados os dados da análise de variância e os valores médios obtidos do teor de água, cinzas, proteína, lipídeos, carboidratos, valor energético, pH, acidez, sólidos solúveis totais, luminosidade, cromas e ângulo Hue de castanhas-do-Brasil armazenadas sob duas condições (com e sem casca), em diferentes embalagens (vidro, papel, saco plástico, pote plástico) durante 10 meses.

Tabela 2. Resumo da análise de variância com os valores do quadrado médio para teor de água, cinzas, proteína, lipídeos, carboidratos (Carb.), valor energético (V. En.), pH, acidez, sólidos solúveis totais (SST), luminosidade (Lumin.), croma e ângulo Hue (°Hue) das castanhas armazenadas em duas condições (Co) em diferentes embalagens (Em) ao longo da época de armazenamento (Ep).

FV	GL	Teor de água	Cinzas	Proteína	Lipídeos	Carb.	V. En.	pH
Co	1	0,72**	0,11 ^{ns}	0,91*	87,98**	47,56*	2261,50**	0,36**
Em	3	0,36**	0,01 ^{ns}	1,44**	9,77 ^{ns}	15,22 ^{ns}	380,86 ^{ns}	0,08 ^{ns}
Ep	5	4,96**	0,98**	1,54**	416,53**	344,90**	10700,07 ^{ns}	0,74**
Co x Em	3	0,22**	0,02 ^{ns}	1,18**	3,65 ^{ns}	2,37 ^{ns}	39,75 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Co x Ep	5	0,08 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,60**	29,90 ^{ns}	37,87**	1595,31**	0,05 ^{ns}
Em x Ep	15	0,19**	0,11**	0,71**	21,78 ^{ns}	11,44 ^{ns}	524,66*	0,06 ^{ns}
Co x Em x Ep	15	0,04 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,76**	30,02**	18,76**	820,76**	0,05 ^{ns}
CV (%)		7,27	5,76	2,97	5,21	22,58	2,25	13,28
Média Geral		2,59	3,46	13,53	67,14	13,33	712,73	6,48
FV	GL	Acidez	SST	Lumin.	Croma	°Hue		
Co	1	1,27**	0,37*	0,11 ^{ns}	3,61**	2,00*		
Em	3	0,23 ^{ns}	0,12 ^{ns}	12,02 ^{ns}	6,98**	3,66**		
Ep	5	70,18**	2,70**	851,38**	9,15**	270,96**		
Co x Em	3	0,10 ^{ns}	0,24*	18,00 ^{ns}	0,59 ^{ns}	1,59**		
Co x Ep	5	0,16 ^{ns}	0,12 ^{ns}	21,09 ^{ns}	2,40**	1,87**		
Em x Ep	15	0,22**	0,07 ^{ns}	29,03 ^{ns}	1,51**	3,25**		
Co x Em x Ep	15	0,42**	0,05 ^{ns}	27,45 ^{ns}	2,11**	2,22**		
CV (%)		7,51	37,51	7,31	3,25	0,76		
Média Geral		4,03	0,77	69,15	17,49	82,42		

**Significativo a 1% pelo teste F; *Significativo a 5% pelo teste F; ^{ns}Não significativo. Condições castanha e amêndoa (Co), Embalagem (Em), Época de armazenamento (Ep), Coeficiente de variação (CV), Grau de liberdade (GL), Fonte de variação (FV).

Nota-se que houve efeito entre a condição da castanha x embalagem x época de armazenamento para as avaliações de proteína, lipídeos, carboidratos, valor energético, acidez, cor e ângulo hue (Tabela 2). Enquanto, as interações entre a condição da castanha x embalagem e embalagem x época foram significativas para a determinação do teor de água. Para o teor de cinzas a interação embalagem x época foi significativa, e a interação condição da castanha x embalagem apresentou efeito para os sólidos solúveis totais.

Em relação ao pH (Tabela 2) das castanhas armazenadas nos diferentes tratamentos houve somente efeito isolado da condição da castanha (Co) e das épocas de armazenamento (Ep). Para o fator luminosidade apenas a época de armazenamento influenciou esta propriedade das castanhas armazenadas em diferentes condições.

Na Tabela 3, estão apresentados os dados do teor de água de castanhas-do-Brasil armazenadas sob duas condições (castanha com endocarpo lenhoso e amêndoas sem endocarpo lenhoso), em diferentes embalagens (vidro, papel, polietileno, polipropileno) durante 10 meses.

Tabela 3. Teor de água de castanha e amêndoa (% b.u.) armazenadas em diferentes embalagens durante 10 meses.

Condição	Vidro	Papel	PEBD	PP
castanha	2,47 bcB	2,71 aA	2,61 abA	2,32 cB
amêndoa	2,60 aA	2,74 aA	2,64 aA	2,69 aA
Época	Vidro	Papel	PEBD	PP
0	1,91 aC	1,91 aD	1,91 aE	1,91 aD
2	2,23 aBC	2,34 aC	2,36 aD	2,13 aC
4	2,60 aA	2,58 aC	2,57 aCD	2,74 aB
6	3,00 aA	3,09 aB	2,69 bBC	2,94 abA
8	2,92 cA	3,45 aA	3,31 abA	3,03 bcA
10	2,52 bB	2,97 aB	2,89 aB	2,26 bBC

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúsculas nas colunas não diferem entre si, a 5% de significância.

As amêndoas da castanha-do-Brasil apresentaram o teor de água médio de 2,59 g 100 g⁻¹ ao longo do armazenamento. Estes valores foram inferiores aos descritos por Venkatachalam & Sathe (2006) ao determinarem a composição química da castanha-do-Pará, em que o resultado para o teor foi de 3,07 g 100 g⁻¹ e 0,53 para atividade de água.

As amêndoas armazenadas em diferentes embalagens não apresentaram diferença em relação ao teor de água (Tabela 3), enquanto as castanhas apresentaram diferença no teor de água. O teor de água das castanhas nas embalagens de polietileno

(PEBD) não diferem da embalagem de papel, em que, essa possibilitou que as castanhas apresentassem maior teor de água.

Ramallo & Albani (2004) observaram que o acréscimo do teor de água está relacionado a permeabilidade da embalagem e as propriedades específicas de cada alimento. O alto teor de água na embalagem de papel (Tabela 3) corrobora com Guedes et al. (2012), que constataram aumento no teor de água ao longo do armazenamento em sementes *Myracrodruon urundeuva*, armazenadas em temperatura ambiente, freezer, câmara fria e geladeira por 240 dias e acondicionadas em embalagens de papel, o autor explica que esse comportamento ocorre pela troca de água entre as sementes e o meio em que estão armazenadas.

Silva et al. (2010) concluíram que sementes armazenadas em embalagens permeáveis sofreram oscilações no teor de água, devido a livre troca de água.

As embalagens de polipropileno e vidro foram as que apresentaram menores teores de água corroborando com Lima e Bruno (2007) que concluíram que as embalagens de vidro e polipropileno se mostraram eficazes no armazenamento da pasta de castanha de caju durante 10 meses. Belmiro et al. (2010) verificaram que embalagens de polipropileno foram efetivas em manter as características químicas e nutricionais dos grãos de abóbora armazenados no período de seis meses. De acordo com Souza et al. (2012), por apresentarem boa barreira a passagem de gases (CO₂, O₂ e vapor de água).

Avaliando-se o teor de água das castanhas armazenadas em diferentes épocas (Tabela 3), nota-se que para todas as condições até a época quatro o teor de água não diferiu entre as embalagens, e que a partir da época seis o teor de água das castanhas armazenadas em embalagem de papel foi a maior. Ao observar a figura 5, nota-se o efeito do armazenamento no teor de água das castanhas armazenadas, em que a partir do sexto mês se têm a elevação do teor de água independente da embalagem, em que a elevação nos teores é observada até o oitavo mês de armazenamento. A castanha-do-Brasil é rica em lipídeos e apresentam teor de água de equilíbrio mais baixo e que quando armazenada em condições ambientes ocorre ganho ou perda de água de acordo com as condições climáticas por ser higroscópico.

Conforme a Figura 5, justifica-se que o incremento do teor de água percebido a partir do sexto mês de armazenamento em diferentes embalagens é devido ao aumento da umidade relativa do ambiente, uma vez que as embalagens utilizadas apresentaram permeabilidade ao vapor de água permitindo a troca entre castanhas e

amêndoas com o ambiente externo, o comportamento ambiental não justificou o aumento do teor de água nas épocas dois e quatro.

Malheiro (2007) constatou que o tempo de armazenamento e a embalagem utilizada interferem na determinação do teor de água. De acordo com Wu et al. (2019) o ambiente de armazenamento exerce influência significativa na determinação do teor de água, decrescendo em altas temperaturas, ganhando e perdendo água em função da umidade relativa. Tavakolipour (2015) observou que amostras de pistache armazenadas em condições ambientes apresentaram maior teor de água, isso se deve a menor taxa de transferência de vapor de água à temperatura ambiente.

Bitencourt (2020), determina o teor de água médio das amêndoas de castanha-do-Brasil de 5,10 g 100 g⁻¹, após diferentes temperaturas de secagem de 40, 50 60, 70 e 80°C, considerando um valor seguro para impedir a atividade microbológica, contaminação por fungos e prolongar o tempo de prateleira da castanha-do-Brasil.

Para o teor de cinzas a interação entre embalagem x época foi significativa, apresentando o valor médio de 3,46 g 100 g⁻¹ (Tabela 2). Esse valor é próximo aos resultados encontrados por Bitencourt (2020), em que o valor médio de cinzas para amêndoas de castanha-do-Brasil foi de 3,53 g 100 g⁻¹. Ambos os autores Rodrigues et al. (2013) e Botelho et al. (2019) obtiveram a quantidade de resíduos minerais de 3,73 g 100 g⁻¹, em amostras de amêndoa da castanhas-do-Brasil coletados no município de Alta floresta (Mato Grosso).

Na Tabela 4, estão apresentados os dados do teor de cinzas de castanhas-do-Brasil armazenadas sob duas condições (castanha com endocarpo lenhoso e amêndoas em endocarpo lenhoso), em diferentes embalagens (vidro, papel, polietileno, polipropileno) durante 10 meses.

Tabela 4. Teor de cinzas (g 100 g⁻¹) de castanha-do-Brasil armazenadas com e sem endocarpo lenhoso em diferentes embalagens durante 10 meses.

Época	Vidro	Papel	PEBD	PP
0	3,44 aBC	3,44 aB	3,44 aBC	3,44 aAB
2	3,86 aA	3,80 aA	3,81 aA	3,77 aA
4	3,22 bC	3,24 bB	3,65 aAB	3,45 abAB
6	3,26 aC	3,42 aB	3,17 aCD	3,35 aB
8	3,46 aBC	3,37 aB	3,04 bD	3,45 abB
10	3,61 aAB	3,55 aAB	3,62 aAB	3,50 aAB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha, para cada embalagem e maiúsculas nas colunas para cada época de armazenamento, não diferem entre si, a 5% de significância.

Em relação ao teor de cinzas, nota-se na (Tabela 4) que ao longo do armazenamento até o segundo mês os teores de cinza não diferiram entre as

embalagens. Quando avaliado o efeito do tempo de armazenamento para cada embalagem, nota-se que apenas a embalagem polipropileno não diferiu da época zero durante todo o armazenamento, o que não ocorreu para as embalagens de vidro, papel e polietileno.

Ao longo das épocas houve variação entre os teores de cinza devido as diferentes embalagens utilizadas no armazenamento (Tabela 4), em que os valores foram similares aos relatados na literatura para castanha-do-Brasil. Ferreira et al. (2006), ao determinarem as propriedades físico-químicas da amêndoa da castanha-do-Brasil encontraram valores para teor de cinza de 3,13%. Ambos os autores Rodrigues et al. (2013) e Botelho et al. (2019) observaram valores similares de teores de cinza para castanha-do-Brasil (3,06; 3,03 a 3,73%), respectivamente.

Lorini et al. (2018) encontraram valores para os teores de cinzas de 3,13 a 3,84 g 100 g⁻¹, que variaram conforme a embalagem utilizada no armazenamento da castanha-do-Brasil. Silveira (2015), caracterizou o teor de cinzas em amostras de amêndoa de castanha-do-Brasil de 3,31 g 100 g⁻¹, próximo ao valor encontrado pelo presente trabalho.

Para proteína o valor médio obtido foi de 13,53 g 100 g⁻¹ (Tabela 2). Valores menores foram determinados por Bitencourt (2020), em amêndoas da castanha-do-Brasil com 12,63 g 100 g⁻¹. Resultados similares a esta pesquisa foram encontrados por Venkatachalam & Sathe (2006), em castanha-do-Brasil de 13,93 g 100 g⁻¹.

Na Tabela 4, estão apresentados os dados do teor de proteínas de castanhas-do-Brasil armazenadas sob duas condições (castanha com endocarpo lenhoso e amêndoa sem endocarpo lenhoso), em diferentes embalagens (vidro, papel, polietileno, polipropileno) durante 10 meses.

Tabela 5. Teor de proteína (g 100 g⁻¹) de castanhas-do-Brasil armazenadas com e sem endocarpo lenhoso em diferentes embalagens durante 10 meses.

Época	Castanha				Amêndoa			
	Vidro	Papel	PEBD	PP	Vidro	Papel	PEBD	PP
0	13,21 aA	13,21 aB	13,21 aBC	13,21 aB	13,21 aBC	13,21 aA	13,21 aA	13,21 aBC
2	13,61 cA	13,79 bcAB	14,48 abA	14,71 aA	14,44 aA	13,54 bA	13,17 bcA	12,54 cC
4	12,95 bA	14,42 aA	13,70 abAB	13,65 abB	13,28 bBC	13,03 bA	13,49 bA	14,40 aA
6	13,80 abA	13,21 bB	13,86 abAB	14,64 aA	14,35 abA	12,69 cA	13,50 bcA	14,40 aA
8	13,01 abA	13,28 abB	12,72 bC	13,62 aB	13,11 aC	13,16 aA	13,61 aA	13,66 aAB
10	13,71 abA	13,03 bB	13,35 abBC	14,13 aAB	14,07 aAB	13,07 bA	13,17 bA	13,16 bBC
Época	Vidro		Papel		PEBD		PP	
	Castanha	Amêndoa	Castanha	Amêndoa	Castanha	Amêndoa	Castanha	Amêndoa
0	13,21 aA	13,21 aBC	13,21 aB	13,21 aA	13,21 aBC	13,21 aA	13,21 aB	13,21 aBC
2	13,61 bA	14,44 aA	13,79 aAB	13,54 aA	14,48 aA	13,17 bA	14,71 aA	12,54 bC
4	12,95 aA	13,28 aBC	14,42 aA	13,03 bA	13,70 aAB	13,49 aA	13,65 bB	14,40 aA
6	13,80 aA	14,35 aA	13,21 aB	12,69 aA	13,86 aAB	13,50 aA	14,64 aA	14,40 aA
8	13,01 aA	13,11 aC	13,28 aB	13,16 aA	12,72 bC	13,61 aA	13,62 aB	13,66 aAB
10	13,71 aA	14,07 aAB	13,03 aB	13,07 aA	13,35 aBC	13,17 aA	14,13 aAB	13,16 bBC

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha, para cada embalagem e maiúsculas nas colunas para cada época de armazenamento, não diferem entre si, a 5% de significância.

Avaliando-se o efeito da condição da castanha para as diferentes embalagens durante o armazenamento dos teores de proteína (Tabela 5), nota-se que houve diferença no conteúdo de proteína entre as embalagens durante as épocas de avaliação, e no geral a embalagem de polipropileno manteve os maiores teores de proteína ao longo do armazenamento, tanto para castanhas como para amêndoas. Observou-se que pelo menos em alguma época ao avaliar as condições da castanha e da amêndoa armazenadas em diferentes embalagens ocorreu diferença no valor para o teor de proteína. Goldfarb e Queiroga (2013) descrevem que dos compostos orgânicos presentes em sementes, as proteínas são as mais higroscópicas, sendo em menor grau celulose e amido e os lipídeos são hidrofóbicos.

Em relação ao tempo de armazenamento (Tabela 5) as castanhas e amêndoas armazenadas nas diferentes embalagens não demonstraram redução do teor de proteína em relação a época zero. No entanto, destaca-se que as castanhas armazenadas na embalagem de vidro não apresentaram diferença deste nutriente ao longo do armazenamento. Enquanto, as amêndoas armazenadas nas embalagens de papel e polietileno não apresentaram diferença ao longo do tempo de armazenamento.

Belmiro et al. (2010) avaliaram que o tempo de armazenamento não exerceu influência no teor de proteína nos grãos de abóbora secos e acondicionados em embalagens de polipropileno. Cândido et al. (2014) relataram teores de proteína em amêndoas da castanha-do-Brasil de três diferentes produtores do estado de Roraima, variando entre 28,69; 28,88; 29,72 g 100 g⁻¹. Ferreira et al. (2006) determinaram o teor de proteína em amêndoas da castanha-do-Brasil *in natura* foi de 15,60 g 100 g⁻¹.

As proteínas são de alto valor nutricional e funcional, quando todos os aminoácidos essenciais estão presentes, na quantidade adequada facilitando a digestibilidade (SILVA et al., 2016). A literatura descreve amêndoa da castanha-do-Brasil como “carne vegetal” por conter todos os aminoácidos indispensáveis, com a média do teor de proteína bruta de 18,58 g 100 g⁻¹ (SANTOS, 2012).

O teor de lipídios médio das castanhas foi de 67,14 g 100 g⁻¹ (Tabela 2). Corroborando com Balbi et al. (2014) que relataram valores de lipídeos 67,52 g 100 g⁻¹, em amostras de amêndoas da castanha-do-Pará. Valores menores foram encontrados por Bitencourt (2020), em que concentração lipídica foi de 63,03 g 100 g⁻¹, em amêndoas de castanha-do-Brasil e por Freitas & Naves (2010), que avaliaram o teor de lipídeos em castanha-do-Pará de 64,94 g 100 g⁻¹. De acordo com Silva et al. (2010), a castanha-do-Brasil concentra o alto teor lipídico, com percentual entre 60 a 70%.

Tabela 6. Teor de lipídeos (g 100 g⁻¹) de castanha e amêndoas armazenadas em diferentes embalagens durante 10 meses.

Época	Castanha				Amêndoa			
	Vidro	Papel	PEBD	PP	Vidro	Papel	PEBD	PP
0	68,50 aAB	68,50 aAB	68,50 aBC	68,50 aAB	68,50 aAB	68,50 aAB	68,50 aAB	68,50 aA
2	73,16 aA	75,13 aA	72,68 aAB	70,35 aAB	71,89 aA	73,19 aA	69,64 aA	71,08 aA
4	70,40 bA	68,98 bAB	77,80 aA	71,40 bA	68,41 aAB	63,74 aBC	67,21 aAB	68,47 aA
6	75,35 aA	66,53 bBC	68,08 bBC	70,13 abAB	66,23 aAB	67,30 aAB	68,01 aAB	66,50 aA
8	59,11 aC	60,38 aC	64,18 aCD	63,89 aB	64,18 aB	58,67 aC	62,69 aB	58,73 aB
10	63,17 abBC	62,91 abBC	57,47 bD	65,01 aAB	63,91 aB	63,46 aBC	67,13 aAB	65,92 aA
Época	Vidro		Papel		PEBD		PP	
	Castanha	Amêndoa	Castanha	Amêndoa	Castanha	Amêndoa	Castanha	Amêndoa
0	68,50 aAB	68,50 aAB	68,50 aAB	68,50 aAB	68,50 aBC	68,50 aAB	68,50 aAB	68,50 aA
2	73,16 aA	71,89 aA	75,13 aA	73,19 aA	72,68 aAB	69,64 aA	70,35 aAB	71,08 aA
4	70,40 aA	68,41 aAB	68,98 aAB	63,74 bBC	77,80 aA	67,21 bAB	71,40 aA	68,47 aA
6	75,35 aA	66,23 bAB	66,53 aBC	67,30 aAB	68,08 aBC	68,01 aAB	70,13 aAB	66,50 aA
8	59,11 bC	64,18 aB	60,38 aC	58,67 aC	64,18 aCD	62,69 aB	63,89 aB	58,73 bB
10	63,17 aBC	63,91 aB	62,91 aBC	63,46 aBC	57,47 bD	67,13 aAB	65,01 aAB	65,92 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha, para cada embalagem e maiúsculas nas colunas para cada época de armazenamento, não diferem entre si, a 5% de significância.

Na Tabela 6, estão apresentados os dados do teor de lipídeos de castanhas-do-Brasil armazenadas sob duas condições (castanha com endocarpo lenhoso e amêndoa sem endocarpo lenhoso), em diferentes embalagens (vidro, papel, polietileno, polipropileno) durante 10 meses. Analisando os resultados para castanhas armazenadas observou influência das diferentes embalagens no teor de lipídeos ao longo do tempo de armazenamento.

Para amêndoas não houve diferença entre as embalagens para cada época de avaliação no teor de lipídeos. Ao longo do tempo de armazenamento todas as embalagens apresentaram redução.

Ao longo do tempo de armazenamento, observou-se que castanhas e amêndoas armazenadas em diferentes embalagens não diferiram do teor de lipídeos inicial (Tabela 6). Para as castanhas e amêndoas armazenadas em diferentes embalagens observou diferença no teor de lipídeos, com exceção da embalagem polipropileno, em que amêndoas e castanhas não diferiram entre si ao longo do armazenamento. A embalagem polipropileno demonstrou ser a melhor opção para o armazenamento das castanhas e amêndoas até a época seis.

Silva (2012), descreve que modificações em lipídeos produz a formação de ácidos graxos livres que interferem na qualidade sensorial do alimento conferido desagradável odor e sabor.

Em relação ao teor de lipídeos Lorini et al. (2018) constataram que a embalagem de polipropileno a vácuo aluminizada preservou o máximo a fração lipídica na castanha-do-Brasil armazenada durante nove meses, assegurando a boa qualidade nutricional, pela impermeabilidade da embalagem que criou barreira à luz inibindo a oxidação lipídica.

Casagrande et al. (2019) descrevem que alimentos ricos em lipídeos são propícios a rancidez oxidativa porque dispõem em sua constituição ácidos graxos insaturados que tornam o sabor rançoso.

De acordo com Castro et al. (2021) a degradação oxidativa possibilita a diminuição da vida útil de prateleira, qualidade nutricional e propriedades sensoriais. Pleasance et al. (2018) observaram que amêndoas secas e torradas armazenadas em temperatura ambiente e acondicionadas em embalagens de polipropileno sofreram processo de degradação e que o efeito da oxidação comprometeu as características sensoriais, em função da temperatura ambiente.

Em relação ao carboidrato Botelho et al. (2019) determinaram a média de 11,05 g 100 g⁻¹, na castanha-do-Brasil, analisando a variação da composição proximal deste produto na região do Mato Grosso. Cardoso et al. (2016) constataram para castanha-do-Brasil, variação de 10,89 ± 5,54 g 100 g⁻¹ e Vieira et al. (2014) na composição proximal determinaram o valor de 10,19 g 100 g⁻¹ para carboidratos, corroborando com os autores o valor de carboidrato no presente estudo foi maior, apresentando média de 13,53 g 100 g⁻¹ (Tabela 1). Já Castro et al. (2018) encontraram o valor de açúcares totais 34,39 g 100 g⁻¹, em amêndoas-de-baru torradas.

Na Tabela 7 estão apresentados os dados do teor de carboidratos de castanhas-do-Brasil armazenadas sob duas condições (castanha com endocarpo lenhoso e amêndoa sem endocarpo lenhoso), em diferentes embalagens (vidro, papel, polietileno, polipropileno) durante 10 meses.

Tabela 7. Resultados médios do teor de carboidratos (g 100 g⁻¹) de castanha e amêndoa armazenadas em diferentes embalagens durante 10 meses.

Época	Castanha				Amêndoa			
	Vidro	Papel	PEBD	PP	Vidro	Papel	PEBD	PP
0	12,86aBC	12,86aABC	12,86aBC	12,86aAB	12,86aAB	12,86aBC	12,86aA	12,86B
2	7,30aCD	6,86aC	6,66aC	9,10aB	8,75aB	7,19aC	11,04aA	10,43aB
4	10,83aBCD	10,85aBC	7,38aC	8,89aB	15,53abAB	17,34aAB	15,15abA	10,82bB
6	4,83bD	13,80aABC	12,35aBC	9,08abB	12,92aAB	13,45aBC	12,50aA	12,66aB
8	21,58aA	19,70aA	16,62aAB	16,49aA	16,26aA	21,17aA	17,49aA	21,20aA
10	16,91abAB	17,33abAB	22,54aA	15,49bAB	16,97aA	17,18aAB	13,34aA	17,78aAB
Época	Vidro		Papel		PEBD		PP	
	Castanha	Amêndoa	Castanha	Amêndoa	Castanha	Amêndoa	Castanha	Amêndoa
0	12,86aBC	12,86aAB	12,86aABC	12,86aBC	12,86aBC	12,86aA	12,86aAB	12,86aB
2	7,30aCD	8,75aB	6,86aC	7,19aC	6,66aC	11,04aA	9,10aB	10,43aB
4	10,83aBCD	15,53aAB	10,85bBC	17,34aAB	7,38bC	15,15aA	8,89aB	10,82aB
6	4,83bD	12,92aAB	13,80aABC	13,45aBC	12,35aBC	12,50aA	9,08aB	12,66aB
8	21,58aA	16,26bA	19,70aA	21,17aA	16,62aAB	17,49aA	16,49aA	21,20aA
10	16,91aAB	16,97aA	17,33aAB	17,18aAB	22,54aA	13,34bA	15,49aAB	17,78aAB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha, para cada embalagem e maiúsculas nas colunas para cada época de armazenamento, não diferem entre si, a 5% de significância.

Houve influência do tempo de armazenamento entre as diferentes condições, com exceção das amêndoas armazenadas na embalagem de polietileno. A castanha e amêndoas em todas as embalagens apresentaram diferença para carboidratos com exceção da embalagem de polipropileno. Comparado com a época zero a castanha armazenada na embalagem de polietileno não diferiu ao longo do tempo de armazenamento, enquanto na época oito as amêndoas armazenadas na embalagem de polipropileno apresentaram diferença, em que foram observados aumento no teor de carboidrato.

Reis et al. (2019) em estudo com diferentes embalagens, notaram que as embalagens polipropileno (PP) e poliestireno expandido (PVC+EPS) foram as que apresentaram condições favoráveis para o armazenamento da amêndoa de baru.

Guiné et al. (2015) constataram que amêndoas armazenadas sem embalagem e nas embalagens de polietileno de baixa densidade (PEBD) e polietileno linear de baixa densidade (PEBDL), armazenadas durante 90 dias não diferiram entre si. Donadon et al. (2015) concluíram que a embalagem laminada, de polietileno tereftalato (PET) e polietileno de alta densidade (PEAD) utilizadas para o armazenamento de sementes de crambe em ambiente natural e refrigerado interferiram pouco na qualidade das sementes.

A média do valor energético citado na (Tabela 2) foi próximo aos resultados encontrados por Rodrigues et al. (2013) que variaram de $702,0 \pm 6,21$ Kcal 100 g^{-1} , Cardoso et al. (2017) de $714,79 \pm 31,56$ Kcal 100 g^{-1} para castanhas-do-Brasil e superior aos valores encontrados por Souza et al. (2019) de $559,12$ Kcal 100 g^{-1} , em amêndoa-de-baru; Castro et al. (2018) de $560,30$ Kcal 100 g^{-1} em amêndoas baru torradas. Araújo et al. (2020), observaram valores energéticos de $583,43$ Kcal 100 g^{-1} para castanha-do-gurguéia, $495,42$ Kcal 100 g^{-1} para farinha de amêndoa-de-chichá granulação menor e $491,42$ Kcal 100 g^{-1} para farinha de amêndoa chichá granulação maior. Souza et al. (2016) de $502,08$ Kcal 100 g^{-1} em farinha de castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*).

Na Tabela 8, estão apresentados os dados do valor energético das castanhas-do-Brasil armazenadas sob duas condições (castanha com endocarpo lenhoso e amêndoa sem endocarpo lenhoso), em diferentes embalagens (vidro, papel, polietileno, polipropileno) durante 10 meses.

Tabela 8. Resultados médios do valor energético (Kcal 100 g⁻¹) de castanhas-do-Brasil armazenadas com e sem casca em diferentes embalagens durante 10 meses.

Época	Castanha				Amêndoa			
	Vidro	Papel	PEBD	PP	Vidro	Papel	PEBD	PP
0	720,78aAB	720,78aAB	720,78aBC	720,78aA	720,78aAB	720,78aAB	720,78aA	720,78aA
2	742,08aA	758,73aA	738,63aB	728,37aA	739,69aA	741,65aA	723,63aA	731,59aA
4	728,44aAB	695,14aAB	784,48bA	732,73aA	718,91aAB	721,86aBC	701,45aA	717,10aA
6	752,68bA	706,80aBC	717,51aBC	726,09abA	705,15aAB	710,30aAB	716,14aA	706,78aA
8	670,37aC	675,34aC	694,91aCD	695,48aA	695,05aB	665,36aC	688,60aA	667,99aB
10	691,01abBC	687,60abBC	660,75bD	703,57aA	695,35aB	692,12aBC	710,20aA	703,57aAB
Época	Castanha		Amêndoa		PEBD		PP	
	Vidro	Amêndoa	Castanha	Amêndoa	Castanha	Amêndoa	Castanha	Amêndoa
0	720,78aAB	720,78aAB	720,78aAB	720,78aAB	720,78aBC	720,78aA	720,78aA	720,78aA
2	742,08aA	739,69aA	758,73aA	741,65aA	738,63aB	723,63aA	728,37aA	731,59aA
4	728,44aAB	718,91aAB	695,14aAB	721,86bBC	784,48aA	701,45bA	732,73aA	717,10aA
6	752,68aA	705,15bAB	706,80aBC	710,30aAB	717,51aBC	716,14aA	726,09aA	706,78aA
8	670,37aC	695,05aB	675,34aC	665,36aC	694,91aCD	688,60aA	695,48aA	667,99bB
10	691,01aBC	695,35aB	687,60aBC	692,12aBC	660,75bD	710,20aA	703,57aA	703,57aAB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha, para cada embalagem e maiúsculas nas colunas para cada época de armazenamento, não diferem entre si, a 5% de significância.

Houve influência para tempo de armazenamento nas diferentes condições, com exceções da embalagem de polipropileno para castanha e polietileno para amêndoa. Comparando as amêndoas armazenadas em diferentes embalagens essas não diferiram entre si em relação ao valor energético durante o armazenamento. Avaliando amêndoas e castanhas armazenadas na mesma embalagem houve diferença entre as condições em todas as embalagens a partir da época quatro.

Azevedo et al. (2017) no estudo da conservação das propriedades nutricionais da polpa de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) *in natura* acondicionadas em embalagem a vácuo, relatando redução no valor energético durante o armazenamento 150 dias.

Em relação ao pH das castanhas armazenadas nas diferentes condições não houve interação significativa, e observou-se efeito apenas da condição da castanha e época de armazenamento avaliando esses fatores isoladamente. O valor médio para pH foi de 6,48 (Tabela 2), corroborando com Bitencourt (2020), que obteve média de pH 6,42 em amêndoas da castanha-do-Brasil secas em diferentes temperaturas. Candido et al. (2014) determinaram o pH médio de 6,64; 6,65 e 6,87 em castanhas de três regiões distintas do estado de Roraima.

Na Tabela 9, estão apresentados os valores do pH de castanhas-do-Brasil armazenadas sob duas condições (castanha com endocarpo lenhoso e amêndoa sem endocarpo lenhoso), em diferentes embalagens (vidro, papel, polietileno, polipropileno) durante 10 meses.

Tabela 9. Valores do pH de castanha e amêndoa armazenadas durante 10 meses.

		Época					
		0	2	4	6	8	10
		6,64 a	6,16 c	6,54 ab	6,47 ab	6,43 b	6,63 a
Castanha			Amêndoa				
6,53 a			6,43 b				

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, a 5% de significância.

Ao longo do tempo de armazenamento houve diferença entre as épocas, em que nos meses 4, 6 e 10 não diferiram da época zero (Tabela 9), a variação do pH nas épocas dois e oito não apresentaram tendência, podendo esse fator estar relacionado a heterogeneidade do produto. Quando

avaliadas as duas condições de armazenamento, castanha e amêndoa, essas apresentaram diferença entre si, em que a castanha apresentou maior valor de pH (6,53), indicando que as amêndoas estão sujeitas a acidificação quando armazenadas nessa condição.

Os resultados de Cardarelli & Oliveira (2000), demonstraram variações nos valores de pH ao longo do armazenamento do extrato fluido da amêndoa de castanha-do-Pará, esse comportamento pode ser atribuído ao tipo de embalagem utilizada, as condições de processamento térmico ou o grau de contaminação do produto. Tal influência da embalagem não foi observada no presente estudo, em que se observou influência apenas da presença do endocarpo lenhoso nas amêndoas armazenadas na forma de castanha, podendo considerar este tegumento como embalagem natural.

Conforme os resultados apresentados na Tabela 9, verifica-se que o pH das amostras de castanha-do-Brasil tiveram variação dentro da faixa de pH 6, caracterizando segundo Silva (2017) como alimento pouco ácido, favorecendo o desenvolvimento de bactérias, e conseqüentemente a deterioração. Dessimoni-Pinto et al. (2010), afirmam que o pH próximo da neutralidade é uma característica específica das amêndoas. Moura et al. (2017) descrevem que o pH próximo a neutralidade favorece o desenvolvimento de microrganismos e a diminuição do tempo de vida útil do alimento.

Reis et al. (2019) constataram que durante o armazenamento as amêndoas-de-baru os valores encontrados para pH variaram 6,00 a 7,11 durante 42 dias de armazenamento. Lemos (2012) determinou pH entre 6,00 e 6,01 para amêndoas *in natura* com e sem película, enquanto Silva (2017) estudando a farinha de amêndoa-de-baru em diferentes temperaturas de secagem determinou o pH entre 6,10 a 6,47. O pH pode variar conforme o tipo de armazenamento, em que a atmosfera exerce influência direta, juntamente com a temperatura e a umidade relativa do ar (MONTEIRO et al., 2008).

Para acidez titulável ocorreu interação entre a condição da castanha x embalagem x época armazenamento, em que o valor médio foi de 4,03 meq NaOH 100 g⁻¹ (Tabela 2). Valores similares foram obtidos por Bitencourt (2020) para a acidez em amêndoa de castanha-do-Brasil submetidas a secagem em diferentes temperaturas com média de 4,61 meq NaOH 100 g⁻¹.

Na Tabela 10, estão apresentados os valores de acidez titulável de castanhas-do-Brasil armazenadas sob duas condições (castanha com endocarpo lenhoso e amêndoa sem endocarpo lenhoso), em diferentes embalagens (vidro, papel, polietileno, polipropileno) durante 10 meses.

Tabela 10. Acidez titulável (meq. NaOH 100 g⁻¹) de castanha e amêndoa armazenadas em diferentes embalagens durante 10 meses.

Época	Castanha				Amêndoa			
	Vidro	Papel	PEBD	PP	Vidro	Papel	PEBD	PP
0	1,54 aD	1,54 aE	1,54 aE	1,54 aE	1,54 aD	1,54 aE	1,54 aF	1,54 aD
2	5,11 bB	4,75 bB	4,93 bB	3,95 aC	3,94 bB	5,11 aB	5,45 aB	5,01 aB
4	4,90 aB	5,08 aB	5,11 aB	5,15 aB	5,65 aA	5,07 abB	4,67 bC	4,92 bB
6	6,12 aA	6,07 aA	6,48 aA	6,13 aA	6,23 aA	6,35 aA	6,72 aA	6,30 aA
8	3,22 bC	3,92 aC	3,60 abC	3,59 abC	3,93 aB	3,99 aC	3,81 aD	3,65 aC
10	2,50 aC	2,78 aD	2,54 aD	2,46a D	2,85 abC	2,74 bD	3,06 abE	3,43 aC

Época	Vidro		Papel		PEBD		PP	
	Castanha	Amêndoa	Castanha	Amêndoa	Castanha	Amêndoa	Castanha	Amêndoa
0	1,54 aD	1,54 aD	1,54 aE	1,54 aE	1,54 aE	1,54 aF	1,54 aE	1,54 aD
2	5,11 aB	3,94 bB	4,75 aB	5,11 aB	4,93 bB	5,45 aB	3,95 bC	5,01 aB
4	4,90 bB	5,65 aA	5,08 aB	5,07 aB	5,11 aB	4,67 aC	5,15 aB	4,92 aB
6	6,12 aA	6,23 aA	6,07 aA	6,35 aA	6,48 aA	6,72 aA	6,13 aA	6,30 aA
8	3,22 bC	3,93 aB	3,92 aC	3,99 aC	3,60 aC	3,81 aD	3,59 aC	3,65 aC
10	2,50 aC	2,85 aC	2,78 aD	2,74 aD	2,54 bD	3,06 aE	2,46 bD	3,43 aC

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha, para cada embalagem e maiúsculas nas colunas para cada época de armazenamento, não diferem entre si, a 5% de significância.

Observou-se que o tempo de armazenamento influenciou na acidez das castanhas armazenadas nas diferentes condições e embalagens (Tabela 10). Em todas as condições de armazenamento foram observados maiores valores de acidez na época seis. Tanto as castanhas como as amêndoas armazenadas em diferentes embalagens estão sujeitas a alteração da acidez ao longo do armazenamento, sendo que, aquelas armazenadas na embalagem de papel não diferiram entre si ao longo do armazenamento.

Lima & Bruno (2007) encontraram valor médio de 2,0 meq NaOH 0,1N. 100 g⁻¹, em pasta de castanhas de caju armazenadas em pote polipropileno e vidro, em temperatura ambiente por dez meses, sendo observado crescimento do índice de acidez nos tratamentos, o que aponta início de reações hidrolíticas. De acordo Reis et al. (2019) ao avaliarem a acidez total titulável, obtiveram valores entre 1,04 e 0,43 meq Na OH 100 g⁻¹, para amêndoas de baru in natura.

Cândido et al. (2014) ao avaliarem os parâmetros de acidez em castanha-do-Brasil cultivadas em diferentes áreas identificaram valores de 3,94; 4,81; 5,20 meq NaOH 100 g⁻¹. A temperatura e umidade relativa são fatores importantes na estabilidade das amêndoas armazenadas, uma vez que a degradação físico-química está associada ao aumento da temperatura e da umidade relativa do ambiente (PARRISH, et al., 2019).

Segundo Baquião (2013) o aumento da acidez acelera o processo de deterioração em sementes oleaginosas, isso porque os lipídeos sofreram quebras nas cadeias de trigliceróis, estimulando a formação dos ácidos graxos. Para Pereira et al. (2019) a embalagem a vácuo aluminizada se mostrou eficaz no armazenamento das amêndoas de cupuaçu, mantendo o teor de acidez semelhante início ao final do armazenamento, fato este não observado para nenhuma embalagem utilizada no armazenamento de amêndoas e castanhas no presente estudo.

Para os sólidos solúveis houve interação entre a condição da castanha x embalagem (Tabela 2), em que a média foi de 0,77 °Brix. Este valor foi maior que o encontrado por Bitencourt (2020) para castanha-do-Brasil submetidas a diferentes temperaturas de secagem, em que a média para sólidos solúveis totais foram de 0,32 °Brix, nas temperaturas de secagem (70 e 80°C), indicando a transformação de tecidos de reserva em açúcares solúveis. Para amêndoas de *Pachira aquática* Aublet, Silva et al. (2020) relataram os teores médios de sólidos solúveis para amêndoas cruas (21,33 °Brix), amêndoas torradas (18 °Brix) e amêndoas cozidas (15,33 °Brix).

O decréscimo no teor de sólido solúvel mesmo não sendo significativo ($P > 0,05$) está associado com a perda de ácidos orgânicos, à volatilização de compostos e à carbonização natural de um processo pirolítico de torração (NASCIMENTO et al., 2007).

Na Tabela 11, estão apresentados os teores de sólidos solúveis totais (SST) de castanhas-do-Brasil armazenadas sob duas condições (castanha com endocarpo lenhoso e amêndoa sem endocarpo lenhoso), em diferentes embalagens (vidro, papel, polietileno, polipropileno) durante 10 meses.

Tabela 11. O teor de sólidos solúveis totais (°Brix) de castanha e amêndoas armazenadas em diferentes embalagens.

Variável	Condição	Vidro	Papel	PEBD	PP
SST	Castanha	0,96 aA	0,79 abA	0,70 bA	0,82 abA
	Amêndoa	0,62 aB	0,72 aA	0,69 aA	0,84 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha, para cada embalagem e maiúsculas nas colunas para cada condição da castanha, não diferem entre si, a 5% de significância.

Observando os resultados do teor de sólidos solúveis totais a castanha armazenada na embalagem de vidro diferiu do polietileno, no entanto as embalagens de papel e polipropileno não diferiram do polietileno. Para as condições de armazenamento das amêndoas as embalagens não diferiram entre si. Em relação a condição da castanha e da amêndoa para cada embalagem, apenas ocorreu diferença para a embalagem de vidro.

Leão-Araújo et al. (2019) avaliaram o efeito das embalagens com coco minimamente processado, em que o efeito do polietileno e da embalagem de polipropileno não interferiu no teor de sólidos solúveis. Diferentemente, Reis et al. (2019) ao avaliarem os parâmetros de sólido solúveis totais em amêndoas-de-baru *in natura* constataram diferença para a interação das embalagens com o tempo de armazenamento.

Soares et al. (2012) observaram diferença para os teores de sólidos solúveis totais na castanha de caju para os cultivos convencional e orgânico durante o tempo de armazenamento. Reis et al. (2017) ao avaliarem a conservação da farinha de acerola armazenada embalagem de polipropileno, constaram menor variação no teor de sólidos solúveis ao final do armazenamento.

Na Tabela 12 estão apresentados os resultados iniciais e finais das concentrações analíticas dos macronutrientes: fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca),

magnésio (Mg) e enxofre (S), obtidos nas castanhas (com endocarpo lenhoso) e amêndoas (sem endocarpo lenhoso) armazenadas nas embalagens vidro, papel, polietileno e polipropileno.

Tabela 12. Concentrações analíticas de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) em castanha-do-Brasil na época zero (controle: início) e na época dez (final do armazenamento), em diferentes embalagens.

Condição	Tratamentos	P (g kg ⁻¹)	K (g kg ⁻¹)	Ca (g kg ⁻¹)	Mg (g kg ⁻¹)	S (g kg ⁻¹)
Castanha	Controle	5,6	6,0	2,1	3,4	1,94
	Vidro	4,2	4,5	0,7	1,9	0,71
	Papel	3,4	3,5	0,5	1,5	1,25
	PEBD	5,3	4,0	1,1	2,5	1,31
	PP	5,8	6,0	1,1	2,8	1,53
Amêndoa	Controle	5,6	6,0	2,1	3,4	1,94
	Vidro	5,9	6,0	1,8	2,7	1,21
	Papel	3,9	4,0	0,5	1,9	1,25
	PEBD	6,0	6,5	1,2	2,6	1,23
	PP	5,9	5,5	0,8	2,3	1,36

Os minerais essenciais são importantes na dieta humana, por desempenharem funções metabólicas e fisiológicas. Durante o período de armazenamento os macronutrientes apresentaram variações, em que algumas embalagens tiveram acréscimo nos teores, em ambas as condições de processamento (castanha e amêndoa). Os maiores teores de fósforo e potássio foram obtidos nas embalagens de polipropileno e polietileno.

De acordo com Etienne et al. (2017) os resultados dos elementos minerais K, P, Mg, Ca, Na, S, Fe, Zn, Cu, Mn em amêndoas *Terminalia catappa*, corrobora com o presente estudo, em que as maiores concentrações foram de Potássio e Fósforo. Em estudo sobre as características de macronutrientes em amêndoas da castanha-da-Amazônia, Carvalho et al. (2018), relataram as médias das concentrações de N = 27,63, P = 5,75, K = 6,06, Ca = 2,39, Mg = 3,31, S = 2,61 g kg⁻¹ e descreveram que as oscilações nos teores de minerais diferiram de acordo com as áreas em que foram coletadas as amostras, mas que não houve interferência no valor nutricional das castanhas. Valores similares foram encontrados no presente trabalho (Tabela 12), sendo o teor de N superior e o de S- inferior aos citados pelo autor. Lima et al. (2019) observaram a concentração de macronutrientes em castanhas-do-Brasil de P = 6,7; K = 6,9; Ca = 1,2; Mg = 2,5 e S = 3,9 mg 100 g⁻¹.

A variação dos níveis de minerais é atribuída a diversos fatores: instrumentais, metodológicas, condições laboratoriais, técnicas de preparo das amostras, alterações intrínsecas da matéria-prima, variabilidade genética, solo, índice pluviométrico e técnicas de coleta e de plantio (BITENCOURT, 2020). Queiroga et al. (2015) ao determinarem os elementos minerais das amêndoas de babaçu armazenadas em quatro condições, verificaram que os teores de nitrogênio, cálcio e enxofre apresentaram baixa concentração; esse fato se deve a frutos imaturos que ainda na planta possuem mais nutrientes minerais do que os frutos desprendidos naturalmente da planta e depositados no solo, mesmo que estes se encontrem maduros.

A Tabela 13 apresenta os resultados das concentrações analíticas de micronutrientes ferros (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), zinco (Zn), boro (B), selênio (Se) em castanhas (com endocarpo lenhoso) e amêndoas (sem endocarpo lenhoso) armazenadas nas embalagens vidro, papel, polipropileno e polietileno nas condições castanha e amêndoa.

Tabela 13. Concentrações analíticas de micronutrientes ferros (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), zinco (Zn), boro (B) e selênio (Se) em castanha-do-Brasil, na época zero (controle: início) e na época 10 (final do armazenamento), em diferentes embalagens.

Condição	Tratamentos	Fe (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	B (mg kg ⁻¹)
Castanha	Controle	35,9	7,7	20,1	13,7	16,4
	Vidro	20,7	7,3	5,6	46,2	15,9
	Papel	69,1	6,9	4,3	39,9	35,1
	PEBD	64,3	10,0	11,3	2,4	26,3
	PP	59,1	12,0	16,9	2,9	33,4
Amêndoa	Controle	35,9	7,7	20,1	13,7	16,4
	Vidro	21,4	11,1	11,3	43,3	15,9
	Papel	50,0	9,2	4,9	44,1	17,5
	PEBD	95,0	10,8	8,8	1,4	19,7
	PP	77,8	8,2	5,3	1,1	23,6

Os micronutrientes apresentaram variações do controle para as diferentes embalagens nas condições castanha e amêndoa na época dez (final do armazenamento). As embalagens de vidro, papel e polipropileno obtiveram maiores concentrações de micronutrientes. Em relação a época zero os valores de selênio na época dez variaram para as diferentes embalagens.

Lima et al. (2019), ao avaliarem a concentração dos minerais presentes na castanha-do-Brasil de dois lotes comerciais, em que os valores encontrados variaram, 1,2 a 26,0 para Fe; 3,3 a 12,2 para Mn; 17,0 a 56,0 para Cu; 12,0 a 47,0 mg 100 g⁻¹ para Zn, apresentando valores similares de Mn e Zn ao presente estudo, e segundo o

autor, esse comportamento é atribuído as variações genéticas ou da região que o fruto foi coletado. Moodley et al. (2007) quantificaram a os teores de minerais presentes nas amêndoas da castanha-do-Brasil e obteve concentrações de Fe = 74,26; Mn = 3,40; Cu = 59,44; Zn = 110,31 mg 100 g⁻¹. Bitencourt (2020), determinou a média do teor de microminerais em castanha-do-Brasil em diferentes temperaturas de secagem para Fe=3,49; Zn=3,88; Mn=2,96 e Se=1,96 mg 100 g⁻¹.

A Tabela 14 apresenta os valores determinados de selênio para castanha-do-Brasil com e sem endocarpo lenhoso da época 0 e dez, armazenadas em diferentes embalagens.

Tabela 14. Valor médio e desvio padrão referente ao teor de selênio da castanha-do-Brasil com e sem endocarpo lenhoso armazenadas em diferentes embalagens.

Época	Castanha				Amêndoa			
	Vidro	Papel	PEBD	PP	Vidro	Papel	PEBD	PP
0	7,14aA	7,14aA	7,14aA	7,14aA	7,14aA	7,14aA	7,14aA	7,14aA
10	5,97aA	4,02cB	5,79bB	3,92dB	5,75aB	3,58cB	4,82bB	4,85bB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha, para cada embalagem e maiúsculas nas colunas para cada época de armazenamento, não diferem entre si, a 5% de probabilidade.

Avaliando-se o efeito da condição da castanha para as diferentes embalagens, note-se que houve diferença no conteúdo de selênio entre as embalagens durante a época dez, em que a embalagem de vidro manteve o maior teor. Já em relação a condição amêndoa as embalagens de polietileno e polipropileno não diferiram entre si, porém diferiram das embalagens de vidro e papel.

Para as épocas de armazenamento dez e zero na condição castanha a embalagem de vidro não apresentou diferença, já para a condição amêndoa as épocas dez e zero apresentaram diferença para todas as embalagens.

Chang et al. (1995) descrevem em seu estudo com castanha-do-Brasil que a concentração de Se varia de 0,03 até 512,0 µg/g. O presente estudo encontrou variação para Se de 3,58 a 7,14 mg/kg⁻¹ dentro dos valores citados pelos autores. Ao compararem teores de selênio Barclay et al. (1995) avaliaram 700 amostras de 100 tipos de diferentes alimentos, encontraram a maior concentração de Se na castanha-do-Brasil com o teor máximo de 2,54 mg/kg⁻¹.

Dumont et al. (2006) constataram teores médios de Se 5,1 mg/kg⁻¹ para amêndoas e 49,9 mg/kg⁻¹ para castanhas. Lima et al. (2019) observaram variação da concentração de Se entre dois lotes de diferentes empresas de beneficiamento de castanha-do-Brasil, em que os níveis de Se variaram de 25 a 76 mg/kg⁻¹ para o lote A

e 10 a 79 mg/kg⁻¹ para lote B, sendo essa variação relacionada com a origem geográfica onde foram coletadas.

Souza et al. (2014) ao analisarem diferentes espécies de oleaginosas comercializadas em várias regiões do Brasil, determinaram concentrações de selênio para castanha-do-Brasil de 5,56 mg/kg⁻¹ que foram armazenadas em embalagem a vácuo protegida por papel laminado para proteção contraluz, logo após congelado até a análise. Segundo Silva Junior et al. (2017) amostras de castanha-do-Brasil foram coletadas em cinco diferentes áreas dos estados brasileiros: Acre, Mato Grosso, Amazonas, Roraima e Amapá, em que foram avaliados a concentração de Se que variou de 0,5 a 146,6 mg/kg⁻¹.

Na Tabela 15, estão apresentados os valores de luminosidade (L) de castanhas (com endocarpo lenhoso) e amêndoas (sem endocarpo lenhoso) armazenadas durante 10 meses em diferentes embalagens.

Tabela 15. Valores de luminosidade da castanha e amêndoas armazenadas em diferentes embalagens durante 10 meses de armazenamento.

Época					
0	2	4	6	8	10
57,72c	70,45ab	72,32ab	68,20b	71,99ab	74,25 ^a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha para cada época de armazenamento, não diferem entre si, a 5% de significância.

Na análise de cor da amêndoa da castanha-do-Brasil, houve aumento durante o armazenamento nos valores de luminosidade (L), em que as épocas dois, quatro, seis, oito e dez não diferiram entre si, porém observou aumento na época dez em relação à época seis diferindo entre si. De acordo com Gasparin et al. (2014), os valores para as coordenadas luminosidade varia de 0 a 100, que escuro próximo de 0 e branca próximo de 100, não apresentando diferença neste parâmetro entre as folhas de hortelã-pimenta frescas e o material seco nas temperaturas 30, 40 e 50°C, indicando luminosidade escura.

Em relação aos parâmetros de cor Graeff et al. (2020), ao compararem as três condições de armazenamento (60, 70 e 80%) na umidade relativa em que foi submetida miolo de amêndoa (*Prunus dulcis*), verificou-se aumento na luminosidade (L) na condição de 80% de umidade relativa.

Botelho et al. (2015) observaram que a luminosidade não sofreu influência da temperatura de secagem, sendo o valor médio de 55,48 e temperatura a cerca de 40 a 80°C inibindo o branqueamento. Já para Oliveira et al. (2016) foi constatado aumento

na luminosidade ocasionado branqueamento nos frutos de baru pela diminuição do teor de água nas temperaturas 60, 80 e 100°C.

Afonso Júnior & Corrêa (2003) concluíram que a luminosidade dos grãos de café processados por via seca não sofreu alteração durante o tempo de armazenamento. Reis et al. (2017), relataram que as médias obtidas nos parâmetros de luminosidade variaram de 30 a 42, classificando-as em cores escura no transcorrer dos 75 dias de armazenamento. Guiné et al. (2015), também obtiveram médias que variaram de 40 a 49, mais que ao longo do tempo de armazenamento foram diminuindo.

Em relação ao croma, observa-se que houve mudança na intensidade colorimétrica para todas as condições em estudo, em que foi observada menor variação comparada à época 0 durante todo tempo de armazenamento para as condições das amêndoas armazenadas nas embalagens de vidro e polipropileno e polietileno e castanhas armazenadas na embalagem de papel (Tabela 16).

Segundo Oliveira et al. (2016), em estudo sobre os efeitos da secagem na coloração dos frutos de baru, a variável croma reduziu à medida que diminuiu o teor de água e aumentou as temperaturas de secagem apontando mudança na tonalidade e intensidade da cor. Silva et al. (2020) concluíram que a variável croma nas amostras de amêndoas de munguba cruas e cozidas foram iguais e menores que das amêndoas torradas, e a cor se apresentou mais intensa. Botelho et al. (2015) observaram redução das coordenadas a e b com o aumento da temperatura de secagem, ressalta-se que o decréscimo de ambas as variáveis culmina com a redução do croma, indicando de acordo com os autores a perda das características da cor interferindo no aspecto qualitativo das amêndoas.

Tabela 16. Croma das castanhas (com endocarpo lenhoso) e amêndoas (sem endocarpo lenhoso) armazenadas em diferentes embalagens durante 10 meses.

Época	Castanha				Amêndoa			
	Vidro	Papel	PEBD	PP	Vidro	Papel	PEBD	PP
0	18,25aAB	18,25aB	18,25aAB	18,25aA	18,25aA	18,25aAB	18,25aA	18,25aA
2	17,25bABC	18,53aB	16,41bcC	15,31cC	15,00cB	15,54bcC	16,99aAB	16,53abB
4	18,49bA	20,13aA	17,38bBC	17,41bAB	17,86aA	18,34aAB	17,46abAB	16,51bB
6	16,51bC	17,94aB	18,81aA	18,25aA	17,62aA	17,20abB	17,96aA	16,20bB
8	17,12bBC	18,50aB	17,35abBC	17,22bAB	17,52abA	18,18aAB	16,22cB	16,66bcB
10	16,51aC	17,34aB	17,27aBC	16,86aB	17,15bA	19,05aA	17,47bAB	17,53bAB
Época	Vidro		Papel		PEBD		PP	
	Castanha	Amêndoa	Castanha	Amêndoa	Castanha	Amêndoa	Castanha	Amêndoa
0	18,25aAB	18,25aA	18,25aB	18,25aAB	18,25aAB	18,25aA	18,25aA	18,25aA
2	17,25aABC	15,00bB	18,53aB	15,54bC	16,41aC	16,99aAB	15,31bC	16,53aB
4	18,49aA	17,86aA	20,13aA	18,34bAB	17,38aBC	17,46aAB	17,41aAB	16,51aB
6	16,51bC	17,62aA	17,94aB	17,20aB	18,81aA	17,96aA	18,25aA	16,20bB
8	17,12aBC	17,52aA	18,50aB	18,18aAB	17,35aBC	16,22bB	17,22aAB	16,66aB
10	16,51aC	17,15aA	17,34bB	19,05aA	17,27aBC	17,47aAB	16,86aB	17,53aAB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha, para cada embalagem e maiúsculas nas colunas para cada época de armazenamento, não diferem entre si, a 5% de significância.

Bitencourt (2020) observou que para a variável croma em amêndoas de castanha-do-Brasil submetidas a diferentes temperaturas de secagem obteve média 20,73.

Silva et al. (2020), observaram que bebida à base de castanha-do-Brasil e baru variou nos valores de croma entre 19,15 e 20,75, respectivamente, e o produto demonstrou cor intensa ao longo do período de armazenamento. Reis et al (2017) avaliaram que a farinha de acerola com e sem sementes desidratadas nas temperaturas de 60, 70 e 80°C, decresceram para os parâmetros de croma ao longo do tempo de armazenamento.

Castricini et al. (2017) ao avaliarem quatro cultivares de morango armazenados durante 180 dias sob congelamento encontraram redução nos valores de croma, em que essa redução indica saturação do pigmento da cor.

Souza et al. (2017) durante o armazenamento de geleias de amora preta em diferentes pontos de colheita observaram diminuição acentuada na cromaticidade da cor, justificada pela colheita realizada tardiamente e o acréscimo ao tempo de armazenamento.

Em relação ao ângulo hue, observa-se mudança na tonalidade para todas as condições castanhas e amêndoas, e quando avaliadas embalagens separadamente todas apresentaram modificações no valor de ângulo hue ao longo do armazenamento (Tabela 17).

O angulo hue e expressão em graus da intensidade da cor, começando em $^{\circ}0$ que indica a +a (vermelho), 90° indica a +b (amarelo), 180° indica -b (verde) e 270° indica -b (azul), (TIBOLA et al., 2005). Silva et al. (2020) relataram que o valor de hue foi mais alto para as amêndoas de munguba crua e cozida indicando a proximidade com a tonalidade amarela comparando com amêndoa torrada.

Oliveira et al. (2016) concluíram que a temperatura de secagem e o teor de água não interferiram no ângulo hue ($^{\circ}h$) na coloração da amêndoa baru (*Dipteryx alata* Vogel). Gasparin et al. (2014) relataram que o aumento da temperatura de secagem causa impacto na coloração e que o ângulo hue define a coloração do produto antes e após a realização da secagem.

Tabela 17. Valores do °Hue de castanhas (com endocarpo lenhoso) e amêndoas (sem endocarpo lenhoso) armazenadas em diferentes embalagens durante 10 meses.

Época	Castanha				Amêndoa			
	Vidro	Papel	PEBD	PP	Vidro	Papel	PEBD	PP
0	76,09aD	76,09aD	76,09aD	76,09aD	76,09aD	76,09aC	76,09aE	76,09aD
2	85,58abA	84,60abA	84,26bAB	85,65aA	86,58aA	84,53bA	84,02bAB	83,92bAB
4	82,93abBC	84,17aAB	82,48bC	83,03abB	84,35bB	85,70aA	82,64cBC	82,73cBC
6	81,91abC	81,27abC	82,75aC	81,31abC	82,25aC	79,223bB	81,02aD	82,26aC
8	83,81abB	82,90bB	83,14bBC	84,62aA	82,43bcC	85,59aA	81,77cCD	83,44bABC
10	86,27aA	85,31aA	85,35aA	85,30aA	84,84aB	84,55aA	84,31aA	84,85aA
Época	Vidro		Papel		PEBD		PP	
	Castanha	Amêndoa	Castanha	Amêndoa	Castanha	Amêndoa	Castanha	Amêndoa
0	76,09aD	76,09aD	76,09aD	76,09aC	76,09aD	76,09aE	76,09aD	76,09aD
2	85,58aA	86,58aA	84,60aA	84,53aA	84,26aAB	84,02aAB	85,65aA	83,92bAB
4	82,93bBC	84,35aB	84,17bAB	85,70aA	82,48aC	82,64aBC	83,03aB	82,73aBC
6	81,91aC	82,25aC	81,27aC	79,223bB	82,75aC	81,02bD	81,31aC	82,26aC
8	83,81aB	82,43bC	82,90bB	85,59aA	83,14aBC	81,77bCD	84,62aA	83,44bABC
10	86,27aA	84,84bB	85,31aA	84,55aA	85,35aA	84,31bA	85,30aA	84,85aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha, para cada embalagem e maiúsculas nas colunas para cada época de armazenamento, não diferem entre si, a 5% de significância.

De acordo com Silva et al. (2020), os resultados de ângulo hue no extrato hidrossolúvel de castanha-do-Brasil e baru não apresentaram diferença entre o início e o final do armazenamento. Reis et al. (2017) constataram no estudo que ocorreu diferença no ângulo hue para ambos os tratamentos na farinha sem semente desidratada a 60°C, em que apresentou ângulos mais baixos após 75 dias de armazenamento. Rinaldi et al. (2017), avaliaram que a temperatura ambiente influenciou na cor do fruto de maracujá armazenado durante 14 dias.

A Tabela 18 apresenta os resultados de aflatoxinas identificados nas amostras de castanha-do-Brasil com e sem endocarpo lenhoso na época 0 e época 10 armazenadas em diferentes embalagens.

Tabela 18. Identificação de aflatoxinas B1, B2, G1 e G2 em castanha-do-Brasil armazenadas com e sem endocarpo lenhoso na época 0 (início do armazenamento) e época 10 (final do armazenamento) em diferentes embalagens.

Condição	Tratamentos	Aflatoxina B1	Aflatoxina B2	Aflatoxina G1	Aflatoxina G2
		$\mu\text{g kg}^{-1}$	$\mu\text{g kg}^{-1}$	$\mu\text{g kg}^{-1}$	$\mu\text{g kg}^{-1}$
Castanha	Controle	1,50	0,50	1,50	0,50
	Vidro	1,50	0,50	1,50	0,50
	Papel	1,50	0,50	1,50	0,50
	PEBD	1,50	0,50	1,50	0,50
	PP	1,50	0,50	1,50	0,50
Amêndoa	Controle	1,50	0,50	1,50	0,50
	Vidro	1,50	0,50	1,50	0,50
	Papel	1,50	0,50	1,50	0,50
	PEBD	1,50	0,50	1,50	0,50
	PP	1,50	0,50	1,50	0,50

Limite de detecção: aflatoxina $1,50 \mu\text{g kg}^{-1}$

Para as condições castanhas e amêndoas armazenadas em diferentes embalagens na época 0 e na época 10 os valores identificados de aflatoxinas se mantiveram dentro do limite máximo estabelecidos pela ANVISA em 2011, que preconiza $20 \mu\text{g kg}^{-1}$ para castanha-do-Brasil com casca para consumo direto, $10 \mu\text{g kg}^{-1}$ para castanha-do-Brasil sem casca para consumo direto e $15 \mu\text{g kg}^{-1}$ para castanhas que serão processadas posteriormente (BRASIL, 2011).

Para Martins et al. (2012) ao avaliaram castanha-do-Brasil sem casca em 30 amostras padrão exportação do estado do Amazonas, encontraram resultados de aflatoxinas totais $0,3$ e $0,85 \mu\text{g kg}^{-1}$ dentro dos limites de quantificação estabelecidos pela legislação em vigor. Balbi et al. (2014) encontraram nas amostras de castanha-do-Brasil obtidas no comércio varejista de Curitiba valores de aflatoxinas totais inferior a $1,00 \mu\text{g kg}^{-1}$ de castanha-do-pará estando dentro dos limites da legislação, ressaltando a importância de se adotar medidas preventivas em toda cadeia produtiva da castanha, pela maior incidência de contaminação por aflatoxina. Souza e Menezes

(2004), ressaltam que ao avaliarem amêndoa e a torta da amêndoa da castanha-do-Brasil de uma cooperativa agroextrativistas de Xapuri no Acre as quantidades de aflatoxinas detectadas foram de $3 \mu\text{g kg}^{-1}$ para B1, $2 \mu\text{g kg}^{-1}$ para B2, $3 \mu\text{g kg}^{-1}$ para G1 e $2 \mu\text{g kg}^{-1}$ para G2, em que esses resultados estão dentro dos limites instituídos pela RDC 07 de 2011. Em concordância com os autores o presente trabalho obteve resultados de aflatoxinas dentro dos limites estabelecidos pela ANVISA, comprovando a qualidade em relação a segurança alimentar indicando que este produto se encontra apropriado para consumo humano, em relação aos metabólicos tóxicos estudados.

Já Santos (2012), ao analisar 20 kg de castanha-do-Brasil de Belém-PA, da safra de 2009/2010, observou-se ausência de aflatoxinas, estando possivelmente relacionado as boas práticas de fabricação, sendo as castanhas acondicionadas em embalagens sob atmosfera modificada com introdução de nitrogênio, embalagens primárias metálicas e embalagens secundárias caixas de papelão. Entretanto Calderari et al. (2013) durante o estudo da castanha-do-Brasil em diferentes etapas de produção observaram que as amostras contaminadas apresentaram valores para aflatoxinas totais de $18,10 \mu\text{g kg}^{-1}$ para castanhas com casca coletadas na floresta, para castanhas com casca nas etapas de processamento obteve $71,91 \mu\text{g kg}^{-1}$ de aflatoxinas e após a classificação $80,63 \mu\text{g kg}^{-1}$ e para as amostras de supermercado $0,98 \mu\text{g kg}^{-1}$, é as amostras obtidas nas feiras livres $151 \mu\text{g kg}^{-1}$ sem casca e para a com casca $140 \mu\text{g kg}^{-1}$. Esse estudo comprova que as etapas de seleção e classificação da castanha-do-Brasil apontaram redução conforme os valores de aflatoxinas apresentados, porém ainda existem, ou seja, essas etapas ajudam a diminuir, mais não interrompem o processo fúngico (CALDERARI et al., 2013).

2.3.1. Caracterização dos ácidos graxos por CG-EM

Após o processo de esterificação a amostra da inicial (época 0 -EP 0) foi submetida a análise por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-EM). Na Figura 6 está apresentado o cromatograma de íons totais obtidos na análise por CG-EM. Pelo cromatograma é possível observar 4 picos mais intensos com tempo de retenção de 33,07; 36,13; 38,24 e 38,59 min, relacionados aos ácidos Palmítico (C 16:0), Linoleico (C 18:2), Oleico (C 18:1) e Esteárico (C 18:0) com concentrações de 14,8; 27,7; 41,53 e 14,3%, outros picos de menor intensidade também foram observados, Palmitoleico (C 16:1), Ácido Cis-13-Octadecenoico (C 18:1) e Ácido 18-metilnonadecanoico (C 20:0) com porcentagens de 0,26; 0,89 e

0,30% e são apresentados na Tabela 18. Os picos no cromatograma estão relacionados a identificação dos éteres metílicos com seu respectivo ácido graxo.

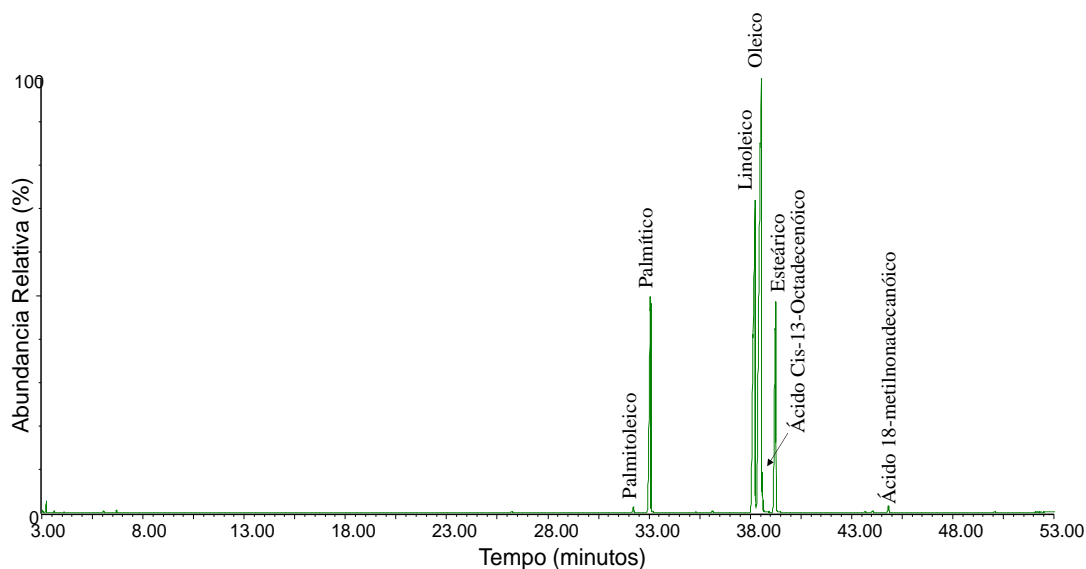


Figura 6. Cromatograma de íons totais obtido por CG-EM para a análise de ácidos graxos da castanha-do-Brasil.

A cromatografia de fase gasosa caracterizou os compostos pelo percentual de área dos ésteres metílicos castanha (com endocarpo lenhoso) e amêndoas (sem endocarpo lenhoso) armazenadas em diferentes embalagens. Apresentados na Tabela 19.

Tabela 19. Compostos caracterizados por CG-EM nas amostras da Castanha-do-Brasil.

Nº	Nome do éster	Nome Sistemático	TR	Similaridade (%)	Área (%)
1	Ácido 9-Hexadecenoico, metil éster	Palmitoleico (C 16:1) ômega 7	32.225	98.9	0,262
2	Ácido Hexadecanoico metil éster	Palmítico (C 16:0)	33.070	98.2	14,788
3	Ácido (Z, Z) - 9,12-Octadecadienoico, metil éster	Linoleico (C 18:2) ômega 6	38.237	93.4	27,704
4	Ácido (Z)-9-Octadecenoico (Z), metil éster	Oleico (C 18:1) ômega 9	38.543	95.0	41,531
5	Ácido Cis-13-Octadecenoico, metil éster	Ácido Cis-13-Octadecenoico (C 18:1)	38.593	81.7	0,899
6	Estearato de Metila	Estearíco (C 18:0)	39.263	99.0	14,264
7	Ácido 18-Metilnonadecanoico, metil éster	Ácido 18-metilnonadecanoico (C 20:0)	44.830	98.2	0,304

*TR = Tempo de Retenção.

A cromatografia gasosa (CG-EM) identificou a composição dos ésteres metílicos de acordo com o percentual de área confirmando a presença majoritária de ácidos graxos monoinsaturados nas amostras de castanha-do-Brasil representadas pelo ácido oleico (41,53%) e pelo linoleico (27,70%) e para ácidos graxos saturados o palmítico (14,78%), resultados semelhantes foram encontrados por Cicero et al. (2018) que relataram valor de percentual de área de 47,78% de ácido oleico e 24,65 % linoleico para castanha-do-Brasil. Robbins et al. (2011) em seu estudo com diferentes tipos de amêndoas avaliaram por CG-MS a composição de ácidos graxos da castanha-do-Brasil e encontraram valores de 38,36% de ácido oleico, 36,84% de ácido linoleico, 14,71% de ácido palmítico e 9,79% de ácido esteárico, os valores de ácido palmítico corroboraram ao do presente estudo.

Moussa & Almaghrabi (2016) determinaram na planta (*Peganumharmala*) o teor de ácidos graxos saturados e insaturados pelo método analítico cromatografia gasosa com espectrometria de massas (CG-MS), em que o ácido hexadecanoico (palmítico) apresentou maior concentração seguido do ácido octadecenoico. Oliveira-Alves et al. (2020) determinaram na composição nutricional da castanha de baru torrada os principais ácidos graxos palmítico, esteárico, oleico e linoleico com uma quantidade predominante de ácidos monoinsaturados ($50,65 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$), especificamente o ácido oleico ($47,20 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$).

2.3.2. Monitoramento dos ácidos graxos por CG-DIC

Nas Figuras 7 e 8 são representados os resultados obtidos para a porcentagem de ácidos graxos nas amostras submetidas ao armazenamento e em diferentes embalagens para castanhas (com endocarpo lenhoso) e para amêndoas (sem endocarpo lenhoso).

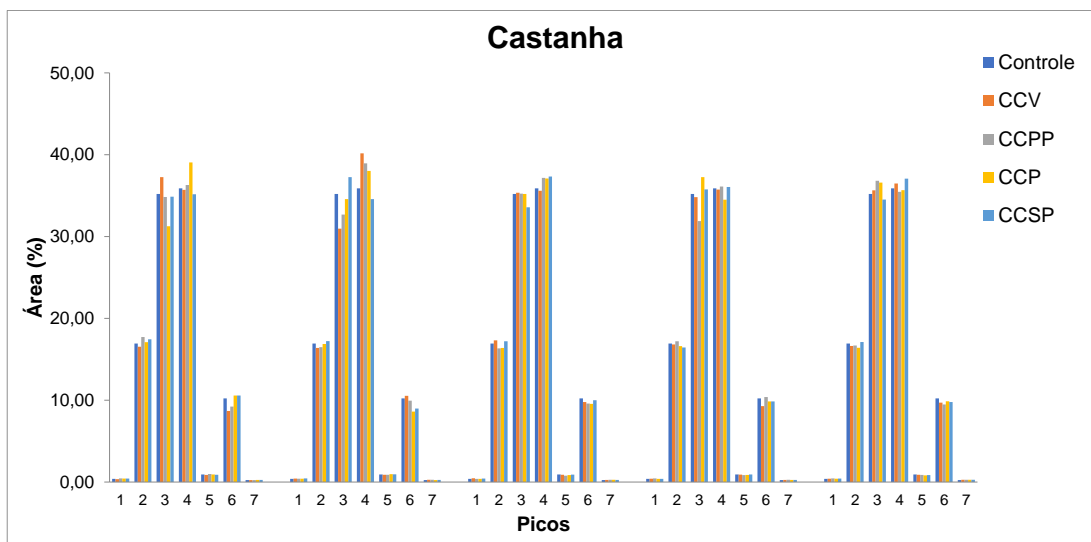


Figura 7. Porcentagens de ácidos graxos detectados na castanha por CG-DIC nos diferentes tempos de armazenamento e embalagem. (1) Palmitoleico, (2) Palmítico, (3) Linoleico, (4) Oleico, (5) Ácido Cis-13-Octadecenoico, (6) Esteárico e (7) Ácido 18-metilnonadecanoico. (CCV) Vidro, (CCPP) Polipropileno, (CCP) Papel e (CCSP) Polietileno.

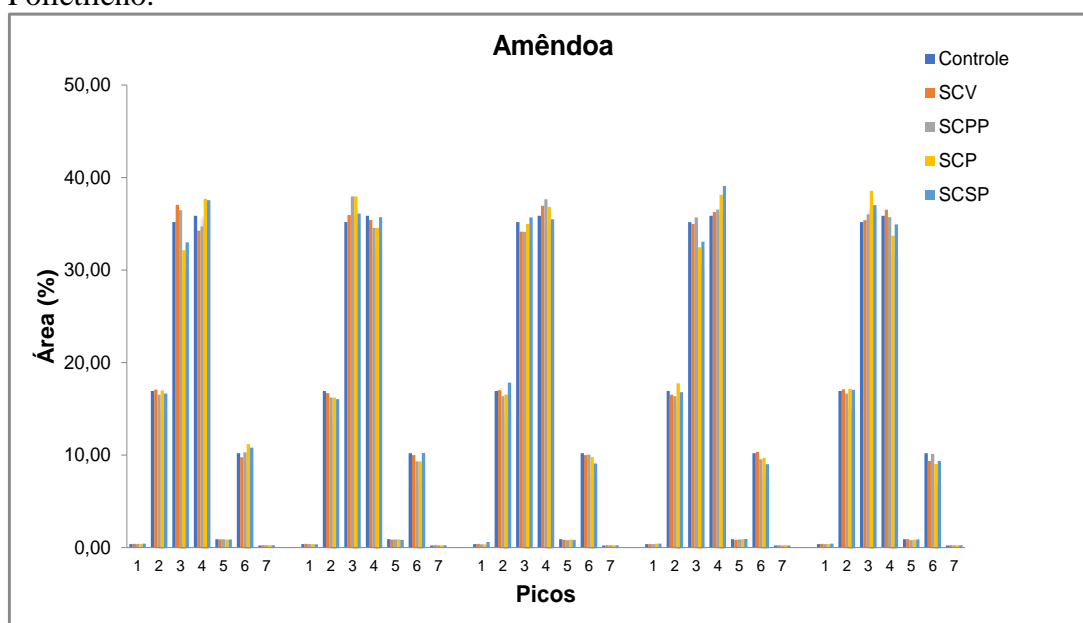


Figura 8. Porcentagens de ácidos graxos detectados na Amêndoa por CG-DIC nos diferentes tempos de armazenamento e embalagem. (1) Palmitoleico, (2) Palmítico, (3) Linoleico, (4) Oleico, (5) Ácido Cis-13-Octadecenoico, (6) Esteárico e (7) Ácido 18-metilnonadecanoico. (SCV) Vidro, (SSCP) Polipropileno, (SCP) Papel e (SCSP) Polietileno.

Nas Tabelas 20 e 21 apresentam os valores de percentagem referentes as épocas dois e dez para castanhas (com endocarpo lenhoso), armazenadas em diferentes embalagens.

Tabela 20. Porcentagem de ácidos graxos nas castanhas armazenadas na época 2 (dois meses) em diferentes embalagens.

Picos	Controle	CCV	CCPP	CCP	CCSP
1	0,39	0,35	0,44	0,43	0,42
2	16,92	16,53	17,72	17,09	17,43
3	35,20	37,25	34,83	31,26	34,87
4	35,88	35,70	36,29	39,05	35,16
5	0,93	0,87	0,97	0,92	0,88
6	10,22	8,68	9,22	10,57	10,57
7	0,24	0,23	0,23	0,26	0,26

(1) Palmitoleico, (2) Palmítico, (3) Linoleico, (4) Oleico, (5) Ácido Cis-13-Octadecenoico, (6) Esteárico e (7) Ácido 18-metilnonadecanoico. (CCV) Vidro, (CCPP) Polipropileno, (CCP) Papel e (CCSP) Polietileno.

Tabela 21. Porcentagem de ácidos graxos nas castanhas armazenadas na época 10 (dez meses) em diferentes embalagens

Picos	Controle	CCV	CCPP	CCP	CCSP
1	0,39	0,40	0,43	0,40	0,42
2	16,92	16,63	16,68	16,41	17,10
3	35,20	35,64	36,81	36,58	34,52
4	35,88	36,47	35,46	35,65	37,07
5	0,93	0,89	0,86	0,81	0,84
6	10,22	9,69	9,48	9,87	9,77
7	0,24	0,27	0,27	0,28	0,28

(1) Palmitoleico, (2) Palmítico, (3) Linoleico, (4) Oleico, (5) Ácido Cis-13-Octadecenoico, (6) Esteárico e (7) Ácido 18-metilnonadecanoico. (CCV) Vidro, (CCPP) Polipropileno, (CCP) Papel e (CCSP) Polietileno.

Nas Tabelas 22 e 23 apresentam os valores de percentagem referentes as épocas dois e dez para amêndoas (sem endocarpo lenhoso), armazenadas em diferentes embalagens.

Tabela 22. Porcentagem de ácidos graxos das amêndoas armazenadas na época 2 (dois meses) durante o armazenamento em diferentes embalagens

Picos	Controle	SCV	SCPP	SCP	SCSP
1	0,39	0,42	0,41	0,42	0,44
2	16,92	17,09	16,52	16,99	16,66
3	35,20	37,05	36,47	32,14	33,00
4	35,88	34,25	34,71	37,71	37,56
5	0,93	0,90	0,92	0,86	0,89
6	10,22	9,78	10,32	11,19	10,82
7	0,24	0,25	0,27	0,27	0,27

(1) Palmitoleico, (2) Palmítico, (3) Linoleico, (4) Oleico, (5) Ácido Cis-13-Octadecenoico, (6) Esteárico e (7) Ácido 18-metilnonadecanoico. (SCV) Vidro, (SCPP) Polipropileno, (SCP) Papel e (SCSP) Polietileno.

Tabela 23. Porcentagem de ácidos graxos das amêndoas armazenadas na época 10 (dez meses) durante o armazenamento em diferentes embalagens.

Picos	Controle	SCV	SCPP	SCP	SCSP
1	0,39	0,40	0,39	0,38	0,43
2	16,92	17,11	16,67	17,15	17,07
3	35,20	35,40	36,02	38,57	37,03
4	35,88	36,53	35,72	33,71	34,93
5	0,93	0,91	0,81	0,87	0,88
6	10,22	9,39	10,13	9,05	9,39
7	0,24	0,26	0,27	0,26	0,27

(1) Palmitoleico, (2) Palmítico, (3) Linoleico, (4) Oleico, (5) Ácido Cis-13-Octadecenoico, (6) Esteárico e (7) Ácido 18-metilnonadecanoico. (SCV) Vidro, (SCPP) Polipropileno, (SCP) Papel e (SCSP) Polietileno.

De acordo com os dados apresentados nas Figuras 7 e 8 e nas Tabelas 20, 21, 22 e 23 não foram observadas variações consideráveis para os diferentes tratamentos. Para justificar o comportamento a literatura apresenta comportamentos semelhantes e divergentes de acordo com os tratamentos submetidos, como por exemplo a variação da temperatura de armazenamento.

Quequeto et al. (2020) observaram que o perfil de ácidos graxos do óleo das sementes de niger não sofreram grandes alterações quando submetidos a diferentes temperaturas por longos períodos de armazenamento. Oliveira (2019) ao realizar o monitoramento da castanha-do-Brasil armazenadas em temperatura ambiente, protegida da luz por seis semanas, constatou que não ocorreram alterações na concentração de ácidos graxos insaturados.

Silva et al. (2010) concluíram em seu estudo que nas amêndoas de castanha-do-Brasil armazenadas durante três meses ocorreu diminuição nos teores de ácidos graxos, quando compararam as duas condições das amêndoas intactas e danificadas, em que amêndoas intactas apresentaram diferença apenas para os teores de ácidos graxos insaturados, oleico e linoleico, em relação as danificadas. Rocha et al. (2017) observaram diferenças nos teores de ácidos graxos insaturados no óleo de buriti quando armazenados a temperatura ambiente (25°C) e de freezer (-20°C), destacaram aumento na concentração do ácido oleico quando submetido a temperatura do freezer.

De acordo com a literatura observaram variações nas concentrações de ácidos graxos nas diferentes condições, temperaturas e durante o armazenamento para os experimentos realizados.

2.4. CONCLUSÃO

Desse modo, o tempo de armazenamento influencia na qualidade nutricional e físico-química de castanha e amêndoas, concluindo que:

A embalagem de polipropileno se apresentou eficaz ao longo do armazenamento para os conteúdos do teor de água, proteína e cinzas.

O teor de lipídeos, valor energético, carboidratos, pH e acidez titulável diferiram para castanha e amêndoa nas diferentes embalagens durante o armazenamento.

Castanhas e amêndoas apresentaram diferença no conteúdo de sólidos solúveis na embalagem de vidro.

Os micronutrientes variaram nas épocas zero e dez para as diferentes embalagens e condições e os teores de fósforo e potássio foram maiores nas embalagens de polipropileno e polietileno.

O conteúdo de selênio apresentou diferença entre as embalagens para castanhas e amêndoas na época dez, castanhas armazenadas na embalagem de vidro não apresentaram diferença para o conteúdo de Se entre as épocas zero e dez, em relação as amêndoas todas as embalagens apresentaram diferença.

Os parâmetros de luminosidade (L), não foram influenciados pelas condições de armazenamento das castanhas e amêndoas, já para croma ocorreu mudanças na intensidade colorimétrica durante o tempo de armazenamento nas diferentes condições e embalagens. As condições castanha e amêndoas em diferentes embalagens apresentaram modificações na tonalidade de ângulo hue durante o tempo de armazenamento.

Os valores identificados para aflatoxinas nas épocas zero e dez para as condições castanhas e amêndoas se mantiveram dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente.

Os ácidos graxos identificados na época zero na castanha-do-Brasil submetida a diferentes condições de armazenamento foram os ácidos palmítico (14,8%), linoleico (27,7%), oleico (41,53%) e esteárico (14,3%).

O monitoramento das épocas dois e dez por cromatografia gasosa (CG-DIC), em castanhas e amêndoas armazenadas em diferentes embalagens não apresentaram variação nas concentrações de ácidos graxos, podendo ser armazenado por um período de dez meses.

2.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC. American Association of Cereal Chemists. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. 9 ed. Saint Paul, 2006.

AFONSO JÚNIOR, P. C.; CORRÊA, P. C. Influência do tempo de armazenagem na cor dos grãos de café pré-processados por “via seca” e “via úmida”. **Revista Ciências Agroecológica**, v. 27, n. 6, p. 1268-1276, 2003.

AOAC - Official of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 18^a ed. 3^a Revisão, Washington, p. 1094. 2010.

ARAÚJO, M. L. L. M.; CERQUEIRA, Z. M. F.; MORORÓ, S. L. A.; CAMPOS, C. M. F.; SILVA, D. T. S.; SOARES, A. K. O.; NONATO.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Análise da composição centesimal e do valor energético das farinhas obtidas a partir de amêndoas do cerrado/Analysis of centesimal composition and energy value of flour sob tained from closure almonds. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 8433-8434, 2020.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. Chapter 33.p.10-12. Arlington, 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 18^a ed. Washington D.C., 2006.

AZEVEDO, S. C. M.; VIEIRA, L. M.; MATSUURA, T.; SILVA, G. F.; DUVOISIN JUNIOR, S.; ALBUQUERQUE, P. M. Estudo da conservação das propriedades nutricionais da polpa de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) *in natura* em embalagens a vácuo. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, p. 1-9, e2016107, 2017.

BALBI, M. E.; PENTEADO, P. T. P. S.; CARDOSO, G.; SOBRAL, M. G.; SOUZA, V. R. Castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa* BONPL.): composição química e sua importância para saúde. **Visão Acadêmica**, v. 15, n. 2, p. 51-63, 2014.

BAQUIÃO, A. C.; OLIVEIRA, M. M. M.; REIS, T. A.; ZORZETE, P.; ATAYDE, D. D.; CORREA, B. Polyphasic approach to the identification of *Aspergillus* section *Flavi* isolated from Brazil nuts. **Food Chemistry**, v. 139, n. 1-4, p. 1127-1132, 2013.

BARCLAY, M. N.; MACPHERSON, A.; DIXON, J. Conteúdo de selênio em uma variedade de alimentos no Reino Unido. **Jornal de composição e análise de alimentos**, v. 8, n. 4, pág. 307-318, 1995.

BELMIRO, T. M. C.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; FERNANDES, T. K. S.; BEZERRA, M. C. T. Alterações químicas e físico-químicas em grãos de abóbora durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 9, p. 1005-1007, 2010.

BEZERRA, C. V.; CRUZ, A. M.; OLIVEIRA, P. D.; SILVA, D. A.; SILAV, L. H. M. Technological properties of amazonia noil sand fat sand their applications in the food industry. **Food chemistry**, v. 221, p. 1466-1473, 2017.

BITENCOURT, M. A. F. **Isotermas de desorção, secagem e caracterização nutricional das amêndoas das castanha-do-Brasil da região amazônica**. Dissertação (Mestrado Tecnologia de Alimentos) apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, 25 a 34 f, 2020.

BOTELHO, F. M.; GRANELLA, S. J.; BOTELHO, S. C. C.; GARCIA, T. R. B. Influência da temperatura de secagem sobre as propriedades físicas dos grãos de soja. **Embrapa Agrossilvipastoril-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, Viçosa – MG. v. 23, n. 3, p. 212-219, 2015.

BOTELHO, S. C. C.; BALDONI, A. B.; TONINI, H.; BOTELHO, F. M.; HOOGERHEIDER, E. S. S.; WOBETO, C.; BOTIN, A. A.; TAFFAREL, C. Fruits, Seeds and Oil of Brazil Nuts Produced in Mato Grosso State. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 2, p. 1-8, 2019.

BRASIL – Ministério da Agricultura, pecuária e abastecimento. Gabinete do Ministro **Instrução Normativa N° 11. 2010**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt->

br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/normativos-gqv/csh_pov/IN11.pdf.>Acesso em: 29 Nov, 2021.

CALDERARI, T. O.; LAMANAKA, B. T.; FRISVAD, J. C.; PITT, J. L.; SARTORI, D.; PEREIRA, J. L.; FUNGARO, H. P.; TANIWAKI, M. H. A biodiversidade do *Aspergillus* seção Flavi na castanha do Brasil: da floresta ao consumidor. **Jornal Internacional de Microbiologia de Alimentos**, v. 160, n. 3, p. 267-272, 2013.

CÂNDIDO, L. D. W.; DURIGAN, M. F. B.; MIRANDA, A.; COSTA, E.; TEIXEIRA, R. Qualidade de castanhas-do-brasil *Bertholletia excelsa* H. (Lecythidaceae) cultivadas em três diferentes áreas de Roraima. **In: IX Semana Nacional de Ciência e Tecnologia**, p. 138, 2014. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1048052/1/CPAFRR2014QualidadedecastanhadoBrasil.pdf>. Acesso 18 Fev 2021.

CARDARELLI, H. R.; OLIVEIRA, A. J. Conservação do leite de castanha-do-Pará. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 4, p. 617-622, 2000.

CARDOSO, B. R.; APOLINÁRIO, D.; BANDEIRA, V. S.; BUSSE, A. L.; MALGADI, R. M.; JACOB-FILHO, W.; COZZOLINO, S. M. F et al. Effects of Brazil nut consumption on selenium status and cognitive performance in older adults with mild cognitive impairment: a randomized controlled pilot trial. **European journal of nutrition**, v. 55, n. 1, p. 107-116, 2016.

CARDOSO, B. R.; DUARTE, G. B. S.; REIS, B. Z.; COZZOLINO, S. M. F. Brazil nuts: Nutritional composition, health benefits and safety aspects. **Food Research International**, v. 100, p. 9-18, 2017.

CARVALHO, G. F.; DURIGAN, M. F. B.; GUIMARÃES, P. V. P. **Avaliação de macronutrientes de castanha-da-Amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) de três regiões extrativistas de Roraima**. Viçosa: UFV, p. 3, 2018. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1104062/1/simbrascastanha.pdf>.

Acesso 19 Fev 2021.

CARVALHO, I. M. M.; QUEIRÓS, L. D.; BRITO, L. F.; SANTOS, F. A.; BANDEIRA, A. V. M.; SOUZA, A. L.; QUEIROZ, J. H. Caracterização química da castanha de sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess.) da região da zona da mata mineira. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 6, p. 973, 2012.

CASAGRANDE, J.; BRANCO, C. S.; NICOLETTO, B. B. Análise da rancidez oxidativa em castanhas do Brasil em diferentes condições de armazenamento. **RBONE-Revista Brasileira De Obesidade, Nutrição E Emagrecimento**, v. 13, n. 81, p. 816-817, 2019.

CASTRICINI, A.; DIAS, M. S. C.; MARTINS, R. N.; SANTOS, L. O. Straw berries produced in the semi-aridregion of Minas Gerais, Brazil: quality of the frozen fruit and pulp. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, 2017.

CASTRO, J. P.; VIÊGAS, C. V.; BARRETTO, L. C. O.; FREITAS, S. P. Tendências Mundiais de Geração de Conhecimento e Propriedade Intelectual sobre o Microencapsulamento de Óleos Vegetais com Destaque para o Óleo de Café. **Cadernos de Prospecção**, v. 14, n. 1, p. 298-309, 2021.

CASTRO, M. S. S.; KWIATKOWSKI, A.; SILVA, A. G. P.; DANIEL, A. B. R.; SOUZA, G. S. Avaliação Nutricional de Amêndoas de Baru e Elaboração de Creme das Amêndoas. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 2, p. 1-9, 2018.

CHANG, J. C; GUTENMANN, W. H.; REID, C. M; LISK, D. J. Selenium content of Brazil nuts from two geographic locations in Brazil. **Chemosphere**, v. 30, n. 4, p. 801-802, 1995.

CICERO, N.; ALBERGAMO, A.; SALVO, A.; BUA, G. D.; BARTOLOMEO, G.; MANGANO, V.; ROTONDO, A.; STEFANO, V. D.; BELLA, G. D.; DUGO, G. Chemical characterization of a variety of cold-pressed gourmet oils available on the Brazilian market. **Food Research International**, v. 109, p. 517-525, 2018.

COSTA, B. J. P.; ALMEIDA, H. S. A.; SANTANA, F. E. O.; SOARES, K. M. P.; LEMOS, J. F. Aspectos físico-química e microbiológicos de amendoim comercializado em Mossoró Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, v. 6, n. 5, pág. 29886, 2020.

COSTA, J. R.; CASTRO, A. B. C.; WANDELLI, E. V.; CORAL, S. C. T.; SOUZA, S. A. G. Aspectos silviculturais da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em sistemas agroflorestais na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 4, p. 843-850, 2009.

CRAVOTTO, G.; CARNAROGLIO, D.; CINTAS, P. **Microwave Chemistry**. 551 p. Ed. Gruyter, 2017.

DESSIMONI-PINTO, N. A. V.; SILVA, V. M.; BATISTA, A. G.; VIEIRA, G.; SOUZA, C. R.; DUMONT, P. V.; SANTOS, G. K. M. Características físico-químicas da amêndoa de macaúba e seu aproveitamento na elaboração de barras de cereais. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 21, n. 1, p. 77-84, 2010.

DONADON, J. R.; BESSA, J. F.V.; RESENDE, O.; CASTRO, C. F. S.; ALVES, R. M. V.; SILVEIRA, E. V. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte I-Qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 224-230, 2015.

DUNDAR, M. S.; ALTUNDAG, H. Selenium content of Turkishhazel nut varieties: Kara findık, Tombul and Delisava. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 17, n. 6, p. 707-711, 2004.

DUMONT, E.; PAUW, L.; VANHAECKE, F.; CORNELIS, R. Speciation of Se in *Bertholletia excelsa* (Brazil nut): a hard nut to crack? **Food Chemistry**, v. 95, n. 4, p. 684-692, 2006.

EMBRAPA. **Fundamentos de Estabilidade de Alimentos**. 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/259054710_Fundamentos_de_estabilidade_de_alimentos. Acesso em 11 Mar, 2021.

ETIENNE, D. T.; DAOUDA, S.; ADAMA, C.; YSIDOR, K. N. G.; MARIUS, B. G. H. Assessment of Essential Minerals from Almond Fruits of *Terminalia catappa* Cultivated in Côte d'Ivoire. **Annual Research & Review in Biology**, p. 4, 2017.

FANAN, S.; MEDINA, P. F.; CAMARGO, M. B. P.; RAMOS, N. P. Influência da colheita e do armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de mamona. **Revista brasileira de sementes**, v. 31, n. 1, p. 150-159, 2009.

FERREIRA NETO, C. J.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Avaliação físico-química de farinhas de mandioca durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 5, n. 1, p. 25-31, 2003.

FERREIRA, E. S.; SILVEIRA, C. S.; LUCIEN, V. G.; AMARAL, A. S. Caracterização físico-química da amêndoa, torta e composição dos ácidos graxos majoritários do óleo bruto da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.). **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 17, n. 2, p. 204-205, 2006.

FREITAS, J. B.; NAVES, M. M. V. Composição química de nozes e sementes comestíveis e sua relação com a nutrição e saúde. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 2, p. 273, Campinas, SP. 2010.

GASPARIN, P. P.; CHRIST, D.; COLELHO, S. R. M. Qualidade de folhas e rendimento de óleo essencial em hortelã pimenta (*Mentha x Piperita* L.) submetida ao processo de secagem em secador de leito fixo. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 2, p. 337-344, 2014.

GONÇALVES, E. C. A. **Análise de Alimentos** – Uma visão química da nutrição. 4 ed, 338 p. São Paulo, 2015.

GRAEFF, F.; FERNANDES, L.; PEREIRA, E. L.; GOMES, A.; PEREIRA, J. A.; GARCIA, C.; RAMALHOSA, E. Efeito da humidade relativa nas propriedades físico-químicas e microbiológicas de miolo de amêndoa ao longo do armazenamento: Efeito da humidade relativa no miolo de amêndoas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n. n. especial 2, p. 99-106, 2020.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; GONÇALVES, E. P.; COSTA, E. G.; MEDEIROS, M. S. Armazenamento de sementes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. 1, p. 70-75, 2012.

GUINÉ, R. P. F.; ALMEIDA, C. F. F.; CORREIA, P. M. R.; MENDES, M. Modelling the influence of origin, packing and storage on water activity, colour and texture of almonds, hazelnuts and walnuts using artificiais neurais networks. **Food and Bioprocess Technology**, v. 8, n. 5, p. 1113-1125, 2015.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de Alimentos**, São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, p. 1020, São Paulo, 2008.

LANDIM, A. P. M.; BERNARDO, C. O.; MARTINS, I. B. A.; FRANCISCO, M. R.; SANTOS, M. B.; MELO, N. R. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. **Polímeros**, v. 26, n. SPE, p. 82-92, 2016.

LEÃO-ARAÚJO, E. F.; COUTO, C. A.; MORGADO, C. M. A.; BACCARIN, F. J. B.; SILVA, F. F.; SOUZA, E. R. B. Minimally processed coconut storage: packaging effect and storage period. **Scientific Electronic Archives**, v. 12, n. 2, p. 4, 2019.

LEMOS, M. R. B.; SIQUEIRA, E. M. A.; ARRUDA, S. F.; ZAMBIAZI, R. C. The effect of roasting on the phenolic compound sand antioxidant potential of baru nuts *Dipteryx alata* Vog. **Food Research International**, v. 48, n. 2, p. 592-597, 2012.

LIMA, J. R.; BRUNO, L. M. Estabilidade de pasta de amêndoa de castanha de caju. **Food Science and Technology**, v. 27, n. 4, p. 821, 2007.

LIMA, L. W.; STONEHOUSE, G. C.; WALTERS, C.; EL MEHDAWI, A. F.; FAKRA, S. C.; AH PILON-SMITS, E. Selenium accumulation, speciation and localization in Brazil nuts (*Bertholletia excelsa* H.B.K.). **Plants**, v. 8, n. 8, p. 3-5, 2019.

LORINI, A.; WOBETO, C.; ROSA, C. C. B.; HATEM, T. A.; BOTELHO, S. C. C. Influence of packaging on the quality of Brazil nuts. **Acta Amazonica**, v. 48, n. 4, p. 369-370, 2018.

MALHEIROS, G. C.; HECKTHEUER, L. H. R.; CANTO, M. W.; BALSAMO, G. M. O tempo e o tipo de embalagem sobre a erva-mate tipo chimarrão durante armazenagem em condições ambientais. **Ciência Rural**, v. 40, n. 3, p. 654-660, 2010.

MARTINS, M.; PACHECO, A. M.; LUCAS, A. C. S.; ANDRELLO, A. C.; APOLLONI, C. R.; XAVIER, J. J. M. Brazil nuts: determination of natural elements and aflatoxin. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 1, p. 157-164, 2012.

MERRIL, A. L.; WATT, B. K. **Energy value of foods: basis and derivation**. Washington, DC: US Department of Agriculture (Agriculture Handbook, 74), 1973.

MONTEIRO, C. S.; BALBI, M. E.; MIGUEL, O. G.; PENTEADO, P. T. P. S.; HARACEMIV, S. M. C. Qualidade nutricional e antioxidante do tomate “tipo italiano”. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 19, n. 1, p. 25-31, 2008.

MOODLEY, R.; BONDADE, A.; JONNALAGADDA, S. B. Composição Elementar e características químicas de cinco castanhas comestíveis (amêndoa, Brasil, noz-pecã, macadâmia e noz) consumidas na África Austral. **Jornal de Ciência e Saúde Ambiental**, parte B, v. 42, n. 5, p. 587, 2007.

MOURA, S. C. S. R.; VISSOTTO, F. Z.; BERBARI, S. A. G.; SOUZA, E. C. G.; TOTI, F. G. P.; ALVES JÚNIOR, P. Characterization and evaluation of stability of bioactive compounds in fruit smoothies. **Food Science and Technology**, v. 37, n. 2, p. 218, 2017.

MOUSSA, T. A. A.; ALMAGHRABI, O. A. Fatty acid constituents of *Peganum harmala* plant using Gas Chromatography–Mass Spectroscopy. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 23, n. 3, p. 397-403, 2016.

NASCIMENTO, A. P. S.; BARROS, S. L.; SANTOS, N. C. ARAÚJO, A. J. B.; CAVALCANTI, A. S. R. R. M.; DUARTE, M. E. M. Secagem convectiva e influência da temperatura nas propriedades físico-químicas das amêndoas de girassol comercial. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 20, n. 3, p. 227, 2018.

NASCIMENTO, E. A.; AQUINO, F. J. T.; NASCIMENTO, P. M.; CHANG, R.; MORAIS, S. A. L. Composição química do café conillon em diferentes graus de torração. **Ciência & Engenharia**, v. 16, n. 1/2, p. 17-21, 2007.

OLIVEIRA, D. E. C.; RESENDE, O.; COSTA, L. M. Efeitos da secagem na coloração dos frutos de baru (*Dipteryx alata* Vogel). **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 4, p. 364-370, 2016.

OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C. **Tecnologia e processamento de frutos e hortaliças**. 234 p. Natal, RN. 2015. Disponível em: <https://portal.ifrn.edu.br/campus/paudosferros/arquivos/livro-tecnologia-e-processamento-de-frutos-e-hortalicas>>Acesso em: 12 Mar, 2021.

OLIVEIRA, P. M.; OLIVEIRA, D. E. C.; RESENDE, O.; SILVA, D. V. baru (*Dipteryx alata* Vogel) fruits. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 12, p. 872-877, 2018.

OLIVEIRA, T. S. **Microencapsulação e estabilidade oxidativa do óleo de castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) com concentrados proteicos vegetais**. Dissertação (Mestre em Ciências Farmacêuticas) apresentado a Universidade Federal do Amazonas. 103 f, 2019.

OLIVEIRA-ALVES, S. C.; PEREIRA, R. S.; PEREIRA, A. B.; FERREIRA, A.; MECHA, E.; SILVA, A. B.; SERRA, A. T.; BRONZE, M. R. Identification of functional compounds in baru (*Dipteryx alata* Vog.) nuts: Nutritional value, volatile

and phenolic composition, antioxidante activity and antiproliferative effect. **Food Research International**, v. 131, p. 109026, 2020.

PAREKH, P. P.; KHAN, A. R.; TORRES, M. A.; KITTO, M. E. Concentrations of selenium, barium, and radium in Brazil nuts. **Journal of Food composition and Analysis**, v. 21, n. 4, p. 335, 2008.

PARRISH, D. R.; PEGG, R. B.; KERR, W. L.; SWANSON, R. B.; HUANG, G.; KERRIHARD, A. L. Chemical changes in almonds throughout storage: modeling the effects of common industry practices. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 54, n. 6, p. 2190-2198, 2019.

PEREIRA, J. D. S.; ÁLVARES, V. S.; SOUZA, J. M. L.; MACIEL, V. T. Armazenamento de Amêndoas Fermentadas e Despêliculadas de Cupuaçu. **In: I Seminário da Embrapa Acre de Iniciação Científica e Pós-graduação**. p. 47-48, 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1110978/armazenamento-e-amendoas-fermentadas-e-despêliculadas-de-cupuacu>. Acesso em: 12 Fev, 2021.

PLEASANCE, E. A.; KERR, W. L.; PEGG, R. B.; SWANSON, R. B.; CHEELY, A. N.; HUANG, G.; PARRISH, A. L. Effects of storage conditions on consumer and chemical assessments of raw 'Nonpareil' almonds over a two-year period. **Journal of Food Science**, v. 83, n. 3, p. 822-830, 2018.

QUEIROGA, V. P.; GIRÃO, Ê. G.; ARAÚJO, I. M. S.; GONDIM, T. M. S.; FREIRE, R. M. M.; VERAS, L. G. C. Composição centesimal de amêndoas de coco babaçu em quatro tempos de armazenamento. **Embrapa Algodão - Artigo em periódico indexado (ALICE)**, p. 212, 2015.

QUEQUETO, W. D.; SIQUEIRA, V. C.; NAZARIO, C. E. D.; JUNQUEIRA, M. H.; SCHOENINGER, V.; MARTINS, E. A. S. Oil composition and physiological quality of niger seeds after drying. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 42, e44398, 2020.

RAISI, M. GHORBANI, M.; MAHOONAK, A. S.; KASHANINEJAD, M.; HOSSEINI, H. Effect of storage atmosphere and temperature on the oxidative stability of almond kernels during long term storage. **Journal of Stored Products Research**, v. 62, p. 17-21, 2015.

RAMALLO, L. A.; ALBANI, O. A. Prediction and determination of water uptake in packaged yerba mate. **Food science and technology international**, v. 10, n. 1, p. 35-40, 2004.

REIS, D. S.; NETO, A. F.; FERRAZ, A. V.; FREITAS, S. T. Produção e estabilidade de conservação de farinha de acerola desidratada em diferentes temperaturas. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, p. 1-7, 2017.

REIS, V. B. S. X.; CAMPOS, S. J.; ARAUJO, K. K. S.; MELO, P. C.; REIS, J. L. Avaliação de amêndoas de baru in natura armazenadas em diferentes embalagens. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 2, p. 539-546, 2019.

RINALDI, M. M.; DIANESE, A. C.; COSTA, A. M.; SUSSEL, A. A. B.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. Effect of different packaging materials on the shelf life of passion fruits during ambient and low temperature storage. **Embrapa Cerrados- Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 05(1), p. 7-16, 2017.

ROBBINS, K. S.; SHIN, E. C.; SHEWFELT, R. L.; EITENMILLER, R. R.; PEGG, R. B. Update on the healthful lipid constituents of commercially important tree nuts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 22, p. 12083-12092, 2011.

ROCHA, S. M.; RODRIGUES, M. T. O. S.;¹ SILVA, D. S.; COSTA, F. M.; ARDOS-FILHO, O.; NUNE, Y. R. F.; ARRUDAS, S. R.; FIDÊNCIO, P. H. Efeito do armazenamento nas propriedades físico-químicas do óleo de *Mauritia flexuosa* L. f. (*Arecaceae*). **Caderno Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 31-37, 2017.

RODRIGUES, F. F. G.; NASCIMENTO, E. M. M.; FURTADO, C. A. N.; COSTA, J. G. M. Análise físico-química de espécies de Spondias oriundas do cariri cearense. **Cadernos de Cultura e Ciência**, v. 1, n. 1, p. 44-52, 2013.

SANTOS, O.V. **Estudos das potencialidades da castanha-do-Brasil: Produtos e Subprodutos**. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) apresentado a Universidade de São Paulo. 214 f, 2012.

SCOLES, R.; CANTO, M. S.; ALMEIDA, R. G.; VIEIRA, D. P. Sobrevivência e frutificação de *Bertholletia excelsa* Bonpl. em áreas desmatadas em Oriximiná, Pará. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 4, p. 555-564, 2016.

SILVA JUNIOR, E. C.; WADT, L. H. O.; SILVA, K. E.; LIMA, R. M. B.; BATISTA, K.D.; GUEDES, M. C.; CARVALHO, G. S.; CARVALHO, T. S.; REIS, A. R.; LOPES, G.; GUILHERME, L. R. G. Natural variation of selenium in Brazil nuts and soils from region. **Chemosphere**, v. 188, p. 650-658, 2017.

SILVA, C. O.; TASSI, É. M. M.; PASCOAL, G. B. **Ciência dos Alimentos: Princípios de Bromatologia**. 1. ed. Rio de Janeiro: Rubio, p. 46, 2016.

SILVA, J. S.; MARQUES, T. R.; SIMÃO, A. A.; CORRÊA, A. D.; PINHEIRO, A. C. M.; SILVA, R. L. Development and chemical and sensory characterization of pumpkin seed flour-based cereal bars. **Food Science and Technology**, v. 34, n. 2, p. 346-352, 2014.

SILVA, K. S.; MACHADO, A. L. B.; FREITAS, F. F.; ARQUIERI, E. R.; SILVA, F. A.; CARDOSO, C. F. et al. Stability of nut-based beverage made of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) and baru (*Dipteryx alata* Vogel). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 30937-30951, 2020.

SILVA, R. F.; ASCHERI, J. L. R.; SOUZA, J. M. L. Influence of Brazil nut processing on the quality of nuts. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 2, p. 445, 2010.

SILVA, S. M. T.; MORAIS, R. A.; COSTA, D. M.; TELES, J. S.; RODRIGUES, R. M.; SANTOS, C. C. A. A.; NASCIMENTO, G. N. L.; CANTANHEDE FILHA, R. B.; PIRES, C. R. F. Physical chemical characterization, bioactive compounds and

antioxidant activity of Pachira aquática Aublet almonds. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. 1-22, e535974391, 2020.

SILVEIRA, C. S. **Caracterização físico-química e avaliação biológica de produtos da castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.)**. Tese (Doutorado Ciência e Tecnologia de Alimentos) apresentado a Universidade Federal de Pelotas. 146 f, 2015.

SOARES, D. J.; CAVALCANTE, C. E. B.; CARDOSO, T. G.; FIGUEIREDO, A. T.; MAIA, G. A.; SOUZA, P. H. M.; FIGUEIREDO, R. W. Avaliação sensorial de amêndoas de castanha de caju obtidas dos cultivos convencional e orgânico. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 14, n. 3, p. 245-250, 2012.

SOUSA, L. C. F. S.; BORGES, M. G. B.; MACHADO, A. V.; SILVA, M. J. S.; FERREIRA, R. T. F. V.; SALGADO, A. B. Tecnologia de embalagens e conservação de alimentos quanto aos aspectos físico, químico e microbiológico. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 1, p. 19-28, 2012.

SOUZA, A. L. G.; CORRÊA, N. C. F.; FERREIRA, M. C. R.; SANTOS, O. V. Aproveitamento dos resíduos de extração de óleo da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em produtos alimentícios ricos em proteínas, lipídios e fibras. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 7, n. 4, p. 24, 2016.

SOUZA, A. L. S.; MIRANDA, J. S.; SOUSA, R. C. S. Caracterização físico-química da amêndoa e do óleo de baru submetido à extração sólido-líquido com solventes alternativos. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 26553, 2019.

SOUZA, A. V.; VIEITES, R. L.; VIERA, M. R. S. Avaliação pós-colheita dos frutos e geleia de amora-preta ao longo do período de armazenamento refrigerado. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 18, n. 1, p. 23-32, 2017.

SOUZA, N. E.; RODRIGUES, A. C.; SOUZA, A. H. P.; MATSUSHITA, M.; PEDRÃO, M. R.; DIAS, L. F. Quantification of mineral sand tocoferol sisomers in chestnuts approach chemometrics. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 5, p. 2427-2436, 2014.

TAVAKOLIPOUR, Hamid. Postharvest operations of pistachio nuts. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 2, p. 1124-1130, 2015.

TIBOLA, C. S.; LUCCHETTA, L.; ZANUZO, M. R.; SILVA, P. R.; FERRI, V. C.; ROMBALDI, C. V. Inibição da ação do etileno na conservação de caquis (*Diospyrus kaki* L.) 'Fuyu'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 1, p. 36-39, 2005.

VENKATACHALAN, M., SATHE, S. K. Composição química de sementes de nozes comestíveis selecionadas. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 13, p. 4707, 2006.

VIEIRA, J. S. C.; SOISA, T. L.; ROSAS, L. S.; LIMA, A. L.; RONCONI, C. M.; MOTA, C. J. A. Esterificação e transesterificação homogênea de óleos vegetais contendo alto teor de ácidos graxos livres. **Química Nova**, v. 41, n. 1, p. 10-16, 2018.

WU, J. LIN, X.; LIN, S.; CHEN, P.; HUANG, G.; PENG, P.; CHENG, Y.; MA, Y.; LIU, Y.; RUAN, R. California almond shelf life: Changes in moisture content and textural quality during storage. **Transactions of the ASABE**, v. 62, n. 3, p. 664-669, 2019.