**APROVEITAMENTO TECNOLÓGICO DE
CASTANHAS-DO-BRASIL ("Bertholletia excelsa");
ESTUDO DA QUALIDADE DE CONSERVAÇÃO**

**MARIA APARECIDA DE AMORIM RIBEIRO
(Nutricionista)**

Orientador: Prof. Dr. Urgel de Almeida Lima

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências, Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos.

**Piracicaba
Estado de São Paulo - Brasil
Agosto - 1992**

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

Ribeiro, Maria Aparecida de Amorim

R484a Aproveitamento tecnológico de castanhas-do-Brasil
(Bertholletia excelsa); estudo da qualidade de conservação
Piracicaba, 1992.
118p. ilus.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Castanha-do-Brasil - Conservação - Tecnologia 2. Cas
tanha-do-Brasil - Qualidade I. Escola Superior de Agricul
tura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 634.575

CDD 664.804575

**APROVEITAMENTO TECNOLÓGICO DE
CASTANHAS-DO-BRASIL ("Bertholletia excelsa"):
ESTUDO DA QUALIDADE DE CONSERVAÇÃO**

**MARIA APARECIDA DE AMORIM RIBEIRO
(Nutricionista)**

Aprovada em 23 de Setembro de 1992

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Urgel de Almeida Lima	ESALQ/USP
Profa. Dra. Marisa Ap. B. Regitano d'Arce	ESALQ/USP
Prof. Dr. Luiz Eduardo Gutierrez	ESALQ/USP

Prof. Dr. Urgel de Almeida Lima
Orientador

Aos meus pais, José e Olinda, que me apoiaram e incentivaram a ter firmeza nas atitudes e persistência em meus ideais. Saber esperar o momento exato de receber os benefícios, com paciência e luta sempre.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Urgel de Almeida Lima, pela orientação, amizade, dedicação, confiança e apoio que muito contribuíram para a realização deste trabalho e no enriquecimento profissional;

A professora Dra. Marisa Aparecida Bismara Regitano d'Arce, pela proposição do tema, orientação, apoio, amizade, dedicação e confiança que muito contribuíram para a realização deste trabalho e no enriquecimento profissional;

A professora Dra. Marília Oetterer, do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, da ESALQ/USP, pela colaboração prestada;

A professora Dra. Maria Cristina S. Nogueira, do Departamento de Matemática e Estatística, da ESALQ/USP, pela assessoria na análise estatística dos dados;

Ao Engenheiro Agrônomo Sérgio Vergueiro, pelo fornecimento das castanhas-do-Brasil utilizadas neste trabalho;

Ao Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL);

A Técnica de Laboratório Maria Fernanda de Almeida Prado, da ESALQ/USP, pela amizade, apoio e valiosa colaboração no decorrer do trabalho;

Ao Estagiário Carlos Eduardo Baggio, pela amizade e auxílio no decorrer do trabalho experimental;

As bibliotecárias Beatriz Helena Giongo e Kátia Maria Andrade Ferraz, pela orientação das normas na elaboração das bibliografias;

Ao desenhista Luiz Roberto Rodrigues;

v

Aos amigos Erica M. R. Gutierrez, Renata de P. Assis, Silvia M. Carpi e João Reinaldo Casagrande, pela amizade e auxílio no decorrer do trabalho;

A Fundação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela bolsa de mestrado;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro para a instalação da pesquisa realizada;

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela bolsa de mestrado e prorrogação, bem como pelo auxílio financeiro;

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMARIO

vi

	Página
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO	xiv
SUMMARY	xvi
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISAO DE LITERATURA	03
2.1. Alimento	03
2.2. Conservação	04
2.3. Alterações Oxidativas	09
2.4. Tipos de Rancidez	11
2.5. Mecanismos da Auto-oxidação	12
2.6. Absorvedores de Oxigênio	15
3. MATERIAL E METODOS	17
3.1. Material	17
3.2. Instalação do experimento com latas e bandejas e execução da pesquisa com castanhas-do-Brasil des cascadas	19
3.3. Instalação do experimento sob diferentes temperatu ras com castanhas-do-Brasil descascadas e com cas ca	20
3.3.1. Matéria Prima	20
3.3.2. Instalação do experimento e execução da pes quisa	21
3.4. Métodos Analíticos	22
3.4.1. Matéria Seca	22
3.4.2. Índice de Acidez	22
3.4.3. Índice de Peróxido	22

	vii
3.4.4. Índice de Iodo	22
3.4.5. Exame espectrofotométrico sob luz ultra-violeta	22
3.4.6. Análise da atmosfera interna das latas	23
3.4.7. Análise Sensorial	24
3.4.8. Análise Estatística	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1. Ensaio de armazenamento de castanhas-do-Brasil de cascas	27
4.1.1. Teor de Umidade	27
4.1.2. Índice de Acidez	30
4.1.3. Índice de Peróxido	34
4.1.4. Índice de Iodo	40
4.1.5. Exame Espectrofotométrico em 232 nm	43
4.1.6. Exame Espectrofotométrico em 270 nm	47
4.1.7. Análise da Composição da Atmosfera Interna das Latas	50
4.1.7.1. Enlatamento com Ar Atmosférico ...	51
4.1.7.2. Enlatamento com Ar mais Sachê Absorvedor	53
4.1.7.3. Enlatamento com Nitrogênio	55
4.1.8. Análise Sensorial	58
4.2. Análises Complementares	60
4.2.1. Armazenamento das castanhas-do-Brasil de cascas em bandejas de polipropileno, sob baixas temperaturas	60
4.3. Ensaio de estocagem de castanhas-do-Brasil em casca e descascadas em sacos de papel, para acompanhamento do processo de instalação do ranço	68
4.3.1. Análises das castanhas-do-Brasil em casca, submetidas a diferentes condições de armazenamento, durante quatro meses	68

	viii
4.3.1.1. Teor de Umidade	68
4.3.1.2. Índice de Acidez	69
4.3.1.3. Índice de Peróxido	70
4.3.1.4. Índice de Iodo	72
4.3.1.5. Exame Espectrofotométrico em 232 nm	73
4.3.1.6. Exame Espectrofotométrico em 270 nm	74
4.3.2. Análises das castanhas-do-Brasil descasca das, submetidas a diferentes condições de armazenamento, durante quatro meses	76
4.3.2.1. Teor de Umidade	76
4.3.2.2. índice de Acidez	77
4.3.2.3. Índice de Peróxido	78
4.3.2.4. índice de Iodo	79
4.3.2.5. Exame Espectrofotométrico em 232 nm	81
4.3.2.6. Exame Espectrofotométrico em 270 nm	82
5. CONCLUSOES	84
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	85
APENDICE	90

LISTA DE FIGURAS

Figura nº		Página
1	Latas com castanhas-do-Brasil descascadas, usadas no experimento.....	18
2	Bandejas de polipropileno com castanhas-do-Brasil descascadas, usadas no experimento.....	18
3	Modelo de ficha para registro da avaliação sensorial das mastras de castanhas-do-Brasil	24
4	Resultados da avaliação sensorial quanto ao odor de castanhas-do-Brasil descascadas, enlatadas por 12 meses.....	58
5	Resultados da avaliação sensorial quanto ao sabor de castanhas-do-Brasil descascadas, enlatadas por 12 meses.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela nº		Página
1.1	Características do óleo das castanhas-do-Brasil em casca e descascadas, tipo exportação, no início do experimento 3.3	20
1.2	Características do óleo das castanhas-do-Brasil em casca e descascadas, tipo exportação, no início do experimento 3.3	21
2	Valores médios de teor de umidade (%) das castanhas-do-Brasil descascadas, enlatadas e embaladas em bandejas de polipropileno, por 6 meses.....	29
3	Valores médios de teor de umidade (%) das castanhas-do-Brasil descascadas, enlatadas por 12 meses.....	30
4	Valores médios do índice de acidez (mg KOH/g) dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas enlatadas e embaladas em bandejas de polipropileno, por 6 meses.....	33
5	Valores médios de índice de acidez (mg KOH/g) dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas enlatadas por 12 meses.....	34
6	Valores médios de índice de peróxido (meq O ₂ /kg de amostra) dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, enlatadas e embaladas em bandejas de polipropileno, por 6 meses.....	38
7	Valores médios de índice de peróxido (meq O ₂ /kg de amostra) dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, enlatadas por 12 meses.....	39
8	Valores médios do índice de iodo (mg de iodo/100 mg de amostra) dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, enlatadas e embaladas em bandejas de polipropileno, por 6 meses.....	42
9	Valores médios do índice de iodo (mg de iodo/100 mg de amostra) dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas enlatadas por 12 meses.....	43

		xi
10	Valores médios de E 232 dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, enlatadas e embaladas em bandejas de polipropileno, por 6 meses.....	45
11	Valores médios de E 232 dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas enlatadas por 12 meses.....	46
12	Valores médios de E 270 dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, enlatadas e embaladas em bandejas de polipropileno, por 6 meses.....	49
13	Valores médios de E 232 dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas enlatadas por 12 meses.....	50
14	Valores médios da composição da atmosfera interna das latas, com castanhas-do-Brasil descascadas, tipo exportação, sob ar atmosferico.....	53
15	Valores médios da composição da atmosfera interna das latas, com castanhas-do-Brasil descascadas, tipo exportação, sob ar e absorvedor de oxigenio.....	55
16	Valores médios da composição da atmosfera interna das latas, com castanhas-do-Brasil descascadas, tipo exportação, sob nitrogenio.	57
17.1	Resultados das análises do óleo das castanhas-do-Brasil descascadas, armazenadas em bandejas de polipropileno e mantidas ao ambiente.....	65
17.2	Resultados do exame espectrofotométrico na faixa ultravioleta nas castanhas-do-Brasil descascadas, armazenadas em bandejas de polipropileno, mantidas ao ambiente.....	65
18.1	Resultados das análises do óleo das castanhas-do-Brasil descascadas, armazenadas em bandejas de polipropileno e mantidas sob refrigeração.....	66
18.2	Resultados do exame espectrofotométrico na faixa ultravioleta nas castanhas-do-Brasil descascadas, armazenadas em bandejas de polipropileno, mantidas sob refrigeração.....	66

19.1	Resultados das análises do óleo das castanhas-do-Brasil descascadas, armazenadas em bandejas de polipropileno e mantidas sob congelamento.....	67
19.2	Resultados do exame espectrofotométrico na faixa ultravioleta nas castanhas-do-Brasil descascadas, armazenadas em bandejas de polipropileno, mantidas sob congelamento.....	67
20	Valores médios de teor de umidade (%) das castanhas-do-Brasil em casca, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.....	69
21	Valores médios de índice de acidez (mg KOH/g) do óleo das castanhas-do-Brasil em casca, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.....	70
22	Valores médios de índice de peróxido (meq O ₂ /kg de amostra) do óleo das castanhas-do-Brasil em casca, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses	72
23	Valores médios de índice de iodo (mg iodo/100 mg de amostra) do óleo das castanhas-do-Brasil em casca, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses	73
24	Valores médios de E 232 do óleo das castanhas-do-Brasil em casca, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses	74
25	Valores médios de E 270 do óleo das castanhas-do-Brasil em casca, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses	75
26	Valores médios de teor de umidade (%) do óleo das castanhas-do-Brasil descascadas, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.....	77

		xiii
27	Valores médios de índice de acidez (mg KOH/g) do óleo das castanhas-do-Brasil descascadas, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.....	78
28	Valores médios de índice de peróxido (meq O ₂ /kg de amostra) do óleo das castanhas-do-Brasil descascadas, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses	79
29	Valores médios de índice de iodo (mg iodo/100 mg de amostra) do óleo das castanhas-do-Brasil descascadas, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses	80
30	Valores médios de E 232 do óleo das castanhas-do-Brasil descascadas, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses	82
31	Valores médios de E 270 do óleo das castanhas-do-Brasil descascadas, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses	83

APROVEITAMENTO TECNOLÓGICO DE CASTANHA-DO-BRASIL
(*Bertholletia excelsa*): ESTUDO DA QUALIDADE DE CONSERVAÇÃO.

Autor : Maria Aparecida de Amorim Ribeiro
Orientador: Urgel de Almeida Lima

RESUMO

O presente trabalho visou ao estudo da conservação das castanhas-do-Brasil. O primeiro experimento foi conduzido com castanhas descascadas, por 12 meses, e constou da avaliação do efeito de seu armazenamento em latas, sob três diferentes atmosferas e em bandejas de polipropileno. As castanhas foram mantidas em latas com ar atmosférico, com absorvedor de oxigênio e com nitrogênio e em bandejas de polipropileno recobertas com PVC. A cada mês foram feitas determinações da composição da atmosfera das latas. Os resultados das concentrações de hidrogênio, oxigênio e nitrogênio revelaram que a concentração de O_2 foi a que apresentou maior oscilação e o enlatamento com nitrogênio foi o mais eficiente na ação de redução de sua concentração dentro das latas.

As análises químicas do óleo das castanhas consistiram dos índices de acidez, peróxido, iodo e espectrofotometria de absorção na faixa do ultravioleta. As castanhas armazenadas nas latas, sob ar atmosférico, foram as que, durante o período de 12 meses, apresentaram uma elevação crescente nos índices de acidez alcançando 2, e de peróxido atingindo, já no 3º mês, valores próximos de 19 meq O_2 /kg de amostra, mantidos até o final do ensaio. Os óleos das castanhas enlatadas com ar atmosférico e absorvedor de O_2 foram os que apresentaram os índices de peróxido mais baixos, seguidos dos mantidos sob nitrogênio, 11 e 14 meq O_2 /kg de amostra, respectivamente. Os valores de iodo acompanharam a tendência de variação dos índices de acidez ou de peróxido, comprovados pelos valores de E 232 e E 270. As castanhas descascadas das bandejas apresentaram índices de peróxido e acidez muito elevados e redução no índice de iodo, sendo consideradas inadequadas ao consumo após 2 meses de armazenamento. A avaliação sensorial confirmou os dados químicos. A umidade das amêndoas dentro das latas manteve-se constante, ao passo que a das em bandejas apresentaram aumento crescente, chegando a 5%, já no 5º mês de ensaio consequência do tipo de embalagem.

O segundo experimento foi conduzido com castanhas em casca e com amêndoas em sacos de papel Kraft, em três condições de armazenamento. Durante 4 meses, estas castanhas foram mantidas ao ambiente, sob refrigeração e sob congelamento. Para castanhas em casca ao ambiente somente a partir do 2º mês ocorreu formação de peróxidos, alcançando 0,16 meq O_2 /kg de amostra. Sob refrigeração e congelamento, isto ocorreu de forma mais lenta. As castanhas

descascadas apresentaram, no início, valor de peróxido 9,18 meq O_2 /kg de amostra e índice de acidez de 1. Após 4 meses ao ambiente, o índice de peróxido chegou a 23,3 meq O_2 /kg de amostra e o de acidez a 2 mg de KOH/g, com redução do índice de iodo. Para estas castanhas mantidas sob refrigeração, os índices foram mais estáveis. Nas castanhas descascadas, mantidas sob congelamento, ocorreu redução no índice de peróxido no 1º mês, para 7,5 meq O_2 /kg de amostra, mantido até o final do experimento. Os índices de iodo e de acidez se mantiveram estáveis. Os resultados da espectrofotometria de absorção na faixa do ultravioleta confirmaram os dados anteriores.

Em suma, o enlatamento com nitrogênio e com absorvedor de O_2 foram as formas mais recomendadas para armazenar castanhas descascadas, com vantagem para o absorvedor. O abaixamento da temperatura de armazenamento contribuiu para aumentar o tempo de conservação das mesmas.

TECHNOLOGICAL UTILIZATION OF BRAZIL NUTS (Bertholletia excelsa):
CONSERVATION QUALITY STUDY.

AUTHOR : Maria Aparecida de Amorim Ribeiro
ADVISER: Urgel de Almeida Lima

SUMMARY

The present work had the objective of studying the conservation of Brazil nuts. The first experiment was conducted with shelled nuts for 12 months and the evaluation of the effect of storage in cans under three different atmospheres and on polypropylene trays was studied. The nuts were kept in cans with atmospheric air, with oxygen absorber and nitrogen and on polypropylene trays covered with PVC. The composition of the atmosphere inside the cans was determined monthly. The results of the hydrogen, nitrogen and oxygen concentrations showed the latter to be the most variable and nitrogen atmosphere to be the most efficient in reducing oxygen concentration inside the cans.

Chemical analysis of the nut oils comprised free fatty acid content, peroxide value, iodine number and ultraviolet absorption at 232 and 270 nm. Canned nuts stored under atmospheric air showed increasing free fatty acid value up to 2 acidity after 12 months and peroxide values ca. 19 meq O₂/kg of oil on the third month which was kept till the end of the experiment. Oils from canned nuts stored under air and O₂ absorber presented the lowest peroxide values followed by those on nitrogen treatment, respectively 11 and 14 meq O₂/kg of oil. Iodine number followed the trend of the acidity and peroxide results as confirmed by absorbance numbers on E 232 and E 270. The shelled nuts from the trays showed very high free fatty acid and peroxide contents and reduced iodine numbers, being considered inadequate for consumption after two months of storage. The organoleptic evaluation confirmed the chemical data. Canned nuts kernels moisture was kept constant. The nuts from the trays showed increasing moisture content reaching 5% in the fifth month of the experiment as a consequence of the type of packaging.

The second experiment was conducted with unshelled nuts and nut kernels in paper bags under three storage conditions. These nuts have been kept for four months under normal environmental conditions, under refrigeration and under freezing. The unshelled

nuts stored under normal environmental conditions showed some peroxide formation just on the second month, 0,16 meq O₂/kg of oil. When under refrigeration and freezing, this happened in a slower way. The shelled nuts presented initially 9.18 meq O₂/kg of oil and 1, peroxide and acidity values, respectively. After four months under environmental conditions, the peroxide value was 23.3 meq O₂/kg of oil and acidity was 2, as the iodine number decreased. For these nuts kept under refrigeration, the chemical values were kept more stable during the storage period. In the shelled nuts stored under freezing there has been initially a reduction in the peroxide value to 7.5 meq O₂/kg of oil which was kept till the end of the experiment. Iodine number and free fatty acid content were kept stable. The spectrophotometric absorption in the ultraviolet region confirmed the previous data.

The results indicated canning under nitrogen atmosphere and with O₂ absorber to be the most recommended type of packaging for shelled Brazil nuts. Decrease in the storage temperature contributed to increase Brazil nuts shelf-life.

1. INTRODUÇÃO

A castanha-do-Brasil tem reconhecido valor nutricional decorrente de sua composição em lipídeos e proteínas. Ela é a semente da castanheira-do-Brasil - Bertholletia excelsa, planta da família das Lecitidáceas, cultivada em toda a Amazônia e considerada uma de suas maiores riquezas na região dos castanhais, nos municípios de Marabá (estado do Pará), São João do Araguaia, Xinguara e Itupiranga (próximo ao lago da Usina Hidrelétrica de Tucuruí). Sua ocorrência no Brasil também é assinalada no Acre, Amapá, parte do Maranhão, norte do Mato Grosso, Rondônia e Roraima. Também vegeta na Colômbia, Venezuela, Equador, Bolívia e Guianas.

As castanheiras nativas começaram a produzir aos 12 anos de idade e as enxertadas, aos 7.

O fruto da castanheira, o ouriço, é uma cápsula que amadurece entre os meses de janeiro a abril, período que corresponde à estação chuvosa, denominada inverno, na região de produção. Maduros, os ouriços caem e são recolhidos, não se fazendo a apanha diretamente nas árvores porque elas são muito altas e estão no meio da mata.

Depois da coleta, os ouriços são abertos e as castanhas são retiradas e lavadas nos rios, dentro de cestos denominados paneiros. Nessa operação são eliminadas terra e impurezas aderentes ocorrendo uma seleção, com a separação das castanhas chochas e estragadas, das boas que afundam, enquanto aquelas flutuam.

Em seguida as castanhas boas são levadas para paióis onde são armazenadas sob condições precárias, até o momento de serem conduzidas a um depósito principal ou serem comercializadas.

Do castanhal para os paióis são trazidas em barcos, nos paneiros, em sacos ou a granel. Dos paióis, o escoamento da produção para o porto de Belém é feita principalmente pela Rodovia Belém-Brasília.

As vinte mil toneladas anuais de castanha-do-Brasil são quase totalmente exportadas, principalmente para os Estados Unidos, em casca, e para o Reino Unido, descascadas.

A produção de castanhas-do-Brasil é extrativa, mas já há um início de plantio racional com mudas enxertadas, espaçamentos adequados, tratos culturais convenientes, defesa fitossanitária e estudos de solo, visando melhor aproveitamento das áreas plantadas, melhor produção e maior estabilidade dos produtos obtidos.

O consumo interno representa perto de 1% da produção e é de castanhas ao natural, comercializadas em cascas ou descascadas. A industrialização é incipiente, restrita às áreas de produção, entre os castanheiros. Não há fabricação industrial de óleo e aproveitamento de subprodutos.

Entre as razões para esse reduzido consumo podem estar a baixa qualidade de conservação das sementes e a dificuldade de quebrar a casca. O ranço parece ser o principal motivo da rejeição.

A comercialização de castanhas descascadas, mais atraente para o consumidor, pode melhorar a demanda, mas é necessário conhecer a vida útil dessas castanhas e estabelecer uma forma de conservar suas características organolépticas.

Com o presente trabalho, objetivou-se estudar as alterações da castanha-do-Brasil ao longo de 12 meses de armazenamento sob diferentes condições de conservação. As alterações pesquisadas foram o estabelecimento do ranço e de seus componentes.

Com os resultados, procurou-se definir uma forma de conservação que reduza ou impeça as alterações que diminuem seu valor nutritivo e comercial.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Alimento

O endosperma das castanhas é rico em lipídeos e proteínas, apresentando entre 60 e 70% de gorduras e 15 e 20% de proteínas. Por prensagem extrai-se o óleo e obtém-se a torta, ambos usados como alimento pelos habitantes das regiões produtoras da castanha. O óleo de castanha-do-Brasil não é comercializado, apesar de ser comestível e apresentar semelhança ao de milho (NERY, 1969). Ele encerra alto teor em ácidos graxos poliinsaturados, com predominância dos ácidos oléico e linoléico, mas não tem uso difundido em culinária ou em farmácia. Seu consumo se limita à região de cultivo por seus nativos.

A castanha-do-Brasil é usada "in natura" em produtos de confeitaria, doces e chocolates, como um produto de complementação ou secundário. Há estudos sobre a proteína da castanha e do farelo desengordurado, na alimentação de ratos, buscando informações que possibilitem aconselhar seu uso na dieta humana, mas não há progressos nesse sentido.

ZUCAS et alii (1975) e PECHNIK et alii (1950) observaram pequeno desenvolvimento em ratos alimentados com farinhas de castanha-do-Brasil desengorduradas com hexano e éter etílico. Embora sem comprovação, admite-se que houve redução do valor biológico das farinhas, por causa do alto teor de fibras ou por interação entre proteína e solvente.

PECHNIK et alii (1950) alimentaram ratos com torta de castanha, com 29,2% de lipídeos, obtida por prensagem. Os resultados da administração de uma dieta em que o constituinte protéico consistiu de torta e leite foram superiores ao padrão com leite, como componente protéico único e, demonstraram a boa qualidade nutricional da torta como fonte protéica e calórica na alimentação. Os mesmos autores encontraram o coeficiente de digestibilidade de 97,7% no óleo de castanha-do-Brasil.

MOURA & ZUCAS (1981) constataram que o Coeficiente de Eficácia Protéica (CEP) da mistura de três partes de proteína isolada de soja e de uma de farinha de castanha-do-Brasil, foi superior ao CEP da proteína isolada de soja, isoladamente, porque a farinha de castanha-do-Brasil supriu os aminoácidos sulfurados, dos quais a proteína isolada de soja é carente.

Segundo ROTEMBERG & IACHAN (1975), a farinha da castanha-do-Brasil desengordurada com hexano apresentou 52% de proteína, ausência de atividade anti-tríptica e atividade hemaglutinante no valor de 5 x 27/g de farinha.

2.2. Conservação

YOKOYA et alii (1970) verificaram que as castanhas descascadas armazenadas em ambiente com umidade relativa superior a 80%, em temperatura de 26°C a 28°C, apresentaram crescimento fúngico em sua superfície e, que o aumento da acidez do óleo foi proporcional ao crescimento dos micélios. Segundo os mesmos autores (1971), as amêndoas podem ser armazenadas com segurança em ambientes com umidade relativa (U.R.) inferior a 70%, por um período de 8 meses, sem alterações indesejáveis. Castanhas inteiras, em casca, parcialmente desidratadas, contendo 6,8% de umidade, armazenadas em ambientes com 80% de umidade relativa, podem ser conservadas por até 6 meses.

WEHNER & RABIE (1970) examinaram a incidência de microrganismos em castanhas, nozes e amêndoas inteiras, selecionadas e embaladas (processadas) e em não processadas, quebradas, que seriam eliminadas. Os microrganismos predominantes eram esporulantes e as maiores contaminações ocorreram nas amostras de material não processado, com maior frequência de Aspergillus niger e Bacillus spp., seguidos por Aspergillus flavus e Micrococcus spp., sem produção de toxina. Não foram encontrados coliformes. Segundo os autores, as castanhas, nozes e amêndoas, além da flora natural, podem se contaminar durante a colheita, processamento e embalagem; por isso, a elevada contaminação era esperada. A temperatura de 25°C foi mais favorável ao seu desenvolvimento que a de 37°C.

ESCHER et alii (1974) procuraram comprovar que a eliminação de nozes pecãs de baixo peso específico, enrugadas, descoloridas ou com mal formações contribuem para a redução da incidência de Aspergillus e da conseqüente formação de aflatoxina. Analisando diferentes amostras de vários lotes, os autores verificaram que 2 a 4% do lote inicial estavam contaminados com Aspergillus e, que a presença destes fungos pode ou não levar à produção de aflatoxina, conforme o tipo de processamento e embalagem utilizada na comercialização.

A produção de aflatoxina por Aspergillus flavus e A. parasiticus em sementes oleaginosas é maior do que em grãos amiláceos (Fabri et alii, 1973 apud ZAIKA & BUCHANAN, 1987).

Para os autores, o teor de ácidos graxos poliinsaturados é fator determinante na produção de aflatoxina, porque são mais facilmente oxidados a peróxidos do que os monoinsaturados. Passi et alii, 1984 apud ZAIKA & BUCHANAN (1987) afirmam que há relação direta entre o índice de peróxido e a produção de aflatoxina.

A deterioração oxidativa leva à rejeição do produto. JAN et alii (1988) examinaram a ocorrência da deterioração oxidativa sob diferentes condições de estocagem, de temperatura e de tipos de embalagem. As embalagens de filme laminado e lata foram mais eficientes na estocagem de nozes inteiras sem casca do que as de polietileno, que demonstraram apenas proteção inicial contra a oxidação e não durante a estocagem. Os valores de peróxido, p-anisidina e teor de ácidos graxos livres aumentaram com a estocagem à 40°C, em comparação com os valores encontrados no óleo das nozes estocadas à 5°C e à 20°C. Após 7 semanas de estocagem, as nozes armazenadas à 40°C escureceram e apresentaram alterações na textura, odor e sabor, reduzindo sua qualidade organoléptica, ao passo que as estocadas à 5°C e à 20°C, mesmo após 15 semanas de estocagem foram totalmente aceitas pela equipe de degustadores.

ASSUNÇÃO et alii (1984) estudaram a estabilidade do óleo bruto de castanha, quanto à oxidação, em comparação com os óleos de sementes de maracujá e de semente de seringueira, todos provenientes de plantas típicas da Amazônia. O óleo de castanha-do-Brasil apresentou estabilidade intermediária em relação aos outros dois, sendo mais estável que o de semente de maracujá.

A baixa estabilidade do óleo de castanha-do-Brasil, quanto à oxidação, foi atribuída ao seu alto teor (77,3%) em ácidos graxos insaturados (41,2% de oléico e 36,1% de linoléico), apesar de seu baixo índice de iodo (95,4%), segundo Wijs. A concentração de metais no óleo cujos teores foram da ordem de 2,24 ppm de ferro e 1,4 ppm de cobre, podem explicar a baixa estabilidade do óleo. A 46°C, os autores retro citados identificaram a reação de produção de hidroperóxidos como de primeira ordem, tanto no óleo de castanha-do-Brasil como no de semente de seringueira. A velocidade de oxidação do óleo de castanha-do-Brasil foi, entretanto, 1,8 vezes maior que a do óleo de seringueira. Além disso, o óleo bruto de castanha já apresentava, desde o início do experimento, 20 a 30 meq O₂/Kg de amostra, confirmando sua alta instabilidade.

Os peróxidos afetam o valor nutricional das gorduras. YAGI (1980) alimentou ratos com dietas contendo óleo de milho rançado e observou uma redução no ganho de peso dos animais, o que indica o seu efeito danoso à saúde.

BILLEK (1983) afirma que a deterioração oxidativa provoca alterações organolépticas, perda de valor nutritivo, aparecimento de compostos tóxicos e que peróxidos derivados de lipídeos são tóxicos em doses de 16 meq O₂/kg de peso corporal. ARTMAN & SMITH (1972) estudaram o efeito tóxico da ingestão de óleo de girassol superaquecido, por animais de laboratório. Eles apresentaram crescimento retardado, danos nas células do fígado e rins e, alguns chegaram a morrer, provavelmente em função do efeito nocivo à saúde do material polar.

O consumidor normalmente rejeita alimentos rançados, mais ou menos, em função de sua sensibilidade de paladar.

No caso de alimentos lipídicos, os testes sensoriais analíticos realizados com degustadores treinados são de grande valia, pois detectam a presença de ranço em produtos, nos quais as análises químicas acusam reações oxidativas de lipídeos em níveis considerados adequados à comercialização e consumo.

Autores como JAN et alii (1988) acompanharam seus experimentos com uma equipe de degustadores treinados apoiados em testes analíticos. Outros como ASSUNÇÃO et alii (1984) empregaram apenas os procedimentos analíticos para o acompanhamento da instalação do ranço. Dentre as técnicas adotadas para este tipo de trabalho e recomendadas por BILLEK (1983) estão os índices de acidez, de peróxido e de TBA (método de ácido tiobarbitúrico), valor da p-anisidina e exame espectrofotométrico dos óleos na faixa do ultravioleta.

Nos países produtores de nozes, amêndoas e outras frutas secas, há preocupação com sua conservação e com o estabelecimento de métodos de preservação de sua qualidade.

GUADAGNI et alii (1978) observaram o efeito da atmosfera de oxigênio controlada, nas mudanças de "flavor" das amêndoas com casca e descascadas, estocadas em temperaturas de 18,5°C e 27°C. Após 3 meses de armazenamento a 27°C, em atmosfera ambiente, as amêndoas descascadas apresentaram "flavor" desagradável, que não se evidenciou antes de 6 meses a 18,5°C. Após 12 meses de estocagem, não se registrou diferença entre amêndoas em casca a 27°C e armazenadas com casca e descascadas a 18,5°C, tanto em atmosfera ambiente como controlada. O trabalho comprovou que a casca das amêndoas é uma proteção efetiva contra alterações oxidativas durante a armazenagem, mesmo em temperatura e atmosfera ambiente. O descascamento ou a fratura das cascas durante o manuseio expõem as amêndoas ao contato direto com o ar e facilitam as alterações oxidativas.

Paralela e independentemente da temperatura, a atmosfera controlada foi efetiva na preservação de mudanças oxidativas devido à baixa concentração do oxigênio em contato com o produto. As amêndoas descascadas conservadas em atmosfera de oxigênio controlada, permaneceram aceitáveis durante todo o estudo. Ao longo de 9 meses de estocagem em temperatura ambiente, a 18,5°C e a 27°C, as amêndoas, descascadas sob condições normais de ambiente, foram aceitas por 80% dos degustadores, porém de 6 a 12 meses a 27°C, as amêndoas foram aceitas apenas por 20 a 35% dos juizes. A estocagem sob atmosfera controlada foi efetiva na manutenção da aceitabilidade das amêndoas descascadas a 18,5°C e a 27°C, o que não ocorreu em atmosfera ambiente.

Nas amêndoas em casca armazenadas em atmosfera ambiente houve maior estabilidade do que nas descascadas. Segundo os autores, a atmosfera de ar controlada contribuiu benéficamente para a estocagem de amêndoas pelo controle de insetos e pela manutenção das qualidades organolépticas.

TAPPEL et alii (1957) mediram a absorção de oxigênio pelo óleo e por pedaços de nozes mantidos em atmosfera de oxigênio a 37°C e, observaram que nas primeiras 200 horas de armazenamento o óleo apresentou um período de indução no qual não houve absorção do gás, seguido de outro em que ocorreu rápida absorção de oxigênio. Em nozes em pedaços houve imediata e gradual absorção de oxigênio até 1.000 horas, que decresceu após cerca de 1.500 horas de armazenamento. No óleo das nozes foram encontrados de 20 a 30 mg de tocoferóis por 100 g, teor semelhante ao encontrado em amendoim, pecãs, amêndoas e avelãs. Eles proporcionaram proteção contra a oxidação nas primeiras 200 horas, a proteção não foi mais ampla por causa da elevada insaturação dos ácidos graxos, responsáveis pela baixa estabilidade do óleo. Nas nozes em pedaços, os antioxidantes naturais ofereceram pouca proteção contra a auto-oxidação, especialmente quando a película das nozes foi quebrada ou soltou-se. Na estocagem comercial das nozes em pedaços, a presença de oxigênio favoreceu a oxidação dos lipídeos, portanto o estabelecimento do ranço oxidativo, e a redução da qualidade.

HOLADAY et alii (1979) embalaram pecãs cruas e tostadas em atmosfera de dióxido de carbono em sacos plásticos de nylon laminado e de etileno vinil acetato (EVA) e os armazenaram a temperatura ambiente. Pela análise sensorial, o "flavor" das pecãs "in natura", estocadas por 6 semanas, em atmosfera de CO₂ foi melhor do que as testemunhas, mantidas a 1,7°C e 65% de U.R.. Ao fim de 27 semanas de armazenamento, as pecãs tostadas e não tostadas apresentaram características organolépticas semelhantes às das testemunhas. Em período de armazenamento maior, todos os tratamentos apresentaram características organolépticas piores do que as da testemunha. Houve um considerável aumento da vida útil ("vida de prateleira") das pecãs, que se tornam rançosas quando conservadas ao ambiente.

KAYS & DULL (1988) testaram materiais de embalagens flexíveis para a manutenção da qualidade e da estabilidade mecânica de nozes e pecãs e, observaram que o celofane revestido de policloreto de vinilideno (CP-PVDC) selado à vácuo, ou em atmosfera de nitrogênio, foi o material mais efetivo por um período de 24 semanas. Nas pecãs embaladas em filme metalizado, de baixa permeabilidade ao oxigênio e, conservadas em temperatura ambiente, a análise sensorial acusou "flavor" ácido após 24 semanas. De acordo com os autores ocorreu uma fermentação. Com relação à cor, a maior deterioração foi observada em pecãs armazenadas em embalagens de celofane, All-Vak e, por último, em película metalizada. A permeabilidade do material de embalagem ao vapor de água afeta o grau de umidade da noz. Elevada permeabilidade resulta em nozes secas com maior potencial de quebra durante o transporte e comercialização. As pecãs soltas nas embalagens são mais susceptíveis à fratura, que as embaladas à vácuo.

Estudando o descascamento de pecãs, FORBUS & SENTER (1976) verificaram que, submetidas à autoclavagem, renderam de 12 a 17% a mais de metades que as descascadas pelos processos usuais de indústria e, 19% a mais do que as que não sofreram nenhum

tratamento. As descascadas pelos tratamentos usuais da indústria, ensacadas em sacos de polietileno e estocadas a 21°C e 65% de U.R., durante 45 semanas, apresentaram maior suscetibilidade à oxidação, do que as que não receberam nenhum tratamento ou as tratadas em retortas. Resultados semelhantes foram obtidos quanto à deterioração hidrolítica evidenciada pelos teores de ácidos graxos livres. Pela escala hedônica de avaliação sensorial, os autores consideraram aceitáveis as peças em casca, tratadas por vapor, porém, quando descascadas e acondicionadas, elas se tornaram mais escuras do que nos demais tratamentos.

Analisando óleo de peças levemente auto-oxidado, com índice de peróxido de 1,5 meq O₂/kg de amostra, HORVAT & SENTER (1980) encontraram os seguintes compostos voláteis: acetaldeído, pentano, acetona, hexano, 1-hexano, butanol, (2-butanol), pentanal, pentanol, hexanal, tolueno, n-propilbenzeno (etilfenilcetona), heptano, benzaldeído, octano, 2-heptanona, heptanal, octanal, 1-dodeceno, decanal, 1-tetradeceno.

SATTAR et alii (1990) estudaram o armazenamento de óleos de diferentes frutos secos, em temperatura ambiente, em diferentes embalagens, expostos à luz fluorescente e observaram que a formação de peróxidos aumentou sensivelmente com a exposição à luz. A maior elevação foi notada no óleo de nozes, seguida pelo óleo de pinhão (Alpinus pinea), de amendoim e de amêndoas.

Após 6 semanas, o óleo de nozes exposto à luz fluorescente apresentou índice de peróxido de 55,1; o conservado em vidro transparente, 40; em vidro âmbar, 10,1 e o não exposto à luz, 8,2. O vidro âmbar ofereceu nítida proteção contra a fotoxidação. As diferenças de índices de peróxido entre os óleos de frutos secos foram atribuídas ao teor de antioxidantes naturais e pigmentos.

SATTAR et alii (1991) estudaram a conservação de amêndoas, de amendoins, de pinhão (Alpinus pinea) e de nozes em sacos de polietileno, de diferentes colorações, em sacos de papel e em vidros de cor âmbar, armazenados em temperatura ambiente, por 6 meses. Os pinhões e as nozes apresentaram maior oxidação do que as amêndoas e os amendoins durante o período, mas o nível de oxidação dependeu do material da embalagem. O vidro âmbar foi superior contra a auto-oxidação, em comparação às demais embalagens, pela barreira oferecida à transmissão de luz de 14%, superando o polietileno preto que impediu 5,1%. O polietileno transparente teve o menor controle sobre a oxidação. A irradiação dos produtos acelerou a reação oxidativa com forte formação de peróxidos.

O efeito da irradiação foi notado por SATTAR et alii (1989) em frutos secos submetidos à desinfestação. Altas doses de radiação gama (1 KGY) foram efetivos para evitar o ataque de insetos em produtos armazenados frescos, com casca e descascados, em sacos de polietileno transparente, durante 6 meses, em temperatura ambiente. Irradiações de menor intensidade (0,25, 0,5 e 0,75 KGY) também diminuíram a infestação, em níveis variáveis, de

acordo com a radiação e o fruto. A maior infestação foi notada nas nozes e pinhões, completamente atacados após 6 meses. A textura macia e a umidade, maiores do que nos outros frutos, contribuíram para maior ataque. Quanto à oxidação, o índice de peróxido também foi mais elevado nas nozes e nos pinhões. A análise sensorial revelou menor aceitabilidade nos produtos irradiados, à medida que aumentava o tempo de estocagem. Dentre os tratamentos, as tratadas com 0,5 KGY, foram as mais aceitas.

SATTAR et alii (1990) também analisaram o teor de metais pesados, importantes para a saúde, a nutrição e com ação de catalisadores da reação oxidativa, nas matérias graxas. Foram encontrados zinco e cobre em apreciável concentração e, cádmio e chumbo, em menor proporção. O óleo de amêndoas apresentou o maior teor.

FOURIE & BASSON (1989) pesquisaram o estabelecimento do ranço em amêndoas, pecãs e macadâmias estocadas em bandejas plásticas a 30°C e 65% de U.R., durante 16 meses. Após 2 meses, a análise sensorial revelou ranço nas macadâmias e, no 4º mês, em todos os frutos. No início dos ensaios, amêndoas e pecãs apresentaram índices de iodo acima de 90 e as macadâmias, ao redor de 70. Ao final dos 16 meses de armazenamento, a diferença entre os valores finais e iniciais foi pequena, o que significa que o índice de iodo não foi indicativo de qualidade, nem da ocorrência de ranço, mas tão somente da diferença da composição do óleo. Além do método de determinação ser complexo, é preciso complementar com outras análises. O índice de peróxido foi mais adequado, pois confirmou o estabelecimento de ranço durante a estocagem. Sua variação, ao longo do período da pesquisa, complementou as indicações obtidas pela análise sensorial com degustadores treinados.

2.3. Alterações oxidativas

As sementes oleaginosas, entre elas a castanha-do-Brasil, apresentam elevado conteúdo de lipídeos suscetíveis a alterações em sua estrutura primária, que causam, o que se denomina pelo termo geral, o ranço.

MELO & MANCINI (1991) observaram que a castanha-do-Brasil contém antioxidantes naturais, que protegem seus lipídeos. Duas frações do extrato metanólico, obtidas em coluna cromatográfica, apresentaram reação positiva para compostos fenólicos e ação sinérgica, quando associados aos antioxidantes sintéticos BHA e BHT, elevando a capacidade de antioxição a valores próximos do emprego de 100 ppm dos antioxidantes sintéticos, isoladamente.

LABUZA (1971) define ranço como o desenvolvimento de "flavors" desagradáveis nos alimentos, tornando-os inaceitáveis para o consumo. Mecanismos distintos produzem diferentes tipos de

ranço. O ranço denominado de oxidativo resulta da reação entre o oxigênio e um ácido graxo insaturado, integrante ou não, de um triglicerídeo ou de um fosfolípídeo. Dentre os ácidos graxos saturados e insaturados, presentes nos alimentos, os insaturados causam o maior desenvolvimento de odores de ranço.

ROBARDS et alii (1988) caracterizam o ranço como odores e sabores desagradáveis em óleos e gorduras, resultantes de degradação hidrolítica ou oxidativa. Esses processos podem ocorrer em gêneros alimentícios "in natura", em óleos comestíveis usados ou refinados e, em alimentos processados, que contém esses óleos. Em adição à não palatabilidade, o ranço pode contribuir para aumentar os níveis tóxicos de certos produtos, como aldeídos, hidroperóxidos e epóxidos. Muitos fatores afetam o início e o desenvolvimento do ranço, incluindo o grau de insaturação de óleo, o tipo e a concentração de antioxidante, a presença de traços de metais e pró-oxidantes, oxigênio disponível, área superficial, conteúdo de umidade, temperatura e o grau de exposição à luz.

Os autores lembram que as refeições leves, ou rápidas, são constituídas em grande parte de produtos fritos, extrusados, sementes e castanhas fritas ou torradas, sujeitas ao ranço. Nesses alimentos, o ranço é produzido ao longo do período de estocagem (semanas ou meses) entre o preparo e o consumo. Este pode ser evitado pela cuidadosa conservação do óleo de cocção ou fritura, pelo correto processamento, e por estocagem adequada, seleção do material de embalagem, controle do teor de umidade e da contaminação metálica, particularmente de ferro (Fe).

Os odores e gostos desagradáveis são os principais sintomas da deterioração e, são, na maioria das vezes, identificados como de vagem, capim, metálico, terra, mofado, amanteigado, todos estes utilizados para descrever a rancidez.

PARR & SWOBODA (1976) afirmam que a oxidação dos lipídeos dos gêneros alimentícios tem, como fator dominante, a sua palatibilidade. Os ácidos graxos polienólicos não são somente fortemente oxidados, mas também dão formação a produtos voláteis de "flavors" desagradáveis, que limitam a aceitabilidade.

Segundo ADDIS (1986), os níveis destas substâncias nos alimentos são baixos, mas tendo ocorrido forte oxidação dos lipídeos, estes níveis comprometem a qualidade de alguns alimentos e, limita a vida útil de outros. A oxidação dos lipídeos atua como uma barreira no desenvolvimento de novos produtos. As mudanças nos alimentos causam a perda do odor natural, o aparecimento de odores desagradáveis, perda da cor, do valor nutricional e da atividade funcional; o acúmulo destes compostos oxidativos pode prejudicar a saúde do consumidor. Doenças da artéria coronária podem ser causadas, em parte, pelo consumo de produtos da oxidação de lipídeos.

2.4. Tipos de rancidez

De acordo com PRADO FILHO (1974), o ranço pode ser de três tipos: ranço cetônico, ranço hidrolítico e ranço oxidativo, que podem ocorrer isolados ou simultaneamente. O ranço cetônico é o mais frequentemente encontrado como resultado da ação de fungos, como Aspergillus niger e Penicillium glaucum sobre gorduras, como por exemplo, no óleo de côco. O odor e sabor desagradáveis, presentes em casos avançados, são devidos a aldeídos e cetonas, resultantes do fracionamento de ácidos graxos insaturados oxidados. O ranço hidrolítico é caracterizado pela hidrólise de glicerídeos, os quais são cindidos em glicerol e ácidos graxos livres. Este tipo de ranço predomina nos lipídeos em estado avançado de deterioração. Ele é característico de produtos de leite e, causado pela ação de enzimas lipolíticas agrupadas, genericamente sob o nome de lipases. O ranço oxidativo é o mais importante, mesmo que o início da rancificação seja causado por um dos tipos anteriores, o desenvolvimento da deterioração trará consigo, inevitavelmente, este último tipo.

Segundo FENEMA (1985), a auto-oxidação é o termo que indica uma reação derivada da combinação química do oxigênio com os constituintes primários das substâncias graxas, os ácidos graxos, que são liberados ou esterificados. A oxidação é um processo degradativo que ocorre quando o oxigênio, atmosférico ou dissolvido na amostra, entra em contato com a região sensível da molécula do triglicerídeo. Esta oxidação é tanto mais intensa quanto maior for o grau de insaturação do ácido graxo componente do triglicerídeo.

DUGAN (1961) afirma que o ranço oxidativo em alimentos pode ser observado na porção lipídica, envolvendo triglicerídeos simples ou mais complexos, como fosfolipídeos. O curso da reação oxidativa é influenciado por diversos fatores como a umidade, sais, proteínas, carboidratos, enzimas e pigmentos que podem afetar o mecanismo da oxidação. Este, em geral, envolve auto-oxidação, oxidação catalizada por lipase e por hematina, que se diferenciam pelo processo de iniciação, energia de ativação e maior grau de oxidação. O ácido linoléico dos alimentos é o que se oxida mais facilmente.

ROBARDS et alii (1988) destacam as duas reações químicas que conduzem ao ranço: a oxidação por auto-oxidação e por hidrólise. A oxidação que leva ao ranço oxidativo, envolvendo o oxigênio, age sobre os glicerídeos. O processo é iniciado pelo calor, fator pró-oxidante, certas enzimas (lipoxigenases) e luz. A reação de hidrólise de ácidos graxos livres e outros compostos, que ocorre pela atividade de enzimas hidrolíticas (lipases), conduz ao ranço hidrolítico. O ranço oxidativo pode ser impedido pela redução da exposição do oxigênio à alta temperatura, à metais, à luz e pela adição de antioxidantes. O ranço hidrolítico é inibido por baixas temperaturas, pela redução da umidade e pela desativação das lipases.

Segundo KOCH (1956), a oxidação dos ácidos graxos insaturados ocorre por auto-oxidação ou enzimaticamente. Os ácidos graxos são ativados pelo oxigênio do ar. Os produtos da degradação da oxidação do ácido oléico são os responsáveis pelos odores mais ativos no ranço dos lipídeos. O ácido linoléico e ácidos graxos de maior insaturação, como o linolênico, de três duplas ligações e, o araquidônico, de quatro duplas ligações, não produzem odor de ranço de sebo, tão intenso, como os produtos de oxidação do ácido oléico, os quais estão associados com o ranço dos lipídeos do leite. A formação de peróxidos e hidroperóxidos não são responsáveis pelo odor de ranço na gordura.

2.5. Mecanismo da auto-oxidação

A auto-oxidação ocorre em uma série de reações, distinguidas como de iniciação, propagação e terminação.

Segundo LEE (1975), elas são formadas como segue:

Iniciação:

Propagação:

Terminação:

onde:

RH	----->	ácido graxo insaturado
R [·]	----->	radical livre
RO [·]	----->	radical peróxido
ROOH	----->	hidroperóxido
X	----->	pode ser um radical livre (RO ₂ [·] ou RO [·]) ou um inibidor de radicais livres.

Segundo DUGAN (1961), o radical RH se refere a um ácido graxo insaturado, no qual o H é lábil, pela razão da existência de um átomo de carbono adjacente à dupla ligação. R refere-se a um radical livre formado pela remoção do hidrogênio lábil. O processo de iniciação tem uma energia de ativação de cerca de 45 kcal/mole, mas na etapa de propagação ela é baixa.

A oxidação é iniciada a partir de $RH + O_2 \rightarrow ROOH$; o processo se torna mais complexo após o desenvolvimento de uma quantidade de $ROOH$. Estes $ROOH$, então decompostos, podem formar radicais instáveis ou reagir com outro material, para formar mais radicais livres, os quais participarão, futuramente, na reação em cadeia.

A decomposição do hidroperóxido pode ser monomolecular e bimolecular:

Decomposição Monomolecular:

Decomposição Bimolecular:

Os radicais produzidos na reação, produtos de quebra e produtos secundários da oxidação, conduzem a uma variedade de compostos como hidroxilas, carbonilas e ácidos de cadeia curta, que são responsáveis pelos odores e sabores característicos do ranço.

LABUZA (1971) descreve que a oxidação dos lipídeos é iniciada com a formação do radical livre, que não possui um elétron não emparelhado, de elevada reatividade com o oxigênio, que causa uma rápida conversão para peróxido ou hidroperóxido, nos alimentos gordurosos. Estes compostos são estáveis, mas podem se romper para produzir mais radicais livres e, iniciar a reação em cadeia. Estes produtos do mecanismo de quebra são responsáveis pelo aparecimento de "flavors" desagradáveis e, levam a outras reações, as quais reduzem o período de utilização e o valor nutricional do produto.

Por meio desta reação, observa-se que, nos primeiros estágios, podem ser formados compostos de baixo peso molecular e, de odor menos pronunciado.

Entretanto, existem os problemas do odor ser mascarado, ser removido de algum modo ou, das pessoas se acostumarem a aceitar o "flavor" de ranço. Em muitos casos, os alimentos estão dentro desta condição, mas comprometidos nutricionalmente, insatisfatórios ou inadequados, devido aos compostos tóxicos formados.

Segundo ROBARDS et alii (1988), a auto-oxidação inicia somente após a formação do radical livre, a partir do triglicerídeo, ou da liberação de ácidos graxos, pelo ranço hidrolítico. Os radicais livres interagem com o oxigênio para formar o radical peróxido e, posteriormente, retiram um hidrogênio de outra molécula de ácido graxo ou glicerídeo, para produzir um hidroperóxido e, um futuro radical livre. Esta reação é denominada de propagação. O término ocorre quando o radical reage para formar produtos estáveis. Dependendo da reação de produção de compostos secundários, os produtos formados podem ser aldeídos, cetonas, álcoois ou hidrocarbonetos. Os aldeídos, que são componentes do

"flavor", são responsáveis por notas baixas, desse atributo, nas análises sensoriais e, em grande parte, pelo odor e sabor do ranço em óleos e gorduras.

Segundo BILLEK (1983), vários são os fatores que contribuem para influenciar a reação oxidativa dos lipídeos. O oxigênio provoca a auto-oxidação dos lipídeos, ligando-se ao radical livre e, produzindo, na reação em cadeia, os hidroperóxidos, produtos primários da oxidação. A decomposição destes, dá formação a compostos mais estáveis, responsáveis pelo "flavor" desagradável dos lipídeos deteriorados. A luz associada ao oxigênio também influencia a oxidação, por uma reação denominada oxidação fotossintetizada. Da mesma forma, o calor em conjunto com o oxigênio, como no processo de fritura, favorece o aparecimento de ranço oxidativo. Além destes agentes pró-oxidantes, o autor chama a atenção para a influência de enzimas, metais, água, sais e, da própria composição dos lipídeos, nas reações de oxidação. As gorduras naturais contêm antioxidantes que reduzem ou impedem a reação oxidativa. Gorduras e óleos industrializados, alimentos gordurosos ou que usam gorduras e óleo, na sua preparação, são estabilizados pela adição de antioxidantes sintéticos apropriados.

DUGAN (1961) considera que os antioxidantes podem ter duas funções básicas: a de inibir a formação e a de decompor os peróxidos formados pela reação de oxidação. Na decomposição, agem como catalisadores dos peróxidos existentes e dos que se formarão durante a reação. Como inibidores, agem como doadores de hidrogênio ao radical livre oxidado, quebrando a reação em cadeia e, produzindo compostos inertes. Os antioxidantes sinérgicos têm pequena atuação no impedimento da oxidação dos lipídeos, mas são utilizados para reforçar ou prolongar a ação dos antioxidantes sintéticos. A oxidação dos lipídeos pode ser detectada por análises químicas e físicas, importantes para a avaliação da qualidade dos alimentos, nos quais as gorduras participam da composição ou, são o principal constituinte.

Segundo ROBARDS et alii (1988) a análise sensorial é importante para avaliar a deterioração oxidativa como método complementar à determinação dos índices de peróxido, de acidez, de p-anisidina, de ácido tiobarbitúrico, dos exames espectrofotométricos e cromatográficos. Esses métodos, que são os mais comuns e efetivos, são baseados na dosagem de alguns compostos, formados no curso da oxidação, destacando os índices de peróxido e o de p-anisidina. Segundo DUGAN (1961), pode-se evitar, por longos períodos, a deterioração oxidativa de lipídeos e de alimentos lipídicos, por meios químicos e físicos, isoladamente ou combinados. Alguns processos podem ser controlados, rapidamente, pela adição de antioxidantes ou pela simples presença de estabilizadores naturais nos alimentos. A preservação de sistemas, que contêm enzimas pró-oxidantes, é conseguida pela sua inativação, por eliminação ou redução da contaminação de metais ou, pela adição de substâncias inibidoras. A defumação pode adicionar estabilizantes naturais e, os condimentos, açúcares e ácidos orgânicos podem inibir a ação de oxidantes. A embalagem a vácuo ou

em atmosfera livre de oxigênio, protege muitos alimentos, assim como, a estocagem em baixa temperatura protege ou reduz o nível de oxidação. A hidrogenação de lipídeos insaturados promove sua resistência à oxidação.

2.6. Absorvedores de oxigênio

O oxigênio provoca alterações oxidativas em diversos alimentos (BILLEK, 1983). Há vários métodos para proteger os alimentos das reações oxidativas e microbiológicas, dentre os quais, o uso do vácuo nas embalagens, filmes com baixo nível de permeabilidade ao oxigênio e atmosferas controladas ou modificadas, são os métodos mais utilizados. Antioxidantes naturais e sintéticos e agentes redutores, como os ascorbatos, também são utilizados, porém, seu uso é controlado pela legislação, para evitar dosagens fora dos níveis tolerados.

Entre os diversos métodos usados para evitar a deterioração oxidativa, a colocação de substâncias absorvedoras de oxigênio nos recipientes de embalagem é considerado como dos mais eficientes. Desde 1977, tem sido utilizado em diversos países, como Estados Unidos, Europa e Japão. Elas foram desenvolvidas pela Mitsubishi Gas Chemical Company, que as comercializa com a denominação de "Ageless". Elas são oferecidas na forma de sachês, contendo um material em pó a base de ferro ou em comprimidos. Pela absorção do oxigênio, em determinadas condições de umidade, o ferro é oxidado, formando óxido e hidróxido de ferro, que não são tóxicos. O tipo de "Ageless" utilizado na embalagem é relacionado com o tipo de alimento e sua atividade de água e, por isso, o tempo de desoxigenação varia de 1 a 15 dias (MITSUBISHI).

Os absorvedores são colocados no interior de embalagens de biscoitos, produtos de confeitaria, salames, massas de pizza, nozes, cereais, castanhas, massas em geral e carnes, dentre outros alimentos. Também são usados em drogas medicinais, roupas, equipamentos óticos, produtos de madeira e outros. Eles reduzem a concentração do oxigênio no interior das embalagens a níveis mais baixos, de 0,1% ou menos, em curto período de armazenamento. Para avaliar a desoxigenação no momento da selagem da embalagem, junto com os sachês é colocada uma pastilha testemunha, que pela descoloração permite certificar a absorção do oxigênio. Não entrando em contato direto com os alimentos e, por não serem tóxicos, os absorvedores são seguros e não necessitam de equipamento especial, nem tão pouco de tratamento especial, para serem eliminados. Os absorvedores podem ser usados em alimentos líquidos, colocando-se o líquido em um recipiente e, acondicionado-o em outra embalagem com baixa permeabilidade ao oxigênio, na presença do absorvedor. De um modo geral, os absorvedores de oxigênio preservam o frescor dos alimentos e, prolongam sua vida útil, pela associação da atmosfera modificada com a embalagem de baixa permeabilidade ao O₂ (MITSUBISHI).

LEGAN & VOYSEY (1991), comentando a deterioração de produtos de panificação e seus ingredientes por leveduras, afirma que além dos produtos químicos (propionatos, sorbatos e outros sais) usados para reduzir a contaminação de leveduras, as embalagens com atmosfera modificada são eficientes para conservar os produtos, separada ou conjuntamente, com os produtos químicos. Atmosferas de dióxido de carbono, nitrogênio e etanol auxiliam na preservação do crescimento biológico. A utilização de absorvedores de oxigênio no interior da embalagem impermeável, absorve o oxigênio e reduz, por longo tempo, o crescimento de fungos em pães e bolos.

SMITH et alii (1986) observaram que os absorvedores de O_2 reduzem rapidamente o oxigênio do espaço livre das embalagens de produtos de panificação. Após 9 horas, os teores de oxigênio, inferiores a 0,05%, permanecem inalterados durante o armazenamento. Os absorvedores de O_2 , associados ao uso de atmosfera de gases inertes para o armazenamento de alimentos, são efetivos contra o crescimento de bolores e aumentam sua vida útil.

3. MATERIAL E METODOS

3.1. Material

O material constou de material de armazenamento, bandejas de polipropileno e latas e, da matéria-prima, que se constituiu de castanhas-do-Brasil descascadas, para exportação, fornecidas em sacos plásticos multifoliados aluminizados, impermeáveis ao ar e à umidade e, protegidas contra infestações e infecções. O material adquirido no comércio em sacos de 20 kg, embalado a vácuo tinha 2,8% de umidade e seu óleo apresentou índice de acidez de 0,34 mg de KOH/g, índice de peróxido de 11,4 meq de O₂/kg de amostra e, índice de iodo de 94 e E 232 de 2,23 e E 270 de 0,047. Os sacos foram abertos no momento da instalação do experimento e, as castanhas distribuídas em bandejas de polipropileno de 150 X 270 mm e, em latas de 200 ml, FL 2,8/2,8, de 73 mm de diâmetro e 94 mm de altura, revestidas de verniz epoxifenólico. As bandejas foram compradas em supermercado e as latas foram fornecidas pela Rheem Empreendimentos Industriais e Comerciais S/A.

As bandejas, como nos supermercados, foram recobertas com filme de cloreto de polivinila e as latas foram recravadas com três tratamentos: com atmosfera de ar, de ar mais um absorvedor de oxigênio e atmosfera de nitrogênio.

No 1º tratamento havia 21% de oxigênio, no interior da lata. No segundo, com a mesma atmosfera, foram adicionados dois sachês desoxigenadores, "Ageless". Os sachês foram fornecidos pela Faculdade de Engenharia de Alimentos, da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, que vem avaliando a viabilidade de sua utilização.

O terceiro tratamento visou a redução da capacidade oxidativa da atmosfera de enlatamento, pela injeção de nitrogênio, que reduziu a proporção do oxigênio para 6% no interior da lata.

No total, as castanhas foram embaladas em 40 bandejas e em 240 latas, sendo 80 latas com ar atmosférico, 80 com ar mais os sachês e 80 com nitrogênio. Cada lata continha de 180 a 200 g de amêndoas e as bandejas, de 240 a 250 g. Ver Figuras 1 e 2.

Todo o processo de acondicionamento nas bandejas e de enlatamento foi realizado no setor de Operações Unitárias do Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL, em Campinas - SP.

Figura 1 - Latas com castanha-do-Brasil descascadas, usadas no experimento

Figura 2 - Bandejas com castanha-do-Brasil descascadas, usadas no experimento

3.2. Instalação do experimento com latas e bandejas e execução da pesquisa com castanhas-do-Brasil descascadas.

As castanhas descascadas, de três sacos de 20 kg, foram colocadas em um recipiente e misturadas, para homogeneizar. O lote, composto em sua maior parte de amêndoas quebradas pela metade, apresentou boa qualidade, com odor, sabor e aspecto característicos de castanhas novas.

No mesmo dia, da distribuição nas bandejas e latas, foi feita a análise de uma amostra para a determinação de suas características, citadas em 3.1. e, análise da composição da atmosfera das latas, repetida três dias depois, em outras latas, dos mesmos tratamentos, para verificar a ocorrência de possível alteração no período.

As bandejas e as latas foram armazenadas no laboratório de Elaiotecnica, do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, em Piracicaba - SP, nas mesmas condições ambientais de armazenamento de supermercados.

Durante 12 meses, as castanhas das latas foram submetidas a análises químicas e sensoriais, a cada 30 dias, incluindo a análise da composição em gases da atmosfera interna.

As castanhas das bandejas foram submetidas à mesma análise sensorial, por apenas três meses, quando começaram a apresentar crescimento fúngico visível. As análises químicas foram realizadas durante todo o experimento, porém com alteração na programação inicial; duas das quatro bandejas, referentes a cada mês, foram armazenadas sob refrigeração e congelamento por mais 30 dias e, os resultados das análises, comparados aos das bandejas conservadas ao ambiente, até o mês de colocação à baixa temperatura.

Outros dois ensaios foram tentados, com a finalidade de estudar a conservação e o início da reação oxidativa em castanhas recém-descascadas, porém eles não foram positivos porque:

1 - O lote de castanhas, após a quebra, sofreu forte contaminação microbiana e, rápida deterioração, com desprendimento de cheiro fermentado e azedo.

2 - Nas castanhas perfeitas não houve possibilidade de determinar o início das reações de oxidação, porque, em diferentes condições de armazenamento, o índice de peróxido foi elevado, indicando que, no começo dos ensaios, já havia reação oxidativa avançada.

O laboratório já está desenvolvendo outro trabalho que poderá elucidar essa questão.

3.3. Instalação do experimento sob diferentes temperaturas com castanhas-do-Brasil descascadas e com casca.

3.3.1. Matéria prima

A matéria prima constou de castanhas-do-Brasil com casca e descascadas.

As amêndoas descascadas constaram de um produto tipo exportação, recebido em saco de 20 kg, embaladas à vácuo, inteiras e em metades, de boa qualidade, com aspectos característicos de castanha. As castanhas com casca foram enviadas do castanhal para o laboratório, sendo que, os dois tipos de castanhas, foram fornecidos pelo Engenheiro Agrônomo Sérgio Vergueiro.

Os resultados da caracterização das castanhas, no início do armazenamento, estão contidos nas Tabelas 1.1 e 1.2.

Tabela 1.1 - Características do óleo das castanhas-do-Brasil em casca e descascadas tipo exportação, no início do experimento 3.3.

Amostras	Teor de umidade (%)	Índice de acidez (mg KOH/g)	Índice de peróxido meq O ₂ /1000g de amostra	Índice de iodo mg iodo/100mg de amostra
Saco alumi- nizado tipo ex- portação des- cascadas	2,87	1,02	9,18	99,17
Saco de esto- pa tipo ex- portação em casca	4,72	0,13	zero	103,39

Tabela 1.2 - Características do óleo das castanhas-do-Brasil em casca e descascadas tipo exportação, no início do experimento 3.3.

Amostragem	E 232	E 270
Saco alumínio tipo exportação descascadas	2,050	0,088
Saco de estopa tipo exportação em casca	0,624	0,050

3.3.2. Instalação do experimento e execução da pesquisa

Em laboratório de Elaiotecnica, do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, as castanhas em casca e descascadas foram distribuídas em sacos de papel Kraft de 5 kg e, armazenadas em três diferentes condições ambientais: congeladas, refrigeradas e mantidas ao ambiente. Cada embalagem foi armazenada com o conteúdo de 300 g de amêndoas descascadas e 600 g de castanhas em casca, totalizando um armazenamento de 24 sacos.

Durante 4 meses, as castanhas armazenadas nos diferentes ambientes foram submetidas a análises químicas a cada 30 dias.

No armazenamento feito ao ambiente, foram registradas as temperaturas mínimas e máximas, no decorrer dos 4 meses, sendo:

	Temperatura mínima média	Temperatura máxima média
1º mês	20°C	22°C
2º mês	18°C	20°C
3º mês	20°C	23°C
4º mês	22°C	25°C

O armazenamento por refrigeração foi feito à temperatura de 2°C e, por congelamento, à -15°C.

3.4. Métodos analíticos

As análises sensoriais e de umidade foram feitas com as amêndoas e, as análises químicas, no óleo obtido pela prensagem a frio das castanhas, em prensa Carver, de laboratório.

3.4.1. Matéria seca

As amêndoas foram picadas e passadas em peneira de 3 mm de abertura.

Foram distribuídas em placas de vidro previamente taradas, pesadas e colocadas para secar em estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, por uma noite e, repetidas vezes, até peso constante (INST. ADOLFO LUTZ, 1985).

3.4.2. Índice de acidez

Determinado feita por titulação, conforme o método oficial da Norma Italiana NGD C-10 (STAZIONE SPERIMENTALE PER LE INDUSTRIE DEGLI OLI E DEI GRASSI - S.S.O.G., 1976).

3.4.3. Índice de peróxido

Determinação feita conforme o método NGD C-35 (S.S.O.G., 1976).

3.4.4. Índice de iodo

Determinação feita pelo método de Wijs NGD C-32 (S.S.O.G., 1976).

3.4.5. Exame espectrofotométrico sob luz ultra-violeta

Determinado espectrofotometricamente conforme NGD C-40 (S.S.O.G., 1976), em 232 e 270 nm, identificados nas tabelas como E232 e E270.

Os resultados nos comprimentos de ondas são expressos em absorbância E 1% 1cm, dado pela seguinte fórmula:

$$E \text{ 1\% 1cm () } = \frac{A}{C \times D}$$

onde: A é a medida da absorbância no comprimento de onda .
C é a concentração da solução, em g/100 ml da solução (1%).
D é o comprimento da célula, em cm (1 cm).

3.4.6. Análise da atmosfera interna das latas

Foi realizada mensalmente, antes das demais análises químicas, segundo MADI et alii (1982), no Centro de Tecnologia de Embalagens de Alimentos - CETEA, no ITAL, com cinco latas armazenadas na ESALQ/USP, escolhidas aleatoriamente. Antes da análise dos gases, foi feita a medida da deflexão das latas, para anotar qualquer defeito ocorrido durante o armazenamento. Com os resultados da medição, foram escolhidas três latas com valores de deflexão mais próximos entre si, para servirem de amostras.

Para executar essa análise, colocou-se um septo de borracha de silicone no fundo da lata, aderido com fita adesiva. A seguir, a lata foi perfurada através do septo, para a extração do gás interno, sem contaminação com o ar externo. Esta foi feita pela sucção de 0,3 ml de gás, por meio de seringa para cromatografia e, em seguida foi feita a injeção no cromatógrafo. Os picos de oxigênio, hidrogênio e nitrogênio foram identificados e calculados por meio de equação linear. A soma total dos gases foi sempre superior a 90%.

O aparelho utilizado foi um cromatógrafo CG-2527, com integrador CG-100. A coluna usada foi a de peneira molecular de 5A, com diâmetro de 3/16 de polegada e 1,8 m de comprimento, com temperatura de 70°C no injetor e na coluna. O detector usado foi o de condutividade térmica, com temperatura de 140°C e corrente de 100 mA. O gás de arraste usado foi o argônio, com tempo de retenção de 102 a 105 s para o hidrogênio, de 190 a 205 s para o nitrogênio e de 150 a 165 s para o oxigênio. A sensibilidade de atenuação usada foi 40 u.v./min.

3.4.8. Análise estatística

Os dados obtidos através do esquema da análise de variância foram desenvolvidos através do sistema para microcomputadores SANEST (Sistema de Análise Estatística), com aplicação dos testes F e de Tukey (comparação de médias) e análise de regressão polinomial, para as variáveis: teor de umidade, índices de acidez, peróxido e iodo, E 232 e E 270.

Esquema 1 - Utilizado para análise de variância com teste F, do ensaio com castanhas-do-Brasil descascadas enlatadas e embaladas em bandejas, por 6 meses.

C.V.	G.L.	Q.M.	F
Tipo Armaz.	03	Q1	Q1/Q4
Tempo Armaz.	05	Q2	Q2/Q4
Tipo * Tempo	15	Q3	Q3/Q4
Resíduo	63	Q4	

Teste de significância

Tipo Armazenamento = teste de Tukey
 Tempo Armazenamento = regressão polinomial
 Tipo (tempo) = teste de Tukey
 Tempo (tipo) = regressão polinomial

Esquema 2 - Utilizado para análise de variância com teste F, do ensaio com castanhas-do-Brasil descascadas enlatadas e embaladas em bandejas, por 12 meses.

C.V.	G.L.	Q.M.	F
Tipo Armaz.	02	Q1	Q1/Q4
Tempo Armaz.	11	Q2	Q2/Q4
Tipo * Tempo	22	Q3	Q3/Q4
Resíduo	104	Q4	

Teste de significância

Tipo Armazenamento = teste de Tukey
 Tempo Armazenamento = regressão polinomial
 Tipo (tempo) = teste de Tukey
 Tempo (tipo) = regressão polinomial

Esquema 3 - Utilizado para análise de variância com teste F, do ensaio com castanhas-do-Brasil em casca e descascadas, submetidas a diferentes ambiente de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.

C.V.	G.L.	Q.M.	F
Tipo Castanha	01	Q1	Q1/Q7
Tipo Ambiente	02	Q2	Q2/Q7
Tempo Armaz.	03	Q3	Q3/Q7
Cast. * Ambiente	02	Q4	Q4/Q7
Cast. * Tempo Armaz.	03	Q5	Q5/Q7
Ambiente * Tempo Armaz.	06	Q6	Q6/Q7
Resíduo	06	Q7	

Teste de significância

Tipo Castanha = teste de Tukey
 Tipo Ambiente = teste de Tukey
 Tempo Armazenamento = regressão polinomial
 Cast. (Ambiente) = teste de Tukey
 Cast. (Tempo Armaz.) = teste de Tukey
 Ambiente (Tempo Armaz.) = teste de Tukey
 Tempo Armaz. (Cast.) = regressão polinomial
 Tempo Armaz. (Ambiente) = regressão polinomial

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Ensaio de armazenamento de castanhas-do-Brasil descascadas.

As castanhas descascadas, colocadas em latas e bandejas, foram armazenadas e avaliadas por 12 meses.

Como, após 6 meses, as castanhas das bandejas já não apresentavam qualidade de consumo, parte delas passou a ser conservada em refrigerador e congelador, para se conhecer mais sobre sua qualidade de conservação. Com isso, os resultados das análises dos óleos, das castanhas das bandejas, não mais foram obtidos em quadruplicatas ou triplicatas, o que impediu a sua inclusão na análise estatística dos dados de 12 meses. Por esta razão, são apresentados dois subitens para cada análise laboratorial realizada, uma que inclui os resultados iniciais dos óleos das castanhas das bandejas e, cobre apenas os 6 meses iniciais de estocagem e, outra que envolve apenas os óleos das castanhas enlatadas, sob três atmosferas diferentes.

4.1.1. Teor de umidade

A) Durante 6 meses

A umidade nas castanhas armazenadas nas latas, durante os 6 primeiros meses de armazenamento, pouco se alterou, mantendo valores próximos aos apresentados no início do enlatamento. Os resultados estão contidos na Tabela 2. Tal fato vem comprovar a efetividade, da embalagem, em oferecer proteção contra a absorção de umidade. O valor médio entre os tratamentos não ultrapassou 3,44%, somente ocorrido no 6º mês de armazenamento, para castanhas enlatadas com nitrogênio e ar mais sachê. Para as castanhas enlatadas com o ar, o valor foi de 3,2%.

A análise estatística, dos dados obtidos durante os 6 primeiros meses, revelou que, entre as castanhas enlatadas, nos três diferentes tratamentos, não houve diferença significativa.

Este comportamento, porém, não ocorreu nas castanhas embaladas, nas bandejas, houve um aumento da umidade em consequência do tipo de embalagem.

A permeabilidade do filme de PVC permitiu trocas de umidade entre o ambiente e as castanhas, provocando, ao final de 6 meses, um valor médio de umidade de 4,84%. A maior elevação ocorreu no 1º mês de armazenamento, para 3,72%, visto as castanhas encontrarem-se armazenadas à vácuo, com teor de umidade de 2,8%, antes da instalação do experimento. A partir do 4º mês de armazenamento ocorreu um crescimento visível de fungos nas castanhas embaladas nas bandejas, que pode estar relacionado ao aumento da umidade permitida pelas trocas com o ambiente de armazenamento. YOKOYA et alii (1970), em ambiente com U.R. superior a 80%, em temperatura ao redor de 28°C, também observaram crescimento de fungos na superfície de castanhas descascadas, mantidas ao ambiente.

B) Durante 12 meses

A umidade das castanhas dentro das latas, pouco se alterou nos 12 meses, como pode ser visto na Tabela 3.

O valor ao redor de 2,8%, ocorrido no início do armazenamento, foi mantido na maioria dos meses de armazenamento. Do 1º ao 4º mês, a umidade, em todos os tipos de enlatamento, foi mantida abaixo de 3%, mas sempre próxima do valor inicial, apenas com exceção no 3º mês, em que as castanhas enlatadas, sob atmosfera de nitrogênio, apresentaram valor de 3,27%.

A partir do 5º mês, todos os tratamentos alcançaram teores de umidade superiores a 3%, os quais foram mantidos até o 10º mês, com o maior valor ocorrendo no 9º mês, com valor ao redor de 3,7%. Nos dois últimos meses de armazenamento, o valor foi mantido próximo aos iniciais.

Apesar das oscilações ocorridas durante os meses, a umidade foi baixa, sem afetar a qualidade do produto, onde as variações são esperadas, por não se tratar de um produto homogêneo.

Os resultados revelam que a estabilidade da umidade do produto pode, certamente, ser obtida pela ação benéfica do tipo de embalagem, como as latas, provocando uma excelente barreira ao vapor d'água.

Assim, a Tabela 3 mostra que, estatisticamente, os resultados não apresentaram diferenças significativas entre si, nos diferentes meses de armazenamento, bem como entre o tipo de armazenamento empregado.

Tabela 2 - Valores médios de teor de umidade (%) das castanhas-do-Brasil descascadas, enlatadas e embaladas em bandejas de polipropileno, por 6 meses.*

Meses de Armazenamento	Ar	Ar + Sachê	Nitrogênio	Bandeja
Inicial	2,80	2,80	2,80	2,80
01	2,70 B	2,79 AB	2,82 AB	3,72 A
02	2,92 A	3,21 A	3,01 A	3,87 A
03	2,96 A	2,92 A	3,27 A	3,66 A
04	2,67 A	3,00 A	2,60 A	3,55 A
05	3,13 A	3,15 A	3,11 A	4,09 A
06	3,16 B	3,39 B	3,44 B	4,84 A
Médias	2,93 B	3,05 B	3,05 B	3,91 A

Coefficiente de Variação (C.V.) = 13,308%

* Médias, seguidas por letras distintas por tempo de armazenamento e por diferentes tipos de tratamentos, diferem entre si ao nível de significância de 1%, pelo teste de Tukey.

Tabela 3 - Valores médios de teor de umidade (%) das castanhas-do-Brasil descascadas, enlatadas por 12 meses.*

Meses de Armazenamento	Ar	Ar + Sachê	Nitrogênio
Inicial	2,80	2,80	2,80
01	2,69 A	2,79 A	2,82 A
02	2,91 A	3,21 A	3,01 A
03	2,96 A	2,92 A	3,27 A
04	2,67 A	3,00 A	2,59 A
05	3,13 A	3,14 A	3,11 A
06	3,16 A	3,39 A	3,44 A
07	2,70 A	3,09 A	3,24 A
08	2,95 A	3,05 A	2,85 A
09	3,72 A	3,89 A	3,61 A
10	3,22 A	3,17 A	3,32 A
11	2,66 A	2,86 A	2,97 A
12	2,62 A	2,79 A	2,48 A
Médias	2,95 A	2,79 A	3,11 A

C.V. = 13,663%

* Médias seguidas por letras distintas, por tempo de armazenamento e por diferentes tipos de tratamentos, diferem entre si ao nível de significância de 1%, pelo teste de Tukey.

4.1.2. Índice de acidez

A) Durante 6 meses

Na Tabela 4, podem ser encontrados os valores de índice de acidez dos óleos das castanhas descascadas, enlatadas e embaladas nas bandejas, por um período de seis meses.

A análise estatística revelou que, nos 2 meses iniciais, não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Os resultados revelaram que, nos três primeiros meses de armazenamento, o índice de acidez dos óleos das castanhas enlatadas, nos diferentes tratamentos, se elevou rapidamente, alcançando valores ao redor de 1 mg KOH/g. O maior aumento ocorreu no 1º mês de armazenamento, passando de 0,34, iniciais, para 0,77, evidenciando que a presença do oxigênio, quer em maior concentração, no tratamento com ar (21%), quer sob atmosfera de nitrogênio (6% de oxigênio), atua como agente efetivo para a formação de radicais livres, iniciando a reação oxidativa, a qual estava paralisada, uma vez que o produto, antes do ensaio, encontrava-se sob vácuo. Um aumento do teor de ácidos graxos livres, com o início da reação oxidativa, foi observado por JAN et alii (1988), quando examinaram a ocorrência da deterioração oxidativa em nozes armazenadas.

A partir do 3º mês, apenas as castanhas nas bandejas se diferenciaram dos demais tratamentos, apresentando valores mais altos, devido à permeabilidade do filme de PVC ao oxigênio, que deve ter mantido uma concentração de oxigênio e vapor d'água, suficientes para acentuar a hidrólise dos triglicerídeos destas amêndoas, como apontado por FENEMA (1985) e DUGAN (1961) em seus estudos a respeito do ranço.

Ao final de 6 meses, o índice de acidez das castanhas nas latas esteve entre 1,33 e 1,64. Diferentemente, nas castanhas embaladas nas bandejas, o índice de acidez aumentou durante o armazenamento. Do índice de acidez médio de 1, do 1º mês, passou para 2 no 4º mês e, 2,74 ao final de 6 meses.

Nas castanhas enlatadas, os índices de acidez não diferiram, estatisticamente, entre si, frente aos valores das castanhas mantidas nas bandejas.

B) Durante 12 meses

A análise estatística dos resultados de índices de acidez, do óleo das castanhas descascadas enlatadas, em 12 meses de armazenamento, não mostrou diferença significativa, em nível de 1%, em relação ao tempo ou tipo de armazenamento.

O óleo das castanhas enlatadas, após o 1º mês de armazenamento, apresentou uma considerável elevação, dobrando o valor inicial e, alcançando valores ao redor de 0,8. Embora com oscilações até o 8º mês, as médias mantiveram-se inferiores a 1,6 nos três tratamentos.

A partir do 9º mês, os valores foram sempre crescentes e próximos de 2, alcançado ao final de 12 meses, em todos os tratamentos.

A acidez do óleo das castanhas analisadas, apesar de ter sido crescente com o passar dos meses de armazenamento, foi baixo, considerando o tempo de estocagem de 12 meses. Nos tratamentos em que o ar ocupava grande parte da atmosfera de enlatamento, as castanhas apresentaram uma maior hidrólise dos triglicerídeos e, assim, apresentando maiores valores de acidez do óleo, como é o caso das castanhas enlatadas com ar e das com ar mais sachê. Nas castanhas enlatadas sob atmosfera de nitrogênio, se comparadas nos diferentes meses de estocagem, a acidez do óleo é crescente, porém com valores menores do que os dos demais tratamentos. Isto é observado na Tabela 5, principalmente a partir do 9º mês.

Testando materiais de embalagens flexíveis para a manutenção da qualidade da estabilidade de nozes e pecãs, KAYS & DULL (1988) observaram que as embalagens seladas à vácuo ou sob atmosfera de nitrogênio foram as mais efetivas na conservação, por um período de 24 semanas.

A acidez crescente, para todos os tratamentos, revela que, em consequência da hidrólise, na cadeia dos ácidos graxos, teve lugar a reação oxidativa, provocada pela presença do oxigênio dentro das latas, porém a embalagem demonstrou ter impedido que o O₂ pudesse interferir na qualidade do produto.

Não é descartada a hipótese de que, ao final de 12 meses de armazenamento, o índice de acidez do óleo (2,05) tenha elevado, não apenas pela presença de ácidos graxos livres, como também pela decomposição dos peróxidos, produtos como alfa e beta aldeídos, cetonas, entre outros, que tenham contribuído com suas características ao acentuado valor da acidez do óleo.

Tabela 4 - Valores médios de índice de acidez (mg KOH/g) dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, enlatadas e embaladas em bandejas de polipropileno, por 6 meses.*

Meses de Armazenamento	Ar	Ar + Sachê	Nitrogênio	Bandeja
Inicial	0,34	0,34	0,34	0,34
01	0,75 A	0,76 A	0,78 A	1,10 A
02	0,95 A	0,87 A	1,00 A	1,24 A
03	1,12 B	1,23 AB	1,14 B	1,71 A
04	1,25 B	1,24 B	1,43 AB	2,07 A
05	1,33 B	1,25 B	1,16 B	2,60 A
06	1,64 B	1,47 B	1,33 B	2,74 A
Médias	1,17 B	1,13 B	1,14 B	1,81 A

C.V. = 17,047%

* Médias, seguidas por letras distintas por tempo de armazenamento e por diferentes tipos de tratamentos, diferem entre si ao nível de significância de 1%, pelo teste de Tukey.

Tabela 5 - Valores médios de índice de acidez (mg KOH/g) dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, enlatadas por 12 meses.*

Meses de Armazenamento	Ar	Ar + Sachê	Nitrogênio
Inicial	0,34	0,34	0,34
01	0,74 A	0,76 A	0,77 A
02	0,95 A	0,87 A	0,99 A
03	1,12 A	1,22 A	1,14 A
04	1,24 A	1,24 A	1,43 A
05	1,33 A	1,24 A	1,16 A
06	1,64 A	1,47 A	1,33 A
07	1,50 A	1,47 A	1,43 A
08	1,38 A	1,55 A	1,57 A
09	1,69 A	1,74 A	1,44 A
10	1,83 A	1,90 A	1,66 A
11	1,79 A	2,03 A	1,55 A
12	2,13 A	2,04 A	1,91 A
Médias	1,45 A	1,46 A	1,37 A

C.V. = 15,557%

* Médias seguidas por letras distintas, por tempo de armazenamento e por diferentes tipos de tratamentos, diferem entre si ao nível de significância de 1%, pelo teste de Tukey.

4.1.3. Índice de peróxido

A) Durante 6 meses

Os valores médios do índice de peróxido no óleo das castanhas-do-Brasil, acondicionadas em latas e bandejas, contidos na Tabela 6, revelam que os valores mais baixos foram encontrados

para o tratamento com castanhas enlatadas com ar mais sache absorvedor de oxigênio e, os maiores foram nos óleos das castanhas em bandejas.

O efeito protetor, das latas, contra o ranço, foi verificado desde o 1º mês de armazenamento, quando as castanhas enlatadas apresentaram valores de peróxidos inferiores aos apresentados pelas castanhas nas bandejas. JAN et alii (1988) também observaram que as latas foram o acondicionamento mais eficiente na prevenção da oxidação de nozes sem cascas. Destaque deve ser dado ao enlatamento com ar mais sachê, onde os óleos das castanhas apresentaram o índice de peróxido de 11 para 9, que se manteve até o final de 6 meses.

No óleo das castanhas enlatadas com ar, a elevação do índice de peróxido ocorreu de forma crescente até o 3º mês, alcançando 18, se mantendo até o 5º mês e, ao final do 6º mês, reduzindo a 16,37. Nas castanhas enlatadas sob a atmosfera de nitrogênio, o valor se manteve oscilante entre 11 e 14, no decorrer dos 6 meses.

Esses diferentes comportamentos são consequência direta da ação do oxigênio presente no interior das latas e, o tipo de enlatamento empregado. Nas castanhas em bandejas, o mesmo ocorreu com o contato direto com o oxigênio, ao longo do período e, o produto, apresentando o valor de peróxidos de 50,6. Este valor é o dobro do máximo aceito pelas normas para alimentos (20 meq de O₂/kg de amostra). Nos óleos das castanhas armazenadas em bandejas, este valor, no entanto, foi ultrapassado no 2º mês. Nas castanhas enlatadas, em nenhum momento durante os 6 meses, este índice foi alcançado. Isto demonstra, claramente, que uma vez submetidas ao acondicionamento em bandejas, como comumente encontrado em prateleiras de supermercado, as castanhas são afetadas pelos agentes causadores da oxidação, principalmente o oxigênio e a luz. Neste tipo de armazenamento, a reação oxidativa em cadeia é acelerada e, o produto torna-se, rapidamente, comprometido. O acondicionamento das castanhas em embalagens como bandejas de polipropileno, sacos de polietileno ou vidro, reduzem a vida de prateleira das castanhas e seus similares, como foi verificado por HOLADAY et alii (1979); KAYS & DULL (1988); SATTAR et alii (1990) e (1991).

Os resultados analíticos obtidos, comparados estatisticamente, permitiram constatar que, apenas no primeiro mês, o tratamento com as castanhas em bandejas foi semelhante ao tratamento em que as castanhas foram enlatadas com ar. Nos demais meses, o armazenamento em bandejas foi significativamente diferente dos demais enlatados, evidenciando a reação oxidativa mais acentuada neste tratamento.

A média por tipo de tratamento obtida estatisticamente revela que todos os tratamentos se diferenciam entre si.

A pequena barreira, oferecida ao oxigênio pelo filme de PVC, provoca ranço nas castanhas das bandejas, a absorção do oxigênio acelera a formação de compostos peróxidos, a partir dos ácidos graxos livres presentes.

Com a abertura das embalagens, após o 3º mês, o odor de ranço era facilmente perceptível, o que indica a formação de compostos secundários do ranço, responsáveis pelos odores e sabores desagradáveis. ROBARDS et alii (1988) caracterizaram o ranço como odores e sabores desagradáveis em óleos e gorduras, resultantes de degradação hidrolítica ou oxidativa. PARR & SWOBODA (1976) afirmaram que a oxidação dos lipídeos afeta e se faz notar na sua palatabilidade, mas também dão formação a "flavors" desagradáveis.

Os óleos das castanhas enlatadas apresentaram-se menos rançosos do que os das bandejas.

Estatisticamente, as castanhas enlatadas não apresentaram comportamentos diferentes entre si, devido à inclusão das bandejas na análise. Porém, uma análise dos valores numéricos revela que o processo oxidativo ocorreu com maior intensidade nas castanhas enlatadas com ar, do que nas demais.

Nas castanhas enlatadas com nitrogênio, um ponto de estabilidade na formação de peróxidos é atingido, com valor inferior ao apresentado pelas castanhas enlatadas com ar. Em seguida ele começa a decrescer, indício de quebra dos compostos peróxidos e, menor disponibilidade de O₂ para a formação de novos peróxidos. Isto foi comprovado no 4º mês através da análise de composição da atmosfera das latas, quando foi verificada a concentração de oxigênio ao redor de 1%.

Considerando-se todos os tratamentos avaliados, foi constatado que as castanhas enlatadas com ar mais sachê absorvedor de oxigênio apresentaram-se mais protegidas contra a deterioração oxidativa. A ação da embalagem mais a presença do sachê provocaram um efeito direto sobre a reação oxidativa, com a ocorrência entre a absorção do oxigênio pelo sachê e as castanhas, reduzindo a quantidade de O₂ disponível para agir na cadeia de ácidos graxos do óleo das castanhas.

A presença da pastilha testemunha evidenciou a redução do oxigênio no interior das latas e, por conseguinte, ocorreu a redução na formação de compostos primários da oxidação.

Isto por sua vez, leva a reações de iniciação e propagação mais lentas, seguidas de uma discreta formação de compostos secundários, resultando em um produto de qualidade próxima à inicial, por mais tempo. Anteriormente, a eficiência da utilização dos sachês absorvedores de O₂ foi citada por LEGAN & VOYSEY (1991) e SMITH et alii (1986).

B) Durante 12 meses

Na Tabela 7, podem ser encontrados os valores médios para o índice de peróxido do óleo das castanhas-do-Brasil, enlatadas por 12 meses de armazenamento.

Através das análises químicas, é nítida a ocorrência de deterioração oxidativa no produto, principalmente nos tratamentos em que as castanhas foram submetidas ao enlatamento com ar e nitrogênio, com crescente elevação deste índice, até o 4º mês e, com oscilações, mantendo-se até o 12º mês, sempre próximas ao valor alcançado, 18 e 13, respectivamente.

No tratamento em que as castanhas foram enlatadas com ar mais sachê, o comportamento foi inverso; apresentaram uma redução no índice após o 1º mês de armazenamento, passando de 11,39 para 9,22, o qual se manteve até o final da estocagem, completados os 12 meses.

As análises revelaram que o ponto de estabilidade, na produção de peróxidos, diferiu com o tipo de armazenamento, em função da concentração de oxigênio dentro das latas. No enlatamento com ar, as castanhas apresentaram um valor médio estável de peróxidos, da ordem de 18 que, por sua vez, no enlatamento com nitrogênio, foi de 12 a 13, muito próximo dos iniciais. Essa observação concorda com a afirmação de BILLEK (1983), segundo a qual a presença de oxigênio, entre outros fatores, contribui para a ocorrência da reação de autooxidação.

Nas castanhas enlatadas com ar mais sachê absorvedor de oxigênio, considerando a efetiva ação do sachê mais a pequena absorção do oxigênio interno das latas, pelas castanhas e, a barreira da embalagem, a concentração de oxigênio foi reduzida já no início do armazenamento, permitindo a estabilidade durante os 12 meses. Como o valor de peróxidos foi reduzido do inicial, pode-se considerar que houve pequena reação oxidativa, neste tratamento, enquanto a etapa final da reação em cadeia foi predominante.

Os valores máximos obtidos de índice de peróxido, para os diferentes tratamentos, no decorrer da estocagem, foram de 19,26 no 7º mês, 13,94 no 4º mês e 10,43 no 10º mês, para enlatamento com ar, nitrogênio e ar mais sachê, respectivamente.

Nas castanhas enlatadas com nitrogênio, que alcançaram o ponto mais alto no 4º mês, se observa um decréscimo, nos meses posteriores, no índice, o que revela indício de quebra dos compostos peróxidos e, a menor disponibilidade de O₂ para a formação desses compostos, diferente do ocorrido nas enlatadas com ar.

Apesar da reação oxidativa presente, especialmente nas castanhas enlatadas com ar, que apresentaram o maior valor de peróxidos, nenhum dos tratamentos ultrapassou o valor de 20 meq de O₂/kg de amostra, que é o valor máximo permitido pelas normas para alimentos.

Através da análise estatística, também foi revelada uma diferença significativa entre os tipos de tratamentos a que as castanhas foram submetidas.

Os valores de peróxidos das castanhas enlatadas com ar, com exceção do 1º mês em foram semelhantes às enlatadas com nitrogênio, foram sempre diferentes, significativamente, das castanhas enlatadas com ar mais sachê e nitrogênio, do 2º ao 12º mês de estocagem.

Os tratamentos com nitrogênio e ar mais sachê não mostraram em nível de 1%, diferenças significativas entre si, durante os meses de armazenamento, porém, analisadas quanto ao tipo de armazenamento, estes diferiram significativamente.

Tabela 6 - Valores médios de índice de peróxido (meq de O₂/kg de amostra) dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, enlatadas e embaladas em bandejas de polipropileno, por 6 meses.*

Meses de Armazenamento	Ar	Ar + Sachê	Nitrogênio	Bandeja
Inicial	11,39	11,39	11,39	11,39
01	14,04 AB	9,22 C	13,11 BC	18,19 A
02	16,44 B	9,11 C	12,82 BC	23,61 A
03	18,48 B	9,06 C	11,80 C	31,36 A
04	18,71 B	9,81 C	13,95 BC	39,20 A
05	18,69 B	8,59 C	11,17 C	49,72 A
06	16,37 B	9,49 C	12,88 BC	50,49 A
Médias	17,12 B	9,21 D	12,80 C	32,52 A

C.V. = 11,634%

* Médias, seguidas por letras distintas por tempo de armazenamento e por diferentes tipos de tratamentos, diferem entre si ao nível de significância de 1%, pelo teste de Tukey.

Tabela 7 - Valores médios de índice de peróxido (meq O₂/kg de amostra) dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, enlatadas por 12 meses.*

Meses de Armazenamento	Ar	Ar + Sachê	Nitrogênio
Inicial	11,39	11,39	11,39
01	14,04 A	9,22 B	13,11 A
02	16,44 A	9,11 C	12,83 B
03	18,48 A	9,06 B	11,80 B
04	18,71 A	9,81 C	13,95 B
05	18,69 A	8,59 B	11,17 B
06	16,37 A	9,49 C	12,88 B
07	19,26 A	9,48 C	12,55 B
08	18,58 A	10,30 B	12,14 B
09	17,54 A	8,98 C	12,49 B
10	17,41 A	9,14 B	10,57 B
11	18,48 A	10,43 B	11,37 B
12	17,09 A	9,98 B	12,19 B
Médias	17,59 A	9,47 C	12,26 B

C.V. = 10,456%

* Médias seguidas por letras distintas, por tempo de armazenamento e por diferentes tipos de tratamentos, diferem entre si ao nível de significância de 1%, pelo teste de Tukey.

4.1.4. Índice de iodo

A) Durante 6 meses

Através de determinações analíticas do índice de iodo, os valores médios obtidos revelaram que a maior diminuição no índice ocorreu no primeiro mês. Os dados estão contidos na Tabela 8.

Pelos resultados, pode-se deduzir que deve ter ocorrido uma alteração na disposição ou na disponibilidade das duplas ligações na cadeia de ácidos graxos, o que poderia causar índices de iodo mais baixos. A alta formação de peróxidos, no 1º mês de armazenamento, nas castanhas enlatadas com ar, nitrogênio e embaladas em bandejas, poderia ser uma das responsáveis por este fato.

Nos demais meses, apesar de, nos tratamentos com ar e nas bandejas, o valor de peróxidos ter aumentado, indicando reação oxidativa e, por conseguinte, desarranjo na estrutura da cadeia dos ácidos graxos, o valor de iodo não se alterou. Este valor foi, constantemente, mantido acima de 90.

Era esperado que, nas castanhas em bandejas, devido à crescente reação oxidativa, no decorrer do tempo de armazenamento, ocorresse diminuição no índice de iodo. Todavia, esse valor, com exceção do 1º e do 3º mês, foi sempre superior a 90.

Segundo FOURIE & BASSON (1989), os valores elevados do índice de iodo e suas mudanças, em pecãs e macadâmias, durante a estocagem, podem ser devidos à complexidade da determinação do método. Os valores variam quando estão presentes ligações insaturadas, em posições anormais ou em conjugação. Os autores destacaram que, apenas o índice de iodo não é suficiente para a detecção do ranço, sendo necessárias análises específicas, como o índice de peróxido.

A Tabela 8 revela que, estatisticamente, ao longo de 6 meses de avaliação comparativa do óleo das castanhas em latas e em bandejas, o índice de iodo não foi significativamente diferente entre os tratamentos, não sendo capaz de detectar diferenças que indicassem alterações nas duplas ligações dos ácidos graxos.

B) Durante 12 meses

Os valores médios de índice de iodo, para as castanhas acondicionadas em latas, são apresentados na Tabela 9.

Os índices mais baixos, detectando alterações nas duplas ligações dos ácidos graxos insaturados, foram encontrados para os três tratamentos, no 1º e 3º meses de armazenamento. Nos demais meses, os valores foram superiores a 90, mesmo ocorrendo reação oxidativa nas castanhas, indicado pelo índice de peróxido.

Os meses, em que ocorreram as reduções no índice de iodo, coincidiram com os mesmos em que a reação primária de oxidação, para formação de compostos primários, foi mais acentuada. No entanto, após o 4º mês, mesmo ocorrendo aumento do índice de peróxido, como foi o caso das castanhas enlatadas com ar, a mesma relação não ocorreu, pois os valores do índice de iodo permaneceram acima de 90, em todos os tratamentos.

O índice de iodo não demonstrou-se eficaz na obtenção de resultados que indicassem as alterações oxidativas, no decorrer do 4º ao 12º mês de estocagem. Da mesma forma FOURIE & BASSON (1989) não encontraram diferenças no índice de iodo do óleo de pecãs, amêndoas e macadânicas. Após 16 meses de armazenamento e, apesar disso, os autores concluíram que ele não foi um indicativo de que o ranço não tivesse ocorrido, pois este foi detectado pelo índice de peróxido.

Assim sendo, com os valores permanecendo acima de 90 na maioria dos meses, a análise estatística, ao longo de 12 meses, revelou que, na avaliação comparativa do óleo das castanhas em latas, o índice de iodo não foi capaz de detectar diferenças significativas, entre os tratamentos, que indicassem alterações na cadeia de ácidos graxos insaturados.

O índice de iodo, somente acompanhado de outras análises, como o índice de peróxido e exame espectrofotométrico na faixa ultravioleta parece ser de grande valia para análise dos resultados.

Tabela 8 - Valores médios de índice de iodo (mg de iodo/100 mg de amostra) dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, enlatadas e embaladas em bandejas de polipropileno, por 6 meses.*

Meses de Armazenamento	Ar	Ar + Sachê	Nitrogênio	Bandeja
Inicial	93,94	93,94	93,94	93,94
01	76,12 A	84,11 A	82,25 A	77,60 A
02	94,54 A	94,64 A	94,08 A	95,09 A
03	84,69 A	85,05 A	84,80 A	84,26 A
04	93,70 A	94,51 A	93,40 A	93,83 A
05	91,65 A	88,52 A	90,70 A	91,42 A
06	96,66 A	97,10 A	98,54 A	94,20 A
Médias	89,56 A	90,66 A	90,65 A	89,35 A

C.V. = 11,409%

* Médias, seguidas por letras distintas por tempo de armazenamento e por diferentes tipos de tratamentos, diferem entre si ao nível de significância de 1%, pelo teste de Tukey.

Tabela 9 - Valores médios de índice de iodo (mg de iodo/100 mg de amostra) dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, enlatadas por 12 meses.*

Meses de Armazenamento	Ar	Ar + Sachê	Nitrogenio
Inicial	93,94	93,94	93,94
01	76,11 A	84,11 A	82,25 A
02	94,54 A	94,64 A	94,08 A
03	84,69 A	85,05 A	84,80 A
04	93,70 A	94,51 A	93,40 A
05	91,65 A	88,52 A	90,70 A
06	96,66 A	97,10 A	98,54 A
07	93,23 A	93,70 A	94,16 A
08	98,48 A	99,38 A	99,37 A
09	96,94 A	97,57 A	95,75 A
10	94,86 A	96,06 A	95,25 A
11	96,58 A	96,48 A	96,57 A
12	96,10 A	98,90 A	98,64 A
Médias	92,80 A	93,83 A	93,63 A

C.V. = 8,196%

* Médias seguidas por letras distintas, por tempo de armazenamento e por diferentes tipos de tratamentos, diferem entre si ao nível de significância de 1%, pelo teste de Tukey.

4.1.5. Exame espectrofotométrico em 232 nm.

A) Durante 6 meses

Os resultados do exame espectrofotométrico na faixa ultravioleta, indicando a presença de dienos conjugados, na cadeia de ácidos graxos, dos óleos das castanhas, na faixa de 232 nm, são representados na Tabela 10.

A análise estatística mostra que as castanhas nas bandejas apresentaram os valores mais altos, diferentes significativamente das castanhas enlatadas com ar mais sachê, que se assemelharam às mantidas sob nitrogênio. Alguma semelhança significativa foi verificada entre os óleos das castanhas nas bandejas e enlatadas com ar, que foram as que mais se oxidaram, no decorrer do armazenamento por 6 meses.

Os valores para E 232, nas castanhas em bandejas e enlatadas com ar, no final de 6 meses, foi de 3,11 e 2,70, respectivamente.

Apesar da semelhança significativa, nos diferentes meses de armazenamento, entre as castanhas em bandejas e enlatadas com ar, as médias por tipo de armazenamento revelaram semelhança estatisticamente, somente entre as castanhas enlatadas com nitrogênio e com ar. Este mesmo resultado ocorreu quando comparados somente os resultados entre os tratamentos com as castanhas enlatadas.

Analisando os resultados de E 232 com os obtidos para o índice de peróxido verifica-se semelhança de comportamento no decorrer de 6 meses de armazenamento, entre os tratamentos, das castanhas enlatadas com nitrogênio e ar. Basicamente, com a formação de peróxidos, o valor de E 232 se eleva e, isto ocorreu em alguns meses de armazenamento, nestes dois tratamentos, que apresentaram reação oxidativa da mesma ordem. A relação mais próxima entre o aumento do índice de peróxido e E 232 ocorreu no óleo das amêndoas em bandejas.

B) Durante 12 meses

Os valores médios de E 232 estão apresentados na Tabela 11.

Nos óleos das castanhas do 1º mês observa-se que apenas o enlatamento com nitrogênio oferece indícios de que tenha ocorrido a decomposição dos peróxidos formados com aumento de E 232. Após a redução nos valores, no 2º e 3º meses, no 4º mês, uma nova elevação ocorreu, passando para 2,44, coincidindo com a elevação da concentração de peróxidos. Admitindo-se que, após o 4º mês, o tratamento com nitrogênio tenha atingido o máximo de peróxidos formados, com estabilidade no 12º mês, o valor de E 232 também, após o 4º mês de armazenamento, manteve-se estável, ao redor de 2,4.

No tratamento em que as castanhas foram enlatadas com ar, no 1º mês, o valor de E 232 reduziu. Alternadamente nos 2º, 4º, 6º, 8º e 10º meses, a elevação E 232 foi sempre retomada, alcançando valores ao redor de 2,80 e, nos meses em que ocorreu redução, o índice chegou ao valor mais baixo de 1,75. Os peróxidos foram formados seguidos sempre de uma elevação no valor de E 232. ROBERTSON et alii (1973) afirmaram que, quando os ácidos graxos são

oxidados, os dienos conjugados, medidos pela absorção de U.V. em 228-234 nm, aumentam proporcionalmente com a entrada do oxigênio, com subsequente formação de peróxido nos estágios iniciais da oxidação.

Tendo sido constante, a reação oxidativa nos óleos das castanhas enlatadas com ar mais sachê, indicado pelo valor de peróxidos, da mesma forma durante os meses de armazenamento, com exceção apenas do 3º e 7º meses, os valores médios de E 232 também foram mantidos constantes.

A análise estatística dos dados médios dos 12 meses de E232, revelou diferença significativa entre os tipos de armazenamento, onde o tratamento de ar mais sachê distinguiu dos demais, como o mais favorável à preservação da castanha enlatada.

Tabela 10 - Valores médios de E 232 dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, enlatadas e embaladas em bandejas de polipropileno, por 6 meses.*

Meses de Armazenamento	Ar	Ar + Sachê	Nitrogênio	Bandeja
Inicial	2,230	2,230	2,230	2,230
01	2,156 B	2,232 B	2,614 AB	2,759 A
02	2,690 A	2,176 B	2,338 AB	2,802 A
03	1,930 A	1,803 A	1,819 A	2,092 A
04	2,741 A	2,143 B	2,438 AB	3,033 A
05	1,927 B	2,038 B	2,376 AB	2,930 A
06	2,694 AB	2,304 B	2,601 AB	3,108 A
Médias	2,356 B	2,116 C	2,375 B	2,746 A

* Médias, seguidas por letras distintas por tempo de armazenamento e por diferentes tipos de tratamentos, diferem entre si ao nível de significância de 1%, pelo teste de Tukey.

Tabela 11 - Valores médios de E 232 dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, enlatadas por 12 meses.*

Meses de Armazenamento	Ar	Ar + Sachê	Nitrogênio
Inicial	2,230	2,230	2,230
01	2,156 B	2,232 B	2,614 A
02	2,690 A	2,176 B	2,339 B
03	1,930 A	1,803 A	1,819 A
04	2,741 A	2,143 B	2,438 AB
05	1,927 B	2,038 AB	2,376 A
06	2,694 A	2,304 B	2,601 AB
07	1,755 A	1,560 A	1,602 A
08	2,760 A	2,041 B	2,357 B
09	2,105 B	1,910 B	2,471 A
10	2,750 A	2,122 B	2,356 B
11	2,830 A	2,168 B	2,307 B
12	2,590 A	2,087 B	2,363 AB
Médias	2,411 A	2,049 B	2,311 A

C.V. = 7,154%

* Médias seguidas por letras distintas, por tempo de armazenamento e por diferentes tipos de tratamentos, diferem entre si ao nível de significância de 1%, pelo teste de Tukey.

4.1.6. Exame espectrofotométrico em 270 nm

A) Durante 6 meses

A determinação de E 270 fornece informações acerca da qualidade oxidativa do óleo, no tocante a sua composição em alfa e beta aldeídos, ou seja, nos compostos menores, resultantes da decomposição dos peróxidos existentes, indicativos do ranço.

Segundo ROBERTSON (1973), quanto mais oxidado o óleo, maior a absorção na faixa de 270 nm.

Desta feita, como esperado, os óleos das castanhas armazenadas nas bandejas apresentaram os maiores valores de peróxidos e, diferenciaram-se estatisticamente, dos demais tratamentos, a partir do 2º mês. Também acusaram este comportamento em 270 nm. Esta diferença de comportamento foi mais acentuada com o passar do tempo de estocagem e, após 6 meses, revelou valor de 0,23, o dobro dos valores encontrados nos óleos das castanhas enlatadas (ver Tabela 12).

No óleo das amêndoas enlatadas, o valor de E 270 foi crescente, porém não tão intensamente como no das em bandejas, apresentando 0,11, no final de 6 meses nas castanhas mantidas enlatadas com ar.

A análise estatística revela ainda que, entre os tratamentos com as latas, ocorreu diferença significativa a partir do 4º mês, destacando-se o enlatamento com nitrogênio, com menor índice de E 270, semelhante ao enlatamento com ar mais sachê, que apresentou os menores índices de peróxido.

B) Durante 12 meses

Em todos os tratamentos, os valores médios de E 270 foram crescentes com o passar do tempo de estocagem e, os resultados podem ser observados na Tabela 13.

Os primeiros 6 meses foram os que apresentaram maior elevação nos valores de E 270, para os óleos das castanhas enlatadas, apresentando valores ao redor de 0,10, os mais elevados para as enlatadas com ar.

Nas castanhas enlatadas com ar mais sachê e nitrogênio, o valor médio oscilou entre 0,08 e 0,1. a principal diferença entre os tratamentos começa a ser mais marcante a partir do 6º mês, quando estas castanhas, mantiveram seus valores de E 270 constantes até o 12º mês. Por outro lado, as castanhas enlatadas com ar, com E 270 de 0,11, do 2º ao 8º mês, o valor se elevou até o 12º, chegando a 0,14, no 11º mês.

Destes resultados observa-se que, enquanto a deterioração oxidativa, com formação de peróxidos nos primeiros meses, foi lenta ou não ocorreu nas castanhas enlatadas com nitrogênio e ar mais sachê, pequena parte deles foi decomposta para formar compostos secundários, somente acentuando-se a partir do 6º mês, como no caso das mantidas sob atmosfera de nitrogênio.

Situação diferente ocorreu para as castanhas enlatadas com ar, em que a formação de peróxidos foi elevada nos meses iniciais e, pequena parte desses compostos foi reduzida a compostos menores. Os aumentos foram constantes, mês a mês, a partir do 6º mês.

No geral, os valores obtidos para os óleos, dos diferentes tratamentos, foram mais baixos, indicando que a reação oxidativa em cadeia, para decomposição de peróxidos, não ocorreu intensamente no produto, ou seja, nenhum desses tratamentos permitiu que as castanhas alcançassem um grau de deterioração elevada e, que a percepção de odores e sabores desagradáveis, provocada pelos alfa e beta aldeídos e cetonas, comprometessem a qualidade do produto. Essas observações confirmam as de LABUZA (1971); BILLEK (1983); ROBERTSON (1988); KOCH (1956), segundo as quais, quando ocorre o término da reação de oxidação em cadeia, os produtos da decomposição dos peróxidos formados são os responsáveis pelos odores e sabores desagradáveis nos alimentos, mas isto só ocorre quando a reação de oxidação é intensa.

Através de análise estatística pode-se constatar, a nível de 1%, a semelhança em E 270, para os tratamentos de castanhas, enlatadas com ar mais sachê e nitrogênio, nos diferentes meses de armazenamento e como tipo de tratamento utilizado.

Para as castanhas enlatadas com ar, os valores médios de E 270 diferiram significativamente, como tipo de armazenamento, dos outros dois. Durante os meses de armazenamento, ocorreram semelhanças entre os tratamentos, uma vez que os valores obtidos não diferiram entre si.

Tabela 12 - Valores médios de E 270 dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, enlatadas e embaladas em bandejas de polipropileno, por 6 meses.*

Meses de Armazenamento	Ar	Ar + Sachê	Nitrogênio	Bandeja
Inicial	0,047	0,047	0,047	0,047
01	0,070 A	0,060 A	0,072 A	0,086 A
02	0,092 B	0,066 B	0,079 B	0,123 A
03	0,098 B	0,088 B	0,083 B	0,133 A
04	0,098 B	0,077 BC	0,060 C	0,147 A
05	0,112 B	0,085 BC	0,081 C	0,217 A
06	0,114 B	0,100 B	0,099 B	0,231 A
Médias	0,097 B	0,079 C	0,080 C	0,146 A

C.V. = 12,293%

* Médias, seguidas por letras distintas por tempo de armazenamento e por diferentes tipos de tratamentos, diferem entre si ao nível de significância de 1%, pelo teste de Tukey.

Tabela 13 - Valores médios de E 270 dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, enlatadas por 12 meses.*

Meses de Armazenamento	Ar	Ar + Sachê	Nitrogênio
Inicial	0,047	0,047	0,047
01	0,070 A	0,060 A	0,072 A
02	0,092 A	0,065 B	0,079 AB
03	0,098 A	0,088 A	0,083 A
04	0,098 A	0,077 AB	0,060 E
05	0,112 A	0,085 B	0,081 B
06	0,114 A	0,100 A	0,099 A
07	0,129 A	0,098 B	0,101 B
08	0,112 A	0,103 AB	0,086 B
09	0,128 A	0,113 AB	0,098 E
10	0,135 A	0,106 B	0,116 AB
11	0,144 A	0,123 AB	0,119 B
12	0,123 A	0,108 A	0,102 A
Médias	0,113 A	0,094 B	0,092 B

C.V. = 10,768%

* Médias seguidas por letras distintas, por tempo de armazenamento e por diferentes tipos de tratamentos, diferem entre si ao nível de significância de 1%, pelo teste de Tukey.

4.1.7. Análise de composição da atmosfera interna das latas.

A composição da atmosfera das latas foi analisada 5 a 6 horas após o enlatamento, no 3º dia e depois, mensalmente até o 12º mês de armazenamento das castanhas enlatadas com ar atmosférico, ar mais sachê absorvedor de oxigênio e com nitrogênio. As amostras foram enlatadas aleatoriamente do lote total armazenado, em cada dia de análise.

Os resultados das análises dos diferentes períodos de armazenamento, que não incluíram CO₂ são encontrados nas Tabelas 14 a 16.

4.1.7.1. Enlatamento com ar atmosférico.

No enlatamento com ar atmosférico, era de se esperar que, inicialmente, a atmosfera interna apresentasse aproximadamente 21% de oxigênio e 79% de nitrogênio, mas a análise feita após 5 a 6 horas da recravação, acusou 15 a 17% de oxigênio. Esse resultado, encontrado de novo após 3 dias, indica que as castanhas enlatadas com ar atmosférico utilizaram rapidamente o oxigênio, possivelmente como forma de adaptação ao novo ambiente: estas vieram em saco aluminizado, nos quais estavam embaladas à vácuo com reduzido processo de respiração. A repetição da análise no 3º dia, sugere que ocorreu um equilíbrio entre produto e o novo meio, nas primeiras horas de enlatamento.

Ao final de 30 dias, o teor de oxigênio baixou para 7 a 9%, possivelmente por causa do consumo do O₂ pela respiração. O oxigênio, possivelmente deverá ter desencadeado a reação de oxidação e, levado à formação de compostos oxidativos, através da ligação do oxigênio com os radicais de carbono livre, na cadeia hidrocarbonada dos ácidos graxos, do óleo da castanha.

No 2º mês, o teor de oxigênio no interior das latas diminuiu para 4% e 2%, no 3º mês, permanecendo nesses níveis de 2 a 4% até o 12º mês de observação, com oscilações de 0,5 a 1%, de mês para mês, perfeitamente compreensíveis em ensaios dessa natureza.

As análises demonstram que o oxigênio foi consumido do 1º ao 12º mês porém, mais lentamente que no momento do enlatamento. A utilização do oxigênio, nos 4 primeiros meses, deve ter causado a formação de compostos oxidativos peróxidos, bem como, discreta formação de compostos secundários da oxidação.

A partir do 4º mês, o teor de oxigênio manteve-se baixo, provavelmente porque diminuiu a sua utilização pelas castanhas, verificado pela redução do gás interior das latas. A formação de peróxidos foi mais lenta, em sua maior parte com a reação em cadeia, para formação de compostos secundários da oxidação sendo a mais efetiva.

Os teores de nitrogênio permaneceram na faixa de 80% no 1º mês, elevaram para 87 a 89% no 2º mês e, para 92 a 94% no 3º mês, coincidindo com a menor porcentagem de oxigênio. No 4º mês, o nitrogênio voltou aos níveis de 87 a 89%, mas o oxigênio manteve-se em 2 a 3%.

Essas variações indicam que houve atividade respiratória.

No período compreendido entre o início do enlatamento das castanhas (21% de O_2), até o 3º e 4º mês de armazenamento a concentração de oxigênio diminuiu para 2 a 3%; os índices de peróxido iniciais aumentaram nesse período (de 11,39 para 18,7) indicando a via de consumo do oxigênio. Do 5º mês em diante, o teor de oxigênio manteve-se na faixa de 3 a 4%, com pequena oscilação mês a mês, mostrando uma diminuição na atividade respiratória.

A concentração de nitrogênio manteve-se entre 90 e 95% do 5º ao 12º mês, com a variação do 5º ao 9º mês, proporcional ao aumento de nitrogênio e, diminuição de oxigênio. Do 10º ao 12º mês, as concentrações de oxigênio e nitrogênio mantiveram-se constantes.

Como a formação de peróxidos é dependente da presença do oxigênio, a estabilidade de sua concentração do 5º ao 12º mês, levou à estabilidade da reação primária de oxidação, mantendo o índice de peróxido, com pequenas oscilações, neste período de avaliação.

No 5º mês não houve alteração no índice de peróxido, que se manteve ao redor de 18,; o oxigênio presente não acelerou a formação de peróxidos, a partir dos ácidos graxos, porém, notou-se uma elevação do índice de acidez até 1,6 e produção de compostos secundários.

No 6º mês ocorreu pequena redução na concentração de O_2 no interior da lata, acompanhada de uma pequena redução no índice de peróxido, passando para 16,37.

O nível de oxigênio decresceu, possivelmente, como consequência do consumo deste para a reação de oxidação nos meses anteriores e, com a estabilidade do índice de peróxido, acelerou a formação de compostos secundários, completando o mecanismo em cadeia.

Com a concentração de oxigênio permanecendo estável, do 7º ao 12º mês, o resultado do índice de peróxido, também permaneceu estável, bem como os demais índices analisados. Isto indica que deve ter ocorrido estabilização no processo primário de oxidação, a partir do 4º mês até o 12º.

Com a formação de peróxidos estabilizada, a formação de compostos secundários da oxidação foi predominante e crescente, no período do 5º ao 12º mês. A decomposição dos peróxidos deu-se, principalmente, com a formação de compostos menores (E 270), demonstrando o término da reação em cadeia.

Tabela 14 - Valores médios da composição da atmosfera interna das latas, com castanhas-do-Brasil descascadas tipo exportação, sob ar atmosférico.

Tempo	%H ₂	%O ₂	%N ₂
Inicial	0,00	16,51	81,02
3 dias	0,00	15,35	78,79
1º mês	0,02	7,58	80,62
2º mês	0,04	4,65	88,21
3º mês	0,09	2,63	92,04
4º mês	0,14	2,95	88,19
5º mês	0,09	4,09	88,49
6º mês	0,64	3,00	91,14
7º mês	0,11	3,92	92,90
8º mês	0,84	4,27	94,44
9º mês	0,83	3,63	87,10
10º mês	0,55	3,92	95,38
11º mês	0,63	3,79	95,56
12º mês	0,61	3,55	94,40

4.1.7.2. Enlatamento com ar mais sachê absorvedor de oxigênio.

O enlatamento das castanhas foi feito com ar atmosférico (21% de O₂) mais a adição de dois sachês absorvedores de oxigênio. A análise da atmosfera do interior as latas feita após 5 a 6 horas do enlatamento acusou 10 a 11% de oxigênio.

Na segunda análise, realizada após 3 dias, a porcentagem de O₂ foi reduzida para 2 a 3%, com um teor de nitrogênio de 80 a 90%. Esses resultados repetiram-se até o 4º mês.

A eficiência dos sachês absorvedores de O₂ foi nítida, com se pode notar após 5 a 6 horas do enlatamento e após 3 dias.

É possível que a redução da porcentagem de O_2 tenha sido causada pela respiração e a eficiente absorção do O_2 pelo sachê.

A formação de peróxidos foi reduzida no 1º mês e não mostrou grande variação do primeiro ao último mês de avaliação, com valores entre 9 e 10. Certamente a pequena produção de peróxidos se devem à pequena porcentagem de oxigênio, proporcionando apenas lenta continuação da reação em cadeia, com formação de compostos secundários da oxidação, sem alterar muito os teores dos compostos oxidativos primários. Do 1º ao 4º mês, a formação de compostos secundários foi crescente, porém levemente; as maiores elevações ocorreram no 1º e 6º mês. Os valores de E 270 e E 232 permaneceram próximos aos iniciais.

Apenas no 7º mês, os valores de E 232 diminuíram acentuadamente, porém nos meses subsequentes sua formação foi retomada, permanecendo constante até o 12º mês.

Um pequeno aumento na concentração de oxigênio ocorreu no 5º mês, o qual foi mantido até o 12º mês, oscilando de 3 a 4%. O oxigênio existente nas latas não foi totalmente absorvido, permanecendo sempre uma pequena porcentagem, que variou por amostra, refletindo nos índices avaliados, sem afetar fortemente a oxidação do produto, principalmente nas etapas iniciais, mantendo o produto, no final de 12 meses de armazenamento, livre da intensa reação oxidativa.

As concentrações de nitrogênio, presente no interior das latas, variaram de 95 a 96%, a partir do 5º mês mas, no 9º mês baixou para 88,8%, coincidindo com o aumento das concentrações de oxigênio. A partir do 5º mês, as concentrações de nitrogênio aumentaram um pouco nos meses subsequentes, embora não havendo evidência da utilização do oxigênio pelas castanhas e, principalmente, pelos sachês absorvedores.

Tabela 15 - Valores médios da composição da atmosfera interna das latas, com castanhas-do-Brasil descascadas tipo exportação, sob ar e sachê absorvedor de oxigênio.

Tempo	%H ₂	%O ₂	%N ₂
Inicial	0,00	10,61	84,37
3 dias	0,00	2,80	86,90
1º mês	0,00	2,52	88,72
2º mês	0,11	2,95	90,72
3º mês	0,13	2,46	89,01
4º mês	0,14	2,89	89,82
5º mês	0,16	3,45	96,11
6º mês	0,71	2,77	91,30
7º mês	0,14	3,73	96,12
8º mês	0,83	4,14	94,41
9º mês	0,97	3,43	88,71
10º mês	0,56	4,02	95,43
11º mês	0,64	3,50	95,84
12º mês	0,63	3,50	95,50

4.1.7.3. Enlatamento com nitrogênio

A atmosfera nos interior das latas, com castanhas descascadas, que receberam nitrogênio, apresentou 6% de oxigênio no momento do enlatamento, após 5 a 6 horas do enlatamento e depois de 3 dias.

As porcentagens de oxigênio no 1º mês caíram para 2 a 3%, diminuíram mais no 2º e 3º meses, sendo que, no 3º mês, uma das latas não acusou a presença de oxigênio. Do 4º ao 12º mês os valores de mantiveram entre 1 e 2% de oxigênio.

i Neste tratamento ficou evidente que as castanhas utilizaram o oxigênio remanescente, após a injeção de nitrogênio, em maior intensidade no início do armazenamento, assim como, deve ter ocorrido maior formação de compostos oxidativos, mantendo-se estáveis até o final do ensaio.

O tratamento, com injeção de nitrogênio na lata, acusou baixos níveis de oxigênio e altos de nitrogênio, durante os 12 meses de armazenamento. Possivelmente a pequena porcentagem de oxigênio remanescente, a partir do 5º mês, foi utilizada apenas para formar pequena quantidade de compostos primários da oxidação (peróxidos) e pequena, mas constante formação de compostos secundários.

No início do enlatamento, a concentração de nitrogênio era de 94% e, nos demais meses se manteve entre 97 e 98%.

Baixas concentrações de oxigênio e elevadas de nitrogênio foram constantes durante o experimento e, demonstram a eficiência do enlatamento com nitrogênio e a perfeita recravação das latas, eliminando suspeita de que defeitos da embalagem pudessem influir nas concentrações dos gases na atmosfera das latas.

A única determinação de dióxido de carbono nas latas de todos os tratamentos, no 10º mês, mostrou que sua concentração era bem baixa. Nas amostras, enlatadas com ar e nitrogênio, foram encontrados 0,3 e 0,2% de CO₂, respectivamente.

Tabela 16 - Valores médios da composição da atmosfera interna das latas, com castanhas-do-Brasil descascadas tipo exportação, sob nitrogênio.

Tempo	%H ₂	%O ₂	%N ₂
Inicial	zero	5,78	89,92
3 dias	zero	5,80	89,92
1º mês	0,02	2,91	89,27
2º mês	0,03	1,95	90,60
3º mês	0,03	0,51	94,27
4º mês	0,04	1,58	90,21
5º mês	0,05	1,00	89,30
6º mês	0,60	1,33	94,59
7º mês	0,05	2,04	97,90
8º mês	0,81	1,78	97,40
9º mês	0,76	1,87	92,07
10º mês	0,54	1,14	98,08
11º mês	0,57	1,66	97,76
12º mês	0,50	1,36	98,20

4.1.8. Análise sensorial.

Castanhas-do-Brasil descascadas enlatadas com ar, ar mais a adição de sachê absorvedor de oxigênio, sob gás nitrogênio e embaladas em bandejas, foram analisadas quanto ao odor e sabor por 12 meses. A classificação dos produtos foi obtida através das notas dadas pelos degustadores às características de odor e sabor. Os resultados médios obtidos estão dispostos nas figuras 4 e 5.

Figura 4 – Resultados da avaliação sensorial quanto ao odor de castanhas-do-Brasil descascadas, enlatadas por 12 meses.

Figura 5— Resultados da avaliação sensorial quanto ao sabor de castanhas-do-Brasil descascadas, enlatadas por 12 meses.

Os dados obtidos demonstraram que, as castanhas enlatadas com ar mais sachê absorvedor de oxigênio, foi considerado o melhor tratamento durante todo o período de armazenamento.

As castanhas embaladas em bandejas foram avaliadas durante os quatro primeiros meses de armazenamento, quando passaram a ser rejeitadas pelo elevado valor de peróxidos e indício de crescimento microbiano na superfície das amêndoas.

Através dos comentários feitos pelos degustadores, nos quatro primeiros meses em que as castanhas embaladas nas bandejas foram analisadas junto com as enlatadas, ficou nítida a sua qualidade inferior. Os comentários revelaram que as castanhas nas bandejas apresentaram odor e sabor de ranço, caracterizando-a como velha, com sabor de óleo pronunciado, sendo acompanhado de sabor amargo, em algumas amostras.

As castanhas enlatadas com ar apresentaram, nos primeiros meses, característica de castanha nova. Com o passar de 4 a 5 meses de armazenamento, a maioria dos degustadores acusou mudanças no odor e sabor, marcados por gosto amargo, de óleo, caracterizando a castanha como velha. Ao final de doze meses, o sabor e o odor de ranço foram detectados de forma mais intensa que nos outros.

Os comentários revelaram, no entanto, que as castanhas enlatadas com ar mais o sachê absorvedor, foram consideradas como castanhas novas, durante a maioria dos meses de estocagem. Apenas ao final de doze meses, o sabor amargo e característica de um produto envelhecido, com a presença de indício de ranço pode ser observado pelos degustadores.

Com relação às castanhas enlatadas sob atmosfera de nitrogênio, apesar de os degustadores detectarem algum odor e sabor desagradáveis intensificados ao final de doze meses, isto não levou à rejeição do produto. Durante os doze meses de análise sensorial, todas as castanhas enlatadas apresentaram textura crocante.

Durante todo o experimento os degustadores puderam detectar a presença do ranço nas castanhas, porém, isto não foi um fator que levasse a sua rejeição.

Os dados coletados indicaram que o parâmetro odor nas castanhas, principalmente o odor de ranço não é suficiente para uma averiguação efetiva da sua qualidade organoléptica dada a dificuldade de percepção olfativa talvez devida ao fato de estarmos acostumados com castanhas de qualidade inferior, normalmente encontradas no mercado.

4.2. Análises complementares

4.2.1. Armazenamento das castanhas-do-Brasil descascadas em bandejas de polipropileno, sob baixas temperaturas.

A partir do quarto mês de armazenamento, foi observado um crescimento visível de fungos na superfície das castanhas descascadas, armazenadas em bandejas. Por esse motivo, decidiu-se por uma modificação no armazenamento das castanhas descascadas, armazenadas em bandejas, para evitar a perda total das amostras.

Duas das quatro bandejas, contendo castanhas descascadas, que seriam analisadas e comparadas a cada mês, com as castanhas descascadas dentro das latas, foram armazenadas sob refrigeração e congelamento.

Com esta modificação, pode-se avaliar o efeito da redução da temperatura no crescimento microbiano e, a sua influência conjunta na reação oxidativa do produto.

Segundo WEHNER & RABIE (1970) as castanhas, nozes e amêndoas podem se contaminar durante a colheita, processamento e embalagem e, a temperatura de 25°C foi mais favorável ao desenvolvimento de microorganismos que a de 37°C.

Apenas uma bandeja foi mantida ao ambiente, para posterior comparação com os resultados obtidos das amostras enlatadas. Após a permanência ao ambiente, uma bandeja foi colocada durante um mês sob refrigeração e outra, sob congelamento. Por esta razão, as análises foram feitas no mês subsequente ao armazenamento ao ambiente e, os resultados comparados com os dos conservados ao ambiente no mês determinado para a análise.

Os resultados dessa análises são encontrados nas Tabelas 17.1 a 19.2.

As castanhas descascadas armazenadas em bandejas, sob refrigeração, apresentaram unidade elevada no decorrer do 4º ao 9º meses, acima de 4,34%, com exceção do 6º mês, com 3,4%; no 10º e 11º meses, o valor permaneceu ao redor de 3%.

Durante todo o experimento, até o 11º mês, nas castanhas refrigeradas, os índices de acidez e de peróxido foram sempre crescentes, com o índice de peróxido máximo de 102,79 no último mês e, o índice de acidez de 4,5. Os maiores aumentos observados, no índice de peróxido, nas castanhas sob refrigeração foram no 5º, 8º, 10º e 11º meses. Os índices de peróxido e acidez elevaram-se de forma expressiva, com reação oxidativa ocorrendo intensamente, dando formação à elevada quantidade de peróxidos e dos consequentes produtos secundários de oxidação. O aumento da acidez, possivelmente, se deve à presença de radicais livres disponíveis para se ligar ao oxigênio e, prosseguir a reação oxidativa em cadeia. Confirmando tal fato, o maior valor de E 270 no óleo das castanhas, mantidas sob refrigeração, ocorreu no 11º mês, com valor de 0,6 e, nas castanhas ao ambiente, no 11º mês, com o valor de 0,441. No 9º mês, o valor de E 270 das castanhas sob refrigeração, foi mantido, elevando-se a 0,572 no 10º mês, permanecendo até o último mês de armazenamento.

Os valores de E 232 se mantiveram ao redor de 3 e, sua variação, para mais ou para menos, acompanhou o aumento ou diminuição correlacionados com a variação dos índices de peróxido, embora nem sempre diretamente. O maior aumento de E 232, de um mês para outro, ocorreu do 4º para o 5º mês, assim como o índice de peróxido.

As mesmas castanhas em bandejas, mantidas ao ambiente, no mesmo período de armazenamento, apresentaram crescentes elevações nos índices de acidez e peróxido. Ao final de 11 meses, o valor do índice de peróxido chegou a 85,32 e o do índice de acidez a 3,7, o qual manteve-se constante desde o 9º mês, ao contrário do observado nas castanhas refrigeradas. Na maioria dos casos, os índices de acidez e peróxido foram mais elevados nas castanhas refrigeradas do que nas mantidas ao ambiente. Enquanto, no 11º mês, as castanhas,

em bandejas, mantidas ao ambiente apresentaram o valor de 85,32, para o índice de peróxido, nas castanhas mantidas sob refrigeração, o valor foi de 102,79, indicando uma reação oxidativa mais acelerada neste tipo de tratamento. Em consequência, os compostos secundários da oxidação, formados nas castanhas mantidas ao ambiente, indicaram que a formação de compostos menores do 9º ao 11º mês foi a mais elevada; o valor foi crescente desde o 4º mês, porém a partir do 9º mês, o avanço da reação oxidativa em cadeia foi acelerado e, ao final de 11 meses, o valor chegou a 0,441. O valor de E 232 se manteve, praticamente, sem alteração, na maioria dos meses de armazenamento, com valores entre 3 e 3,2, com exceção no 7º mês, no qual o valor foi de 1,7. Esta redução, no 7º mês, pode estar relacionada com um reduzido aumento no índice de peróxido, com valor de 55,27, indicando a possibilidade da intensa formação de compostos menores, pela maior degradação de peróxidos. No entanto, no 8º mês, a formação de dienos conjugados aumentou, bem como o índice de peróxido, passando para valores de 3,23 e 66,51, respectivamente.

Nas castanhas em bandejas, submetidas ao congelamento, os índices de peróxido e acidez foram, também, elevados, de mês a mês, durante todo o período de estocagem, com exceção do 5º para o 6º mês, quando houve redução do índice de acidez e, estabilização no índice de peróxido. Observou-se que, os aumentos apresentados neste tipo de tratamento, de um mês para outro, não foram tão intensos como os apresentados quando refrigerado e ao ambiente.

Do 5º para o 6º e, também no 8º mês, foram observados períodos em que os resultados indicativos de deterioração oxidativa das castanhas congeladas, foram menores do que os apresentados pelas castanhas refrigeradas e, a partir do 9º mês, quando a reação foi mais acelerada, comparando com mantidas ao ambiente, as castanhas congeladas em bandejas apresentaram resultados muito próximos dos apresentados pelas castanhas ao ambiente, mesmo tendo sido aumentado o tempo de armazenamento, pela manutenção de um mês sob congelamento. Isto demonstra que, uma vez congeladas, mantiveram os resultados mais próximos dos revelados pelas armazenadas ao ambiente.

Nas três condições de armazenamento, foi clara a ocorrência da reação oxidativa de forma crescente, com o passar dos meses, principalmente a formação de peróxidos, no 10º mês, nas castanhas em bandejas, ao ambiente e congeladas e, do 4º para o 5º mês, nas refrigeradas e congeladas. Evidência é dado no 11º mês para as castanhas em bandejas refrigeradas, as quais apresentaram o maior valor de peróxidos, durante todo o período de armazenamento.

Nas castanhas congeladas em bandejas, a presença de compostos secundários foi irregular, apesar do aumento dos compostos peróxidos e da acidez terem sido crescentes.

Os valores de E 232, do 4º ao 7º mês, apresentaram-se estáveis, ao redor de 3, apesar de uma queda acentuada para 2,132, no 8º. Esta queda, nos dienos conjugados, foi acompanhada de uma

elevação de E 270, de 0,227 para 0,332, demonstrando uma possível utilização dos dienos conjugados e, finalização de reação em cadeia, com índice de peróxido praticamente estável.

O valor de E 270 aumentou, do 4º ao 11º mês de observação, de 0,201 para 0,517, mas não de forma regular, pois apresentou decréscimo no 7º mês.

Da mesma forma que as castanhas armazenadas em bandejas, sob refrigeração e ao ambiente, as castanhas congeladas apresentaram uma crescente elevação no teor de umidade, com máximo no 8º mês, chegando a 6%. O menor valor apresentado, neste tratamento, foi o do 7º mês, 3,7%. Nas castanhas mantidas ao ambiente e refrigeradas, o teor mais alto de umidade foi 5% e, ocorreu no 9º mês.

Variações pequenas nos resultados de um mês para outro, também foram observadas, no decorrer deste experimento, nos diferentes tratamentos.

Nas castanhas em bandejas, sob refrigeração, houve constância no índice de peróxido, do 5º para o 6º mês e, do 8º para o 9º. Nesse período, o índice de acidez decresceu, sugerindo que a reação oxidativa pode ter sido bloqueada pela ação da temperatura de armazenamento, provocando mínima formação de peróxidos, discreta produção de radicais livres e redução de compostos secundários da oxidação.

Todavia, o índice de acidez mais elevado, nas castanhas armazenadas em bandejas, sob refrigeração, foi 4,55, encontrado no 10º mês e, mantido até o 11º, quando, também, foram encontrados os mais altos índices de peróxido, alcançando de 68,56 a 102,79 no 11º mês.

O índice de iodo se manteve entre 90 e 92 nos meses em que os índices de peróxido e de acidez se elevaram, servindo de indicativo para a ocorrência de alterações no produto, em relação à cadeia de ácidos graxos. Da mesma forma, o índice de iodo elevou-se no 10º mês, possivelmente por causa da alteração na cadeia de carbono, por isomerização de duplas ligações.

Nas castanhas sob congelamento, também ocorreram pequenas variações no índice de peróxido, do 5º ao 6º mês e, do 7º ao 8º, a reação oxidativa foi reduzida, com pouca formação de peróxidos, mas reação em cadeia continuou pela sua degradação mais efetiva, demonstrada pelo aumento no valor de E 270. Do 5º ao 6º mês, o índice de acidez decresceu, tornando a se elevar no 7º mês, acompanhado de uma intensa elevação no índice de peróxido, indicando uma retomada da reação, na etapa de formação de peróxidos, até o 10º mês, quando os valores de E 270 alcançaram 0,552.

Ao contrário do que foi descrito para as castanhas em bandejas, sob refrigeração, as castanhas em bandejas mantidas sob congelamento tiveram elevação do índice de iodo concomitantemente com os aumentos do de acidez e de peróxido. No 9º mês, o índice de peróxido alcançou 74,71, após ter sido detectado índice de acidez de 3,70, no 8º mês, e o baixo índice de iodo, de 92. Os menores valores dos índices de iodo, ao redor de 86, foram encontrados no 4º e 6º meses, como na maioria das análises das castanhas sob refrigeração. Na maioria dos meses, o índice de iodo das castanhas, mantidas ao ambiente, como o das castanhas sob refrigeração, diminuiu com a elevação dos índices de acidez e de peróxido, exceto no 9º mês.

Nas castanhas descascadas, armazenadas em bandejas sob refrigeração, houve redução no índice de peróxido, do 6º para o 7º meses, quando decresceu de 58,27 para 54. Por sua vez, o índice de acidez elevou-se expressivamente neste mesmo período, após uma queda no período anterior. A maior elevação registrada ocorreu do 9º para o 10º mês, quando alcançou 4,55. Nestes meses, a reação oxidativa pode ter sido responsável pela produção de compostos secundários, a partir dos peróxidos já existentes, que contribuíram para elevar o valor de E 270, de 0,377 para 0,572, elevando a acidez, pela presença dos compostos secundários e radicais livres, resultantes da continuação da reação.

Nas castanhas, inicialmente armazenadas ao ambiente e depois, submetidas a refrigeração e congelamento, o crescimento dos microrganismos foi reduzido, como era esperado e, nos meses subsequentes, quase não se notou sua presença. Pelo contrário, a reação oxidativa, que foi pouco intensa, nos primeiros meses de armazenamento, se intensificou a partir do 9º mês, principalmente nas castanhas que foram refrigeradas.

As castanhas armazenadas ao ambiente foram as únicas armazenadas por 12 meses. Neste último mês, elas apresentaram elevado aumento nos diversos índices: a umidade atingiu 3,85%; o índice de acidez, 5,74; o índice de peróxido, 104,65; o índice de iodo, 87,62; os E 232, 3,21 e os E 270, 0,82.

Tabela 17.1 - Resultados das análises do óleo das castanhas-do-Brasil descascadas, armazenadas em bandejas de polipropileno, mantidas ao ambiente.

Amostragem	Teor de umidade (%)	Índice de acidez (mg KOH/g)	Índice de peróxido meq O ₂ /1000g amostra	Índice de iodo mg iodo/100mg amostra
4 ^o mês	3,55	2,07	36,20	99,83
5 ^o mês	4,09	2,60	49,72	91,42
6 ^o mês	4,84	2,74	50,89	94,20
7 ^o mês	4,75	2,70	55,27	86,40
8 ^o mês	4,15	3,26	66,51	93,00
9 ^o mês	5,00	3,80	76,18	96,80
10 ^o mês	3,83	3,84	89,38	95,38
11 ^o mês	4,26	3,71	85,32	93,31
12 ^o mês	3,85	5,74	104,65	87,62

Tabela 17.2 - Resultados do exame espectrofotométrico na faixa ultravioleta nas castanhas-do-Brasil descascadas, armazenadas em bandejas de polipropileno, mantidas ao ambiente.

Amostragem	E 232	E 270
4 ^o mês	3,033	0,146
5 ^o mês	2,930	0,216
6 ^o mês	3,110	0,231
7 ^o mês	1,722	0,243
8 ^o mês	3,237	0,292
9 ^o mês	2,910	0,327
10 ^o mês	3,175	0,410
11 ^o mês	3,200	0,441
12 ^o mês	3,209	0,816

Tabela 18.1 - Resultados das análises do óleo das castanhas-do-Brasil descascadas, armazenadas em bandejas de polipropileno, mantidas sob refrigeração.

Amostras	Teor de umidade (%)	Índice de acidez (mg KOH/g)	Índice de peróxido meq O ₂ /1000g de amostra	Índice de iodo mg iodo/100mg de amostra
4º mês	4,82	2,40	36,21	90,11
5º mês	4,50	2,71	57,55	91,66
6º mês	3,40	2,26	58,27	95,74
7º mês	4,34	2,85	54,00	97,52
8º mês	4,45	3,27	67,91	92,00
9º mês	4,97	3,02	68,56	91,87
10º mês	2,95	4,55	87,87	91,61
11º mês	3,20	4,46	102,79	97,57

Tabela 18.2 - Resultados do exame espectrofotométrico na faixa ultravioleta nas castanhas-do-Brasil descascadas, armazenadas em bandejas de polipropileno, mantidas sob refrigeração.

Amostragem	E 232	E 270
4º mês	2,334	0,167
5º mês	3,115	0,350
6º mês	2,986	0,232
7º mês	3,144	0,226
8º mês	2,976	0,405
9º mês	3,030	0,377
10º mês	3,070	0,572
11º mês	3,092	0,591

Tabela 19.1 - Resultados das análises do óleo das castanhas-do-Brasil descascadas, armazenadas em bandejas de polipropileno, mantidas sob congelamento.

Amostras	Teor de umidade (%)	Índice de acidez (mg KOH/g)	Índice de peróxido meq O ₂ /1000g de amostra	Índice de iodo mg iodo/100mg de amostra
4º mês	4,45	2,21	38,53	86,62
5º mês	4,90	2,35	51,03	96,50
6º mês	4,13	2,19	52,46	86,80
7º mês	3,70	2,80	61,11	100,00
8º mês	6,00	3,70	65,50	97,55
9º mês	5,09	3,49	74,71	92,70
10º mês	4,59	3,96	82,77	92,86
11º mês	2,66	3,42	84,68	95,04

Tabela 19.2 - Resultados do exame espectrofotométrico na faixa ultravioleta nas castanhas-do-Brasil descascadas, armazenadas em bandejas de polipropileno, sob congelamento.

Amostragem	E 232	E 270
4º mês	3,010	0,201
5º mês	3,197	0,314
6º mês	3,037	0,375
7º mês	2,940	0,227
8º mês	2,132	0,332
9º mês	2,916	0,410
10º mês	3,287	0,552
11º mês	2,940	0,517

4.3. Ensaio de estocagem de castanhas em casca e descascadas em sacos de papel, para acompanhamento do processo de instalação do ranço.

4.3.1. Análises das castanhas-do-Brasil em casca, submetidas a diferentes condições de armazenamento, durante quatro meses.

4.3.1.1. Teor de umidade

Após o 1º mês de armazenamento houve pequena redução da umidade das castanhas, quando mantidas ao ambiente e congeladas, o que poderia ser esperado.

A refrigeração, porém, parece ter tido uma ação dessecativa maior. O valor inicial de 4,72% foi reduzido a 3,83%, nas castanhas em casca refrigeradas e, 4,49%, nas congeladas. No 2º mês, estes valores foram, novamente, reduzidos nas castanhas em casca refrigeradas e aumentados para as congeladas, em 3,65% e 4,9%, respectivamente, isto sugere que a refrigeração é capaz de provocar a perda de água do produto.

Nos demais meses, a umidade das castanhas em casca refrigeradas e congeladas foram mantidas oscilando entre 3,8 e 4,3%, valores que demonstraram a perda de umidade. Com o passar de quatro meses é maior para as castanhas refrigeradas, se comparados ao valor inicial; os valores obtidos estão contidos na Tabela 20.

A umidade nas castanhas em casca, mantidas ao ambiente, após a redução deste teor, no 1º mês, manteve-se no 2º e, assim até o final de quatro meses, quando o valor de 4,43% foi observado, demonstrando que neste tratamento a umidade não apresentou modificações acentuadas com o passar dos meses de estocagem. A redução para 3,99%, no 3º mês, foi a maior queda na umidade neste tratamento, porém muito próxima dos valores ocorridos nos meses anteriores.

A avaliação dos resultados, através de análise estatística, revelou que não ocorreram diferenças significativas em nível de 1% para o teste de Tukey, para as castanhas em casca, mantidas ao ambiente, refrigeradas e congeladas, durante quatro meses de armazenamento, nestas condições. Da mesma forma, para as médias do tipo de armazenamento, ocorreu semelhança entre os tratamentos em nível de 1%.

Tabela 20 - Valores médios de teor de umidade (%) das castanhas-do-Brasil em casca, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.*

Meses de Armazenamento	Ambiente	Refrigerador	Freezer
Inicial	4,72	4,72	4,72
1	4,51 A	3,83 A	4,49 A
2	4,51 A	3,65 A	4,90 A
3	3,99 A	4,15 A	4,30 A
4	4,43 A	3,86 A	4,04 A
Médias	4,36 A	3,86 A	4,43 A

C.V. = 8,903%

* Médias seguidas por letras distintas diferem entre si em nível de significância de 1%, pelo teste de Tukey.

4.3.1.2. Índice de acidez

Os índices de acidez, das castanhas em casca mantidas por quatro meses, sob condições ambiente, refrigeradas e congeladas, estão apresentados na Tabela 21.

Os índices indicam que, nos primeiros dois meses, castanhas em casca refrigeradas e congeladas, não alteraram o valor inicial do índice de acidez de 0,13, que se manteve por 2 meses a 0,11.

Somente as castanhas em casca, mantidas ao ambiente, no 1º mês triplicaram o índice inicial, alcançando 0,32, valor este, no entanto, reduzido a 0,11 no 2º mês. No 3º e 4º meses, 0,22 foi mantido, demonstrando estabilidade nos resultados, nestas condições de estocagem.

No 3º mês, as castanhas em casca refrigeradas mantiveram o índice de acidez igual à dos meses anteriores. Somente no 4º e último mês, o índice foi triplicado, passando para 0,34, como o ocorrido no 1º mês, ao ambiente. Daí a dedução que, a baixa temperatura pode ter impedido um rápido aumento na acidez do produto, diminuindo a facilidade de formação de radicais livres e alteração do produto com reações oxidativas.

De maneira inversa, nas castanhas em casca congeladas, o maior aumento na acidez ocorreu no 3º mês, com índice de 0,22, igual aos do 3º e 4º meses, encontrados nas castanhas ao ambiente e demonstrando, mais uma vez, que os índices de acidez, das castanhas em casca, sob baixa temperatura, somente alcançam os das mantidas ao ambiente, quando estas permanecem por um período maior de armazenamento.

Os resultados indicam que, nas castanhas em casca, nas diferentes condições ambientais, a acidez pouco se altera, apresentando pequeno efeito na qualidade do produto. Possivelmente a acidez presente é natural, com pequena interferência de algum composto formado pela hidrólise dos lipídeos.

A análise estatística revelou que não existiu diferença significativa entre os tratamentos, nos quatro meses, em nível de significância de 1%, o mesmo se aplicando para a média entre os tipos de tratamento.

Tabela 21 - Valores médios de índice de acidez (mg KOH/g) do óleo das castanhas-do-Brasil em casca, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.*

Meses de Armazenamento	Ambiente	Refrigerador	Freezer
Inicial	0,13	0,13	0,13
1	0,32 A	0,11 A	0,11 A
2	0,11 A	0,11 A	0,11 A
3	0,23 A	0,13 A	0,23 A
4	0,22 A	0,34 A	0,17 A
Médias	0,22 A	0,17 A	0,16 A

C.V. = 25,079

* Médias seguidas por letras distintas diferem entre si em nível de significância de 1%, pelo teste de Tukey.

4.3.1.3. Índice de peróxido

A Tabela 22 contém os resultados de índice de peróxido para castanhas em casca armazenadas em sacos de papel, em diferentes ambientes, por quatro meses.

A castanha em casca nova é isenta de compostos oxidativos (peróxidos). Esta condição foi mantida, durante o 1º mês, em todas as condições a que foram submetidas as castanhas.

A partir do 2º mês, este quadro foi alterado, com as castanhas apresentando os primeiros peróxidos formados, com valor de 0,16 e 0,10, para as mantidas ao ambiente, refrigeradas e congeladas, respectivamente.

Durante o 3º e 4º mês, os valores de peróxidos foram crescentes, com as castanhas ao ambiente apresentando o maior valor, de 0,75 e, as refrigeradas e congeladas alcançando a metade do valor das ao ambiente, 0,36. Apesar da pequena formação de peróxidos, a maior presença de compostos oxidativos ocorreu nas castanhas em casca, mantidas ao ambiente. As mesmas, quando submetidas à baixa temperatura, parecem ter tido a reação oxidativa reduzida à metade, devido à ação benéfica da casca unida ao frio. A baixa temperatura, de refrigeração ou congelamento, prolongou este efeito, mantendo os índices de peróxidos, dos óleos, nos quatro meses de estocagem, iguais. GUADAGNI et alii (1978) também verificaram que a casca da castanha exerce efetiva proteção da amêndoa contra as alterações oxidativas, mesmo com armazenamento em temperatura e atmosfera ambientes.

A análise estatística indicou que, apesar dos resultados de peróxidos, das análises no óleo das castanhas em casca refrigeradas e congeladas, terem sido inferiores ao apresentados por aquelas ao ambiente, não houve, em nível de 1%, diferença significativa entre os tratamentos, nos diferentes meses de estocagem.

Tabela 22 - Valores médios de índice de peróxido (meq O₂/kg de amostra) do óleo das castanhas-do-Brasil em casca, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.*

Meses de Armazenamento	Ambiente	Refrigerador	Freezer
Inicial	zero	zero	zero
1	zero A	zero A	zero A
2	0,16 A	0,10 A	0,10 A
3	0,40 A	0,29 A	0,20 A
4	0,75 A	0,36 A	0,36 A
Médias	0,33 A	0,19 A	0,16 A

C.V. = 21.198%

* Médias seguidas por letras distintas diferem entre si em nível de significância de 1%, pelo teste de Tukey.

4.3.1.4. Índice de iodo

No início do experimento, a castanha em casca não apresentou compostos peróxidos e apresentou índice de iodo acima de 100 (Tabela 23).

Durante os quatro meses de armazenamento, nas diferentes condições de estocagem, as castanhas-do-Brasil em casca mantiveram a qualidade, apresentando, ao final do período de estocagem, apenas uma pequena formação de peróxidos. Assim, as alterações, na cadeia de ácidos graxos, devem ter ocorrido de forma sutil, o que ficou demonstrado pelo índice de iodo que se manteve ao redor ou acima de 100.

Ao fim de quatro meses, o índice de iodo era estável, o que se esperava, porque as castanhas não apresentaram alterações oxidativas expressivas.

A análise estatística revelou, da mesma forma, que não ocorreram diferenças significativas entre os três tratamentos, para castanha em casca, durante os quatro meses de armazenamento.

Tabela 23 - Valores médios de índice de iodo (mg de iodo/100 mg de amostra) do óleo das castanhas-do-Brasil em casca, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.*

Meses de Armazenamento	Ambiente	Refrigerador	Freezer
Inicial	103,39	103,39	103,39
1	103,00 A	101,17 A	98,26 A
2	103,24 A	100,88 A	100,00 A
3	100,63 A	98,67 A	97,33 A
4	101,99 A	101,13 A	98,35 A
Médias	102,00 A	99,77 A	99,39 A

C.V. = 1,27%

* Médias seguidas por letras distintas diferem entre si em nível de significância de 1%, pelo teste de Tukey.

4.3.1.5. Exame espectrofotométrico em 232 nm

Na Tabela 24, os resultados da análise estatística demonstraram que os resultados de E 232, para as castanhas-do-Brasil, mantidas ao ambiente, refrigeradas e congeladas, não diferiram entre si, em nível de 1%, nos quatro meses de armazenamento.

Com pequena ou nula presença de compostos peróxidos, mais o alto índice de iodo, os valores de dienos conjugados, na faixa ultravioleta de 232 nm, apresentaram oscilações, porém valores muito próximos do ocorrido no início da estocagem, 0,62, durante os quatro meses, em todas as condições de armazenamento.

As castanhas em casca, mantidas ao ambiente, foram as que, ao final de quatro meses, apresentaram o menor valor para E 232, 0,55. Nas mantidas sob baixa temperatura, os resultados foram mantidos constantes; somente as castanhas em casca congeladas alteraram-se, com uma pequena elevação, ao redor de 0,75.

As avaliações revelaram que o produto manteve suas características, com pequena produção de compostos primários do ranço, para que maiores alterações pudessem ser detectadas, tornou-se evidente que seria necessário um tempo maior de armazenamento.

Tabela 24 - Valores médios de E 232 do óleo das castanhas-do-Brasil em casca, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.*

Meses de Armazenamento	Ambiente	Refrigerador	Freezer
Inicial	0,624	0,624	0,624
1	0,713 A	0,682 A	0,704 A
2	0,694 A	0,723 A	0,765 A
3	0,728 A	0,657 A	0,735 A
4	0,555 A	0,668 A	0,734 A
Médias	0,735 A	0,682 A	0,673 A

C.V. = 8,343%

* Médias seguidas por letras distintas diferem entre si em nível de significância de 1%, pelo teste de Tukey.

4.3.1.6. Exame espectrofotométrico em 270 nm

Os valores de E 270, contidos na Tabela 25, revelaram que a absorção de compostos secundários do ranço, na faixa de 270 nm do espectro, foi variável com o passar dos quatro meses de armazenamento, das castanhas em casca ao ambiente, refrigeradas e congeladas.

As castanhas em casca, mantidas ao ambiente, foram as que apresentaram uma alteração crescente com o passar dos meses, com valor final, no 4º mês, de 0,094. As mantidas sob baixas temperaturas revelaram que, após um mês de estocagem, o valor foi duplicado com relação ao inicial, passando de 0,05 para 0,09, valor este somente ocorrido nas mantidas ao ambiente, ao final de quatro meses. O valor de 0,09 no 1º mês, no entanto, foi mantido até o 3º mês e, somente no 4º mês, foi reduzido para 0,08 e 0,06, nas castanhas em casca, mantidas refrigeradas e congeladas, respectivamente.

Observou-se que, nas castanhas em casca, mantidas ao ambiente, a reação primária de oxidação, para formação de peróxidos, foi mais rápida do que a de decomposição, a qual se acentuou apenas com o passar dos meses de armazenamento. De maneira inversa, as mantidas refrigeradas e congeladas indicaram que, apesar de discreta, a etapa mais ativa seja a de decomposição de peróxidos.

Os valores nulos, no início e após um mês de armazenamento, podem ser indicativos, de que as reações sendo muito lentas, é impossível evidenciar qual a predominante e, que, somente após um período maior de armazenamento, os compostos formados poderiam ser medidos e distinguidas as etapas da reação.

A análise estatística revelou que não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos, durante os meses de armazenamento.

Tabela 25 - Valores médios de E 270 do óleo das castanhas-do-Brasil em casca, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.*

Meses de Armazenamento	Ambiente	Refrigerador	Freezer
Inicial	0,050	0,050	0,050
1	0,063 A	0,090 A	0,089 A
2	0,071 A	0,082 A	0,098 A
3	0,086 A	0,087 A	0,098 A
4	0,094 A	0,076 A	0,065 A
Médias	0,078 A	0,084 A	0,086 A

C.V. = 19,966%

* Médias seguidas por letras distintas diferem entre si em nível de significância de 1%, pelo teste de Tukey.

4.3.2. Análises das castanhas-do-Brasil descascadas, submetidas a diferentes condições de armazenamento durante quatro meses.

4.3.2.1. Teor de umidade

Através dos resultados apresentados na Tabela 26, a umidade, nas castanhas descascadas, aumentou com o passar dos meses de armazenamento, principalmente nas mantidas ao ambiente e congeladas.

A absorção de umidade, nas castanhas descascadas mantidas ao ambiente, foi acentuada no 1º mês, elevando, do valor inicial, de 2,87% para 3,63%, valor este mantido até o 3º mês. Completado o 4º mês, este tratamento apresentou a maior elevação de umidade, dentre os tratamentos, com valor de 4,5%.

As castanhas, mantidas sob congelamento, revelaram um acréscimo na umidade semelhante às sob condições ambientais, somente diferindo-se no 3º e 4º meses. O armazenamento sob refrigeração foi o que menos permitiu absorção de umidade às castanhas, mantendo-a nos níveis iniciais de armazenamento, ao redor de 3%.

Os diferentes resultados obtidos, para um mesmo tipo de castanhas, podem estar relacionados ao fato de que, as castanhas descascadas, que estavam embaladas em sacos aluminizados à vacuo, encontravam-se com umidade controlada pelas condições próprias deste tipo de embalagem. Com sua retirada desse meio e, armazenadas sob as três diferentes condições, as castanhas se comportaram de acordo com a influência que cada ambiente proporcionou, considerando que elas estão descascadas e, a sua exposição às variações do ambiente são maiores.

Apesar das oscilações ocorridas em cada tipo de armazenamento, o teor de umidade das castanhas descascadas não diferiu, no período de quatro meses de armazenamento, em nível de significância a 1%.

Tabela 26 - Valores médios de teor de umidade (%) do óleo das castanhas-do-Brasil descascadas, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.*

Meses de Armazenamento	Ambiente	Refrigerador	Freezer
Inicial	2,87	2,87	2,87
1	3,63 A	3,20 A	3,73 A
2	3,77 A	3,05 A	3,70 A
3	3,32 A	3,10 A	4,40 A
4	4,50 A	2,96 A	3,13 A
Médias	3,81 A	3,08 A	3,74 A

C.V. = 8,903%

* Médias seguidas por letras distintas diferem entre si em nível de significância de 1%, pelo teste de Tukey.

4.3.2.2. Índice de acidez

O índice de acidez inicial 1, das castanhas descascadas, indicou um produto com baixa acidez. Este valor foi mantido quando estas castanhas foram submetidas ao armazenamento sob congelamento, resultados apresentados na Tabela 27. O valor de 1, durante os quatro meses de estocagem, demonstrou que o congelamento pode contribuir como uma barreira, na formação de ácidos graxos livres, no óleo das castanhas.

Nas castanhas sob refrigeração, a baixa temperatura se mostrou menos eficiente em impedir a formação de ácidos graxos livres. Os resultados observados nos três primeiros meses, demonstraram uma elevação no índice de acidez até 1,7, que decresceu, no 4º mês, para 1,21, semelhante ao do início do ensaio.

De forma contrária à ação da baixa temperatura, a exposição ao ambiente proporcionou aumento do índice de acidez, dobrando o valor inicial, ao final de 4 meses de armazenamento.

Apesar das diferenças, no decorrer dos meses de armazenamento, entre as mantidas ao ambiente e sob baixas temperaturas, a análise estatística revelou que os tratamentos não diferiram entre si, no período de quatro meses.

Tabela 27 - Valores médios de índice de acidez (mg KOH/g) do óleo das castanhas-do-Brasil descascadas, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.*

Meses de Armazenamento	Ambiente	Refrigerador	Freezer
Inicial	1,02	1,02	1,02
1	1,63 A	1,48 A	1,12 A
2	1,51 A	1,57 A	1,12 A
3	1,44 A	1,70 A	1,13 A
4	2,03 A	1,21 A	1,05 A
Médias	1,65 A	1,49 A	1,11 A

C.V. = 25,079%

* Médias seguidas por letras distintas diferem entre si em nível de significância de 1%, pelo teste de Tukey.

4.3.2.3. Índice de peróxido

A formação de compostos primários (peróxidos), no óleo das castanhas descascadas, ocorreu rapidamente nos dois primeiros meses, atingindo índice de 20,8. Nos dois últimos meses, este índice atingiu 23,3 (Tabela 28).

As castanhas refrigeradas e congeladas, que mantiveram os índices de acidez, apresentaram valores de peróxidos muito próximos dos iniciais, como pode ser verificado na Tabela 27. As castanhas descascadas refrigeradas mantiveram o índice de peróxido ao redor de 9 durante os quatro meses, evidenciando a eficiência deste tratamento em impedir que a reação oxidativa não ocorresse de forma expressiva.

O congelamento também parece ter sido efetivo contra a oxidação, onde os valores iniciais de peróxidos foram reduzidos com o passar de quatro meses, mantendo-se em 7. GUADAGNI et alii (1978) afirmam que o descascamento ou a quebra das cascas das castanhas durante o manuseio, expõem as amêndoas ao contato direto com o ar e facilitam as alterações oxidativas. Entretanto, independentemente da temperatura, permanecem aceitáveis durante um longo período de armazenamento sob atmosfera controlada de oxigênio. As observações do presente trabalho complementam as

observações de GUADAGNI et alii (1978), demonstrando que a temperatura de congelamento preservou as amêndoas descascadas sem o recurso de atmosfera controlada.

De acordo com estes resultados, a análise estatística revelou que, a partir do 2º mês, as castanhas descascadas refrigeradas e congeladas, diferiram significativamente das mantidas ao ambiente, em nível de 1%.

Tabela 28 - Valores médios de índice de peróxido (meq de O₂/kg de amostra) do óleo das castanhas-do-Brasil descascadas, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.*

Meses de Armazenamento	Ambiente	Refrigerador	Freezer
Inicial	9,18	9,18	9,18
1	15,60 A	9,61 A	7,51 A
2	20,76 A	9,62 B	7,33 B
3	22,50 A	10,89 B	6,83 B
4	23,30 A	9,60 B	7,97 B
Médias	20,54 A	9,93 B	7,41 B

C.V. = 21,198%

* Médias seguidas por letras distintas diferem entre si em nível de significância de 1%, pelo teste de Tukey.

4.3.2.4. Índice de iodo

A Tabela 29 demonstra que do valor inicial de índice de iodo, de 99,13, em consequência das alterações oxidativas na cadeia dos ácidos graxos, no 1º mês, ocorreu uma redução para ao redor de 93 e 94, em todos os tratamentos.

Nas castanhas descascadas refrigeradas e congeladas, este valor foi mantido até o final do 4º mês de armazenamento, uma vez que este valor é decorrente da ausência de intensas alterações na cadeia de ácidos graxos, com o índice de peróxido mantido próximo do inicial.

Um pequeno aumento no índice de iodo, nas castanhas descascadas mantidas ao ambiente, ocorreu no 2º mês, chegando a 97,78. Este aumento não era esperado, pelo fato de um novo aumento no índice de peróxido indicar novas alterações na cadeia dos triglicerídeos. É possível que o aumento do índice tenha sido provocado pela mudança das ligações insaturadas em posições anormais, em função da isomerização.

A partir do 3º e 4º mês, o valor foi reduzido a 90, indicando que as mudanças na cadeia dos ácidos graxos das castanhas descascadas ao ambiente, foram maiores do que as ocorridas sob refrigeração e congelamento.

Apenas no 4º mês foram semelhantes os índices de iodo das castanhas ao ambiente e refrigeradas.

Com a pequena oscilação no índice de iodo durante os meses de avaliação, a análise estatística revelou que não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos.

Tabela 29 - Valores médios de índice de iodo (mg de iodo/100 mg de amostra) do óleo das castanhas-do-Brasil descascadas, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.*

Meses de Armazenamento	Ambiente	Refrigerador	Freezer
Inicial	99,13	99,13	99,13
1	94,86 A	93,19 A	94,52 A
2	97,72 A	93,71 A	93,70 A
3	90,50 A	92,11 A	92,88 A
4	91,10 A	90,01 A	92,98 A
Médias	93,54 A	93,52 A	92,26 A

C.V. = 1,27%

* Médias seguidas por letras distintas diferem entre si em nível de significância de 1%, pelo teste de Tukey.

4.3.2.5. Exame espectrofotométrico em 232 nm

Através da Tabela 30, a análise estatística revelou que não ocorreram diferenças significativas para os valores de E 232, nas castanhas descascadas, mantidas nos diferentes ambientes de armazenamento, do 1º ao 4º mês de estocagem.

As castanhas mantidas ao ambiente foram as que apresentaram os maiores valores de E 232 no decorrer dos quatro meses, comparadas às mantidas refrigeradas e congeladas. Ao final de dois meses, o valor elevou-se a 2,764, o qual foi mantido até o 4º mês, comportamento esse semelhante ao ocorrido ao índice de peróxido.

O valor de E 232 nas castanhas descascadas congeladas apresentou-se estável no período de quatro meses.

Nas castanhas refrigeradas ocorreram elevações nos três primeiros meses e apenas, no 4º mês, o resultado de 2,070, voltou a ser semelhante ao inicial.

Os resultados apresentados para E 232 demonstraram uma correlação direta com o comportamento dos índices de peróxidos dos diferentes tratamentos. Este fato vem comprovar a relação entre esses dois índices.

As castanhas descascadas mantidas ao ambiente apresentaram resultados sempre superiores aos das refrigeradas e congeladas, diferentes, estatisticamente, das refrigeradas que se assemelharam às congeladas.

A semelhança entre as castanhas refrigeradas e congeladas também foi verificada.

Tabela 30 - Valores médios de E 232 do óleo das castanhas-do-Brasil descascadas, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.*

Meses de Armazenamento	Ambiente	Refrigerador	Freezer
Inicial	2,050	2,050	2,050
1	2,442 A	2,163 A	1,986 A
2	2,764 A	2,268 A	2,014 A
3	2,614 A	2,346 A	2,020 A
4	2,884 A	2,070 B	2,111AB
Médias	2,676 A	2,112 B	2,033 B

C.V. = 8,343%

* Médias seguidas por letras distintas diferem entre si em nível de significância de 1%, pelo teste de Tukey.

4.3.2.6. Exame espectrofotométrico em 270 nm

As castanhas descascadas mantidas refrigeradas e congeladas alcançaram, após dois meses, valores de 0,140, superiores aos ocorridos nas ao ambiente, que mantiveram o resultado inicial ao redor de 0,1 (Tabela 31).

Todavia, o valor de E 270 das castanhas ao ambiente, no 3º e 4º mês, superou os valores das mantidas em baixa temperatura, principalmente no 3º mês, quando alcançaram 0,157. As determinações destacam que a formação de compostos menores pela decomposição dos peróxidos formados, não ocorreu de forma intensa, com exceção apenas do 2º mês, para as castanhas refrigeradas e congeladas e, do 3º mês, para as mantidas ao ambiente. Isto está correlacionado com o índice de peróxido; quanto mais elevado o índice de peróxido, mais reduzido é o valor de E 270.

Portanto, fica demonstrado que nos três tratamentos, a reação primária de oxidação, com formação de peróxidos, foi mais intensa nas castanhas mantidas ao ambiente. Nas castanhas sob baixas temperaturas, com a reação primária sendo estável, a formação de compostos secundários por reação em cadeia também foi mantida estável, com exceção do 2º mês, principalmente nas castanhas descascadas congeladas.

A análise estatística não demonstrou diferença significativa em nível de 1%, entre os tratamentos, durante os quatro meses de estocagem.

Tabela 31 - Valores médios de E 270 do óleo das castanhas-do-Brasil descascadas, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.*

Meses de Armazenamento	Ambiente	Refrigerador	Freezer
Inicial	0,088	0,088	0,088
1	0,107 A	0,102 A	0,079 A
2	0,102 A	0,143 A	0,141 A
3	0,157 A	0,128 A	0,091 A
4	0,110 A	0,088 A	0,107 A
Médias	0,119 A	0,115 A	0,105 A

C.V. = 19,966%

* Médias seguidas por letras distintas diferem entre si em nível de significância de 1%, pelo teste de Tukey.

5. CONCLUSÕES

Nas condições do trabalho verificou-se que:

1. O tempo máximo de estocagem das castanhas descascadas, armazenadas em bandejas foi de 2 meses.

2. A embalagem em latas demonstrou ser um eficiente método de conservação da qualidade das castanhas descascadas durante 12 meses.

3. Na atmosfera rarefeita das latas, por efeito do enlatamento com a presença de absorvedor de oxigênio, a reação oxidativa foi menos ativa. A presença do absorvedor se revelou benéfica, aumentando a capacidade de conservação das castanhas.

4. O enlatamento com nitrogênio revelou-se, também, benéfico para a conservação das castanhas-do-Brasil. A reação oxidativa dos óleos diminuiu em meio à atmosfera de gás inerte.

5. A casca das castanhas mostrou ser um eficiente meio de conservação, protegendo as amêndoas dos agentes oxidativos e permitindo a manutenção de sua qualidade sem maiores alterações, durante o período do experimento.

6. O abaixamento da temperatura de armazenamento contribuiu para a manutenção da qualidade de castanhas em casca e descascadas por, pelo menos, 4 meses.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ADDIS, P.B. Occurrence of lipid oxidation products in foods. Food Chemical Toxicology, Amsterdam, 24(10/11): 1021-1030, 1986.
- ARTMAN, N.R. & SMITH, D.E. Systematic isolation and identification of minor components in heated and unheated fat. Journal American Oil Chemists' Society, Champaign, 49(5): 318-326, 1972.
- ASSUNÇÃO, F.P.; BENTES, M.H.S.; SERRYA, H. A Comparison of stability of oils from Brazil nut, from rubber and passion fruit seeds. Journal American Oil Chemists' Society, Champaign, 61(6): 1031-1036, 1984.
- BILLEK, G. Lipid stability and deterioration. In: PERKINS, C.J.; VISEK, W.J.. Dietary Fats & Health, Champaign, A.O.C.S., 1983.
- DUGAN JR, L.R. Development and inhibition of oxidative rancidity in foods. Food technology, London, 125(4): 10-16, 1961.
- ESCHER, F.E.; KOEHLER, P.E.; AYRES, J.C. A study on aflatoxin and mold contamination in improved variety pecans. Journal of Food Science, Chicago, 39(6): 1127-1129, 1974.
- FENEMA, O.R. Food Chemistry, 2^a ed., New York, Marcel Dekker, 1985, 991p.
- FORBUS, W.R. & SENTER, D. Conditioning pecans with steam to improve shelling efficiency and storage stability. Journal of Food Science, Chicago, 41(4): 794-798, 1976.

- FOURIE, P.C. & BASSON, D.S. Predicting occurrence of rancidity in stored nuts by means of chemical analyses. Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie, Zurich, 22(5): 251-253, 1989.
- GUADAGNI, D.G.; SODERSTROM, E.L. & STOREY, C.L. Effects of controlled atmosphere on flavor stability of almonds. Journal of Food Science, Chicago, 43(4): 1077-1080, 1978.
- HOLADAY, C.E.; PEARSON, J.L. & SLAY, W.O. A new packaging method for peanuts and pecans. Journal of the Food Science, Chicago, 44(5): 1530-1533, 1979.
- HORVAT, R.J. & SENTER, S.D. Identification of some volatile products from mildly oxidized pecan oil. Journal of the American Chemists' Society, Chicago, 57(3): 111, 1980.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ Normas Analíticas, v.1. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3ª ed. São Paulo, IAL, 1985. p.21.
- JAN, M.; LANGERAK, D.I.S.; WOLTERS, TH.G.; FARKAS, J.; KAMP, H.J.V.D.; MUUSE, B.G. The effect of packaging and storage conditions on the keeping quality of walnuts treated with desinfestation doses of gamma rays. Acta Alimentaria; Budapest, 17(1): 13-31, 1988.
- KAYS, S.J. & DULL, G.G. Quality and mechanical stability of pecan kernels with different packaging protocols. Journal of Food Science, Chicago, 53(2): 565-567, 1988.
- KOCH, R.B. Mechanisms of fat oxidation. American Association of Cereal Chemists, Chicago, 4: 114-120, 1956.
- LABUZA, T.P. Kinetics of Lipid oxidation in foods. CRC Critical Reviews in Food Technology, Cleveland, 10: 355-405, 1971.

LEE, F.A. Basic food chemistry. New York, AVI, 1975, p.87-14.

LEGAN, J.D.; VOYSEY, P.A. Yeast sporiage of bakery products and ingredients. Journal of Applied Bacteriology, London, 70(5): 361-371, 1991.

MADI, L.F.C.; SOLER, R.M.; ARDITO, E.F.C.; ORTIZ, S.A.; CABRAL, A.C.D.; FERNANDES, M. H. C. F. & ALVIM, D. D. - Técnicas de laboratório de embalagens para alimentos - Embalagens Metálicas, ITAL/SBCTA, Campinas, 1982.

MELLO, M.S. & MANCINI Fe, J. - Antioxidantes naturais da Castanha-do-Brasil. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, ITAL/SBCTA, 11(2): 252-263, 1991.

MITSUBISHI GAS CHEMICAL COMPANHY - What is Ageless? Tokyo, s.d..

MITSUBISHI GAS CHEMICAL COMPANHY - Oxigen absorber. Ageless. A new age in food preservation. Tokyo, s.d..

MOURA, E.C.V. & ZUCAS, S.M. Ensaio nutricional da proteína de soja suplementada com farinha de castanha-do-Pará. Rev. Assoc. Bras. Ind. Alim., São Paulo, 57: 6-17, 1981.

NERY, J.P. Castanha-do Pará. Bol. Inst. Tecnol. Alim., Campinas, 20: 13-25, 1969.

PARR, L.J.; SWOBODA, P.A.T. The assay of conjugable oxidation products applied to lipid deterioration in stored foods. Journal Food Technology, London, 1(11): 1-12, 1976.

PECHNICK, E.; BORGES, P.; SIQUEIRA, R. Estudo sobre a Castanha-do-Pará. Arq. Bras. de Nutrição, Rio de Janeiro, 7(1): 7-41, 1950.

PRADO FILHO, L.G. Ranço hidrolítico e oxidativo. Bioquímica de Alimentos, Piracicaba, ESALQ/USP (mimeogr.), Cap. 7: 96-109, 1974.

ROBARDS, K.; KERR, A.F.; PATSALIDES, E. Rancidity and its measurement in edible oils and snack foods. A review Analyst, Cambridge, 2(113): 213-224, 1988.

ROTENBERG, B. & IACHAN, A. Estudo da proteína da Castanha-do-Pará. Informativo do INT, São Paulo, 8(7): 22-24, 1975.

ROBERTSON, J.A.; MORRISON, W.H.; BURDICK, D. Chemical evaluation of oil from field and storage-damaged soybeans. Journal American Oil Chemists' Society, Champaign, 50(11): 443-445, 1973.

SATTAR, A.; JAN, M.; AHMAD, A.; WAHID, M.; KHAN, I. Irradiation desinfestation and biochemical quality of dry nuts. Acta Alimentaria, Budapest, 18(1): 45-42, 1989.

SATTAR, A.; JAN, M.; AHMAD, A.; DURRANI, S.K. Peroxidation and heavy metals of dry nuts oils. Acta Alimentaria, Budapest, 19(3): 225-228, 1990.

SATTAR, A.; WAHID, M.; JAN, M.; AHMAD, A.; KHAN, S. Packaging and storage effects on the quality of plant nuts. Acta Alimentaria, Budapest, 20(2): 123-130, 1991.

SMITH, J.P.; OORAIKUL, B.; KOERSEN, N.I.; JACKSON, E.D.; LAWRENCE, R.A. - Novel approach to oxygen control in modified atmosphere packaging of bakery products. Food Microbiology, London, 3(4): 315-320, 1986.

STAZIONE SPERIMENTALE PER LE INDUSTRIE DEGLI OLI E DEI GRASSI (S.S.O.G.). - Commissione Tecnica Per Le Industrie Degli Oli Vegetali, Grassi Vegetali, Ed Animali, Delle Proteine Vegetali, Degli Oli Minerali, Dei Colori e Vernici, Dei Detergenti e Tensioattivi, Dei Prodotti Cosmetici e Dei Igiene Personale. Norma Italiane Per Il Controllo Dei Grassi e Derivati, Milano, 1976.

TAPPEL, A.L.; KNAPP, F.W.; URS, K. Oxidative rancidity in food products. II - Walnuts and other nut meats. Food Research, Champaign, 22: 287-298, 1957.

WEHNER, F.C. & RABIE, C.J. The microorganism in nuts and dried fruits. Phytophylaetica, Pretoria, 2(3): 165-170, 1970.

YAGI, K. Toxicity of Lipid Peroxides in Processed Foods. Journal Scient. Ind. Res., New Delhi, 39: 702-706, 1980.

YOKOYA, F.; ANTUNES, A.J.; JORDAO, B.A. - Deterioração da Castanha-do-Pará: I - Armazenamento das Amêndoas. Rev. Bras. Tecnol., São Paulo, 1(9):17-21, 1970.

YOKOYA, F.; ANTUNES, A.J.; JORDAO, B.A. Deterioração da Castanha-do-Pará: II - Armazenamento das castanhas. Rev. Bras. Tecnol., São Paulo, 2(3): 117-120, 1971.

ZAICA, L.L. & BUCHANAN, R.L. Review of compounds affecting the biosynthesis or bioregulation of aflatoxins. Journal Food Protection, Baltimore, 50(8): 691-708, 1987.

ZUCAS, S.M.; SILVA, E.C.V.; FERNANDES, M.I. Farinha de Castanha-do-Pará. Valor de sua proteína. Rev. Farm. Bioquim., Universidade de São Paulo, 13(1): 133-134, 1975.

APENDICE

Figura 1. Teor de umidade das castanhas-do-Brasil descascadas, enlatadas e embaladas em bandejas de polipropileno, por 12 meses.

Figura 2. Índice de acidez dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, enlatadas e embaladas em bandejas de polipropileno, por 12 meses.

Figura 3. Índice de peróxido dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, enlatadas e embaladas em bandejas de polipropileno, por 12 meses.

Figura 4. Índice de iodo dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, enla_utadas e embaladas em bandejas de polipropileno, por 12 meses.

Figura 5. Valor de E232 dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, enla-
tadas e embaladas em bandejas de polipropileno, por 12 meses.

Figura 6. Valor de E270 dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, enlatadas e embaladas em bandejas de polipropileno, por 12 meses.

Figura 7. Concentrações de oxigênio, dentro das latas contendo castanhas-do-Brasil descascadas, por 12 meses.

Figura 8. Concentrações de nitrogênio, dentro das latas contendo castanhas-do-Brasil descascadas, por 12 meses.

Figura 9. Concentrações de hidrogênio, dentro das latas contendo castanhas-do-Brasil descascadas, por 12 meses.

Figura 10. Teor de umidade das castanhas-do-Brasil em casca, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.

Figura 11. Índice de acidez dos óleos das castanhas-do-Brasil em casca, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.

Figura 12. Índice de peróxido do óleo das castanhas-do-Brasil em casca , submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.

Figura 13. Índice de iodo dos óleos das castanhas-do-Brasil em casca, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.

Figura 14. Valor de E232 dos óleos das castanhas-do-Brasil em casca, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.

Figura 15. Valor de E270 dos óleos das castanhas-do-Brasil em casca, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.

Figura 16. Teor de umidade das castanhas-do-Brasil descascadas, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.

Figura 17. Índice de acidez dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.

Figura 18. Índice de peróxido dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.

Figura 19. Índice de iodo dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.

Figura 20. Valor de E232 dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.

Figura 21. Valor de E270 dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, submetidas a diferentes ambientes de conservação, embaladas em sacos de papel Kraft, por 4 meses.

Figura 22. Teor de umidade das castanhas-do-Brasil descascadas, armazenadas em bandejas e mantidas sob diferentes ambientes de conservação.

Figura 23. Índice de acidez dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, armazenadas em bandejas e mantidas sob diferentes ambientes de conservação.

Figura 24. Índice de peróxido dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, armazenadas em bandejas e mantidas sob diferentes ambientes de conservação.

Figura 25. Índice de iodo dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, armazenadas em bandejas e mantidas sob diferentes ambientes de conservação.

Figura 26. Valor de E232 dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, armazenadas em bandejas e mantidas sob diferentes ambientes de conservação.

Figura 27. Valor de E270 dos óleos das castanhas-do-Brasil descascadas, armazenadas em bandejas e mantidas sob diferentes ambientes de conservação.