

**INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS, LETRAS E CIÊNCIAS EXATAS - IBILCE
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP**

TAINARA COSTA

**CARACTERIZAÇÃO E PROPRIEDADES FUNCIONAIS DE ÓLEOS EXTRAÍDOS
DE CASTANHAS E NOZES**

**São José do Rio Preto
2011**

TAINARA COSTA

**CARACTERIZAÇÃO E PROPRIEDADES FUNCIONAIS DE ÓLEOS EXTRAÍDOS
DE CASTANHAS E NOZES**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto, para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos (Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos).

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Neuza Jorge
UNESP - São José do Rio Preto
Orientadora

Prof^a. Dr^a. Sabria Aued Pimentel
IAL - Instituto Adolfo Lutz

Prof^a. Dr^a. Agdamar Affini Suffredini
UNIRP - Centro Universitário de Rio Preto

São José do Rio Preto, 25 de fevereiro de 2011.

Costa, Tainara.

Caracterização e propriedades funcionais de óleos extraídos de castanhas e nozes / Tainara Costa. - São José do Rio Preto : [s.n.], 2011.

121 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Neuza Jorge

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Óleos e gorduras. 2. Óleos vegetais. 3. Compostos bioativos. 4. Castanha – Semente. 5. Noz – Semente. I. Jorge, Neuza. II. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. III. Título.

CDU - 664.34

Aos meus pais, Wagner e Liderci, e ao meu noivo Rogério,
pelo apoio e confiança incondicional,

dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, por me guiar e conceder-me persistência, sabedoria e oportunidade de crescimento moral, espiritual e intelectual;

À orientadora, Prof^a. Dr^a. Neuza Jorge, pela oportunidade, dedicação, confiança e, sobretudo, pela orientação e apoio técnico concedidos para a realização deste trabalho;

Aos colegas da Pós-Graduação e às companheiras das jornadas no laboratório, Carolina, Débora, Caroline, Simara e Ana Carolina que me auxiliaram;

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos, com quem convivi durante o mestrado, pela constante demonstração de amizade;

Ao Técnico do Laboratório de Óleos e Gorduras, Luiz, pelo apoio, carinho, amizade e dedicação;

À FAPESP (Processo n. 2010/50325-5) pela concessão de auxílio à pesquisa e ao CNPq (Processo n. 131933/2009-4), pela bolsa de estudos;

Aos meus pais Wagner e Liderci, a quem tanto amo e sempre me deram carinho, estímulo e dedicação e, especialmente, por estarem ao meu lado em todos os momentos da minha vida;

Ao Rogério, meu noivo, pelo amor, incentivo, atenção e carinho e pela compreensão nos meus longos períodos de ausência;

Ao meu irmão Nicolas, pela infinita cumplicidade e apoio incondicional;

Aos meus afilhados, Pedro Henrique e Miguel, pelo amor, carinho e momentos de alegria;

Ao meu tio Waldinei de Souza Costa, ao Dr. Valdomiro Aurélio da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e ao Dr. João Batista Moreira Gomes do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, pela ajuda na aquisição e coletas das castanhas e nozes;

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
INTRODUÇÃO	10

CAPÍTULO 1

Compostos bioativos benéficos presentes em castanhas e nozes	12
Resumo	13
Abstract	14
1. Introdução	15
2. Óleos e gorduras	16
3. Compostos bioativos	18
3.1. Ácidos graxos essenciais	19
3.2. Tocoferóis	23
3.3. Compostos fenólicos	25
4. Oleaginosas	28
4.1. Castanha do Brasil	31
4.2. Castanha Sapucaia	32
4.3. Castanha de Cotia	32
4.4. Castanha do Gurguéia	33
4.5. Noz Pecã	34
4.6. Noz	35
5. Considerações finais	35
6. Referências bibliográficas	36

CAPÍTULO 2

Composição centesimal de castanhas e nozes	43
Resumo	44
Abstract	45
1. Introdução	46
2. Material e métodos	48
2.1. Material	48

2.2. Métodos	49
2.3. Análise estatística	50
3. Resultados e discussão	50
4. Considerações finais	55
5. Referências bibliográficas	55
Apêndice	59

CAPÍTULO 3

Caracterização dos óleos extraídos de castanhas e nozes	60
Resumo	61
Abstract	62
1. Introdução	63
2. Material e métodos	64
2.1. Material	64
2.2. Métodos	65
2.3. Análise estatística	66
3. Resultados e discussão	67
4. Considerações finais	74
5. Referências bibliográficas	74
Apêndices	78

Compostos bioativos presentes em óleos extraídos de castanhas e nozes	80
Resumo	81
Abstract	82
1. Introdução	83
2. Material e métodos	85
2.1. Material	85
2.2. Métodos	86
2.3. Análise estatística	87
3. Resultados e discussão	87
4. Considerações finais	97
5. Referências bibliográficas	98
Apêndices	102

Caracterização e compostos bioativos do óleo da castanha de Cotia (<i>Coupea edulis</i>)	104
Resumo	105
Abstract	106
1. Introdução	107
2. Material e métodos	109
2.1. <i>Material</i>	109
2.2. <i>Métodos</i>	109
3. Resultados e discussão	111
4. Considerações finais	118
5. Referências bibliográficas	118

RESUMO

Estudos epidemiológicos têm demonstrado uma relação inversa entre a ingestão de castanhas e nozes e as doenças crônicas tais como doenças cardiovasculares e câncer. As castanhas e nozes possuem ácidos fenólicos e flavonoides, além de serem ricas em tocoferóis, fitosteróis e esqualeno. São fontes de carboidratos, ácidos graxos essenciais e minerais. Os possíveis efeitos benéficos destes compostos se devem à sua atividade antioxidante e antiproliferativa. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar os óleos extraídos de castanhas e nozes a fim de identificar compostos bioativos benéficos para aplicação destes óleos especiais em alimentos. Foi realizada a determinação da composição centesimal de castanhas do Brasil (*Bertholletia excelsa*), Sapucaia (*Lecythis pisonis*), Cotia (*Couepia edulis*) e Gurguéia (*Dipteryx lacunifera*) e das nozes Pecã (*Carya illinoensis*) e Noz (*Juglans regia*). Os óleos extraídos das castanhas e nozes foram analisados quanto à caracterização físico-química (teor de ácidos graxos livres, índice de acidez, de peróxidos, de iodo, de refração, índice de saponificação, matéria insaponificável e estabilidade oxidativa), composição em ácidos graxos, tocoferóis e compostos fenólicos totais. Os resultados foram submetidos a análises de variância e testes de Tukey para médias a 5%, empregando o programa ESTAT versão 2.0. Pelos resultados, verificou-se que as castanhas e nozes estudadas possuem composição centesimal distinta, porém constituíram fontes significativas de lipídios (35,74-68,89%), sendo uma fonte alternativa para óleos vegetais comestíveis. As propriedades físico-químicas dos óleos extraídos das castanhas e nozes foram comparáveis às de óleos convencionais de boa qualidade, além de possuírem como ácidos graxos majoritários o palmítico, o esteárico, o oleico e o linoleico, perfazendo 87-99% de sua composição. Quanto aos teores de compostos fenólicos e tocoferóis, o óleo da castanha de Cotia destacou-se com 2,02 mg EAG/g e 484,50 mg/kg, respectivamente. Porém, de modo geral, as oleaginosas apresentaram quantidades significativas de compostos fenólicos totais e tocoferóis.

Palavras-chave: óleos vegetais, alimentos funcionais, oleaginosas, ácidos graxos, tocoferóis, estabilidade oxidativa.

ABSTRACT

Epidemiological studies have proved an inverse relationship between the intake of nuts and the development of chronic illnesses such as cardiovascular disease and cancers. Nuts have phenolic acids and flavonoids, in addition to being rich in tocopherols, phytosterols and squalene. They are sources of carbohydrates, essential fatty acids and minerals. The possible beneficial effects of these compounds are due to their antioxidant and anti-proliferative activity. This study had as its objective to characterize the oils extracted from nuts to identify the beneficial bioactive compounds to the application of these oils in foods. Tests were conducted to determine the centesimal composition of Brazil nuts (*Bertholletia excelsa*), Sapucaia nuts (*Lecythis pisonis*), Cotia nuts (*Couepia edulis*) Gurguéia nuts (*Dipteryx lacunifera*), Pecan nuts (*Carya illinoensis*) and Walnuts (*Juglans regia*). The oils extracted from the nuts were analyzed to determine their physical-chemical characterization (content of free fatty acids, acid value, peroxide value, iodine value, refractive index, saponification value, unsaponifiable matter and oxidative stability), their composition of fatty acids, tocopherols, and total phenolic compound content. The results were submitted to analysis of variance and Turkey's range test for averages of 5% using the ESTAT program version 2.0. From the results, it was verified that the nuts studied had distinct centesimal compositions, but all constituted significant sources of lipids (35.74-68.89%), these oils being an alternative source of edible vegetable oils. The physical-chemical properties of the oils extracted from the nuts were comparable to the conventional oils of good quality; in addition they also have in their composition the majority of their fatty acids as palmitic, stearic, oleic and linoleic, amounting to 87-99% of the total. With regard to the content of phenolic and tocopherol compounds, the oil from Cotia nuts stands out with 2.02 mg GAE/g and 484.50 mg/kg respectively. However, in general, the oleaginous showed significant amounts of total phenolic compounds and tocopherols.

Key words: vegetable oils, functional foods, oleaginous, fatty acids, tocopherols, oxidative stability.

INTRODUÇÃO

O binômio dieta-saúde representa um novo paradigma no estudo dos alimentos. Neste contexto, surge a compreensão de que a alimentação adequada exerce papel fundamental na saúde, ou seja, vem sendo observado um crescente interesse no estudo de alimentos que desempenhem mais que a função puramente nutritiva, apresentando atividades funcionais, tais como prevenir ação de radicais livres, hipercolesterolemia, hipertensão, dentre outras. Na composição destes alimentos encontram-se os compostos bioativos que são identificados pela promoção de efeitos fisiológicos benéficos, podendo prevenir ou retardar doenças, tais como, cardiovasculares, câncer, infecções intestinais, hipertensão, osteoporose, dentre outras.

Entre esses compostos bioativos merecem destaque os tocoferóis e os compostos fenólicos, que possuem potente atividade antioxidante, atuando como substâncias que retardam ou impedem a ação de radicais livres no organismo. O conteúdo de ácidos graxos insaturados nos alimentos, especialmente os ácidos graxos essenciais, também exerce efeito positivo no organismo, atuando no controle do colesterol sanguíneo e prevenindo doenças coronárias.

Contudo, o Brasil e a América Latina apresentam um grande potencial a ser explorado com relação aos alimentos funcionais e seus compostos bioativos. A biodiversidade existente no Brasil oferece perspectivas, em longo prazo, no desenvolvimento de alimentos funcionais, dependendo este desenvolvimento de questões econômicas, de informação do consumidor, da legislação e dos investimentos em pesquisa.

Assim, como os alimentos de origem vegetal constituem uma das principais fontes de compostos biologicamente ativos e de ácidos graxos poli-insaturados, as oleaginosas, em especial as castanhas e as nozes, são alvos de estudos a fim de elucidar a composição de suas amêndoas e óleo. Por esta razão, torna-se importante um estudo para investigar, quantificar e caracterizar a presença de tais compostos nos óleos vegetais extraídos das castanhas do Brasil, Sapucaia, Gurguéia e Cotia e das nozes Pecã e Noz tendo como finalidade a possibilidade de empregá-las na elaboração de alimentos funcionais.

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo caracterizar as amêndoas e os óleos de castanhas e nozes, com especial ênfase na presença de compostos bioativos. Para tanto, os objetivos específicos do trabalho foram:

- Caracterizar as castanhas do Brasil, Sapucaia, Gurguéia e Cotia e as nozes Pecã e Noz, quanto à sua composição em umidade, proteínas, cinzas, lipídios, fibras e carboidratos totais.
- Realizar a caracterização físico-química dos óleos extraídos das oleaginosas, quanto ao teor de ácidos graxos livres, índice de acidez, de peróxidos, de iodo, de refração, de saponificação, matéria insaponificável e estabilidade oxidativa.
- Analisar os óleos extraídos de castanhas e nozes para conhecer a composição em ácidos graxos, tocoferóis e compostos fenólicos totais com o intuito de avaliar a possível aplicação desses óleos especiais em alimentos.

CAPÍTULO 1

Compostos bioativos benéficos presentes em castanhas e nozes

Resumo

Os alimentos funcionais, além das suas funções nutricionais básicas, como fonte de energia e de substrato para a formação de células e tecidos, possuem em sua composição um ou mais compostos capazes de agir no sentido de modular processos metabólicos, melhorando as condições de saúde, promovendo o bem estar das pessoas e prevenindo o aparecimento precoce de doenças degenerativas, que levam a uma diminuição da longevidade. Tais compostos, fisiologicamente ativos, devem estar presentes nos alimentos funcionais em quantidades suficientes e adequadas para produzirem o efeito fisiológico adequado. Entre os compostos com propriedades funcionais comprovadas estão os ácidos graxos essenciais, tocoferóis e compostos fenólicos. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo demonstrar diferentes estudos que apontam as oleaginosas como ricas fontes de compostos bioativos, além de elucidar a importância e ação protetora de tais compostos no organismo humano. As castanhas e nozes são consideradas fontes de ácidos graxos insaturados, proteínas, fibras, micronutrientes, vitaminas e compostos bioativos. Podem retardar o processo de envelhecimento, estimular o sistema imunológico e proteger contra doenças cardíacas e certas formas de câncer. Uma dieta modificada, com consumo de uma grande variedade de alimentos de origem vegetal, incluindo castanhas e nozes, otimiza o estado geral de saúde e auxilia no menor risco de doenças crônicas. No entanto, há ainda certa ausência de informações sobre os compostos bioativos benéficos presentes em castanhas e nozes. Embora vários destes compostos presentes nas castanhas tenham sido identificados, muitos outros permanecem não identificados e descaracterizados.

Palavras-chave: oleaginosas, compostos bioativos, alimentos funcionais, ácidos graxos, tocoferóis, compostos fenólicos.

Abstract

Functional foods, beyond its basic nutritional functions as an energy source and substrate for the formation of cells and tissues, have in their composition one or more compounds that act to modulate metabolic process, improving health conditions, promoting the welfare of people and preventing the early onset of degenerative diseases that lead to a decrease in longevity. Such compounds, physiologically active, must be present in functional foods in sufficient quantities and appropriate to produce the appropriate physiological effect. Among the compounds with proven functional properties are essential fatty acids, tocopherols and phenolic compounds. Thus, this study aimed to demonstrate the different studies that point to oil as rich sources of bioactive compounds, and elucidate the importance and protective action of such compounds in humans. Nuts and walnuts are considered sources of unsaturated fatty acids, protein, fiber, micronutrients, vitamins and bioactive compounds. Can slow the aging process, boost the immune system and protect against heart disease and certain forms of cancer. A modified diet, with consumption of a wide variety of plant foods, including oilseeds, optimizes the overall health and helps to lower risk of chronic diseases. However, there is still some lack of information about the beneficial bioactive compounds present in nuts and walnuts. Although several of these compounds in nuts and walnuts have been identified, many others remain unidentified and uncharacterized.

Keywords: oilseeds, bioactive compounds, functional foods, fatty acids, tocopherols, phenolic compounds.

1. Introdução

Além de nutrir, os alimentos possuem componentes ativos que atuam no organismo, produzindo efeitos benéficos à saúde. O estudo desses componentes bioativos conduziu ao conceito de alimentos funcionais. O consumo regular de alimentos funcionais pode, potencialmente, reduzir as chances de ocorrência de certos tipos de câncer, doenças cardiovasculares e intestinais, osteoporose, e muitos outros problemas de saúde. Sendo assim, os alimentos funcionais provêm à oportunidade de combinar produtos comestíveis de alta flexibilidade com moléculas biologicamente ativas, como estratégia para consistentemente corrigir distúrbios metabólicos, resultando em redução dos riscos de doenças e manutenção da saúde (ETTINGER, 2010). Assim, os alimentos funcionais constituem hoje prioridade de pesquisa em todo mundo com a finalidade de elucidar as propriedades e os efeitos que estes produtos podem apresentar na promoção da saúde (ARRANZ; PÉREZ-JIMÉNEZ; SAURA-CALIXTO, 2008).

Os compostos bioativos, tais como compostos fenólicos, tocoferóis e, principalmente, ácidos graxos essenciais, provindos de uma alimentação equilibrada, fortalecem o sistema endógeno, o que reduz o estresse oxidativo e o risco de patologias, já que estes podem neutralizar radicais livres resultantes de processos oxidativos intracelulares (SIRÓ et al., 2008). Há necessidade, então, de abrir um campo de pesquisa relativo à identificação destes compostos, à caracterização de sua estrutura molecular, aos mecanismos de suas ações biológicas e à elaboração de alimentos dirigidos às finalidades especiais de saúde.

As castanhas e nozes são fontes de fibras (1,75 g de fibra solúvel por 100 g de nozes) e compostos bioativos, incluindo compostos fenólicos (taninos, ácido elágico e curcumina), flavonoides (luteolina, quercetina, miricetina, campeferol e resveratrol), isoflavonas (genisteína e daidzeína), terpenos, compostos organosulfurosos e tocoferóis. O amendoim é rico em folato, resveratrol e vários outros flavonoides enquanto a castanha de caju apresenta o alquifenol em abundância (YANG; LIU; HALIM, 2009). Além do mais, os compostos fenólicos se fazem presentes em maiores, e os carotenoides em menores quantidades nestas oleaginosas. A quantidade presente de compostos fenólicos e flavonoides é maior nas nozes Pecã e nos amendoins, enquanto as isoflavonas, lignanas e

fitoestrógenos são mais presentes no pistache quando comparados com as demais oleaginosas (ALASALVAR; SHAHIDI, 2008).

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo demonstrar diferentes estudos que apontam as castanhas e nozes como ricas fontes de compostos bioativos, além de elucidar a importância e ação protetora de tais compostos no organismo humano.

2. Óleos e gorduras

Os óleos e as gorduras, juntamente com as proteínas e carboidratos, constituem uma das três maiores classes dos constituintes dos alimentos (WAITZBERG; BORGES, 2001). Possuem importância biológica na dieta humana, pois compõem uma parte do grupo de macronutrientes denominados lipídios, que conferem valor nutritivo aos alimentos, perfazendo a maior fonte de energia metabólica, ácidos graxos essenciais e vitaminas lipossolúveis (DUTRA-DE-OLIVEIRA; MARCHINI, 2003; ETTINGER, 2010).

Quando os lipídios se apresentam líquidos à temperatura ambiente, são denominados de óleos; gorduras, quando sólidos à mesma temperatura. Podem ser denominados ainda como azeites, quando provenientes da polpa de frutos (oliva, dendê), ou como manteiga, termo reservado para certas gorduras vegetais como, por exemplo, a manteiga de cacau (FALVELLA, 2003).

Mais de 90% dos óleos produzidos são de origem vegetal, usados na alimentação e produtos industrializados comestíveis. Os óleos vegetais são a maior fonte de óleos comestíveis, dentre os quais aproximadamente 75% são extraídos do endosperma das sementes, enquanto que o restante é produzido a partir do pericarpo dos frutos (SALAS et al., 2000).

As proporções dos diferentes ácidos graxos saturados e insaturados nos óleos e gorduras vegetais variam de acordo com as plantas dos quais foram obtidos, sendo que também existem variações determinadas pelas condições climáticas e tipo do solo em que são cultivadas. A estabilidade térmica dos óleos depende de sua estrutura química, sendo que os óleos com ácidos graxos saturados são mais estáveis do que os insaturados (FARIA et al., 2002).

A maior parte das gorduras naturais apresenta ácidos graxos com número de carbonos variando de 4 a 24. Estes ácidos graxos podem ser insaturados e saturados. Acredita-se que o consumo excessivo de óleos contendo ácidos graxos saturados com cadeias de 12 a 16 carbonos aumente a concentração de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) no sangue e eleve o risco de doenças cardiovasculares. O ácido esteárico é considerado neutro em relação a seu efeito nos lipídios do sangue (KRIS-ETHERTON et al., 2005), enquanto que os ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados tendem a apresentar uma relação inversa com a incidência de doenças coronarianas (BINKOSKI et al., 2005).

Os óleos vegetais como o óleo de soja, de linhaça e de canola, apresentam altos teores de ácido α -linolênico (n-3), precursor do ácido eicosapentaenoico (C20:5, EPA) e do ácido docosahexaenoico (C22:6, DHA), sendo estes níveis superiores quando comparados aos óleos de milho e de girassol, por exemplo. O óleo de linhaça apresenta aproximadamente 55% de ácidos graxos n-3, 14,5% de cis-linoleico (n-6) e 18,6% ácido graxo oleico (n-9) (WANG et al., 2005).

Os óleos vegetais diferem no grau de insaturação e composição em ácidos graxos, assim como na quantidade e qualidade de compostos presentes em sua matéria insaponificável. Estas diferenças influenciam a estabilidade oxidativa e as características sensoriais e tecnológicas de cada tipo de óleo (KAMAL-ELDIN, 2006). Além dos triacilgliceróis, numerosos componentes estão presentes nos lipídios, tais como mono e diacilgliceróis, ácidos graxos livres, fosfolipídios, pigmentos e ceras, além de inúmeros compostos bioativos (DUNFORD, 2001).

Tem-se verificado atualmente um aumento acentuado na demanda de mercado em relação a óleos vegetais das mais diversas fontes naturais, com composição especial, monoinsaturados e poli-insaturados (CONCEIÇÃO et al., 2005). Os óleos de girassol, oliva, palma, fibras de milho, peixes marinhos e linhaça têm tido seu valor comercial bastante aumentado, devido à presença de componentes especiais, os quais caracterizam esses óleos como alimentos funcionais (TURATTI; GOMES; ATHIÉ, 2002).

3. Compostos bioativos

Define-se alimento funcional como qualquer alimento, natural ou processado, que além de seus nutrientes, possua componentes adicionais que atuem no metabolismo e fisiologia humana, promovendo efeitos benéficos à saúde, além de retardar o aparecimento de doenças crônico-degenerativas e que possam melhorar a qualidade e a expectativa de vida das pessoas (COSTA; ROSA, 2008; PARRY et al., 2005).

As substâncias ou compostos bioativos, são compostos presentes com ação funcional, capazes de proporcionar benefícios à saúde, a exemplo pode-se citar os isoprenoides, compostos fenólicos, ácidos graxos e aminoácidos essenciais, fibras, entre outros. Eles exercem várias ações do ponto de vista biológico, como atividade antioxidante, modulação de enzimas de destoxificação, estimulação do sistema imune, redução da agregação plaquetária, atividade antibacteriana e antiviral, etc. (SIRÓ et al., 2008), além do mais, podem ser encontrados em muitos vegetais e em seus óleos, extraídos da polpa e da amêndoa como demonstra a Tabela 1.

Tabela 1 - Compostos bioativos, efeitos fisiológicos e fontes.

Compostos bioativos	Efeitos fisiológicos	Fontes
Ácidos graxos $\omega 3$, $\omega 6$, $\omega 9$	Redução do risco de câncer e doenças cardiovasculares	Óleos de canola, linhaça, oliva, oleaginosas
Tocoferóis	Atividade antioxidante e vitamina E	Óleos vegetais
Carotenoides e antocianinas	Atividade antioxidante e anticancerígena	Frutas e hortaliças
Flavonoides	Atividade antioxidante, redução do risco de doenças	Vinho, chás, cacau e maçã
Fitoestrógenos e resveratrol	Redução do risco de doenças cardiovasculares	Semente de abóbora, linhaça e gergelim

Adaptado de Bastos, Rogero e Arêas (2009).

Sabe-se que os lipídios são importantes componentes da dieta e a maioria dos seus efeitos prejudiciais à saúde está relacionada ao consumo excessivo dos mesmos. A elevada ingestão de gorduras, especialmente saturadas, tem sido relacionada a desordens cardiovasculares, incluindo aterosclerose e trombose, certos tipos de câncer e diabetes. Por outro lado, existem evidências de que uma dieta contendo elevados teores de certos componentes lipídicos está associada à redução no surgimento de inúmeras doenças (BEARDSSELL et al., 2002; DUNFORD, 2001; SIRÓ et al., 2008; TURATTI; GOMES; ATHIÉ, 2002).

Os óleos vegetais podem conter ácidos graxos essenciais e teores significantes de outros compostos bioativos tais como tocoferóis, compostos fenólicos, fitosteróis e carotenoides (ETTINGER, 2010), contribuindo para a prevenção de doenças cardiovasculares através de diversos mecanismos que podem ser atribuídos aos seus efeitos antioxidantes que protegem as biomoléculas da ação dos radicais livres (ARRANZ; PÉREZ-JIMÉNEZ; SAURA-CALIXTO, 2008).

3.1. Ácidos graxos essenciais

São chamados de ácidos graxos essenciais àqueles que, contrariamente a todos os outros, não podem ser produzidos pelo homem em seu organismo através de seu metabolismo próprio, devendo ser ingeridos diariamente através de alimentos, tais como oleaginosas, peixes, algas, entre outros (TURATTI; GOMES; ATHIÉ, 2002). Existem dois tipos de ácidos graxos essenciais, a série dos ácidos graxos n-6, derivada do ácido cis-linoleico (C18:2), e a série dos n-3, derivada do ácido α -linolênico (C18:3) (DAS, 2006). As estruturas químicas dos ácidos graxos n-6 e n-3 são apresentadas na Figura 1.

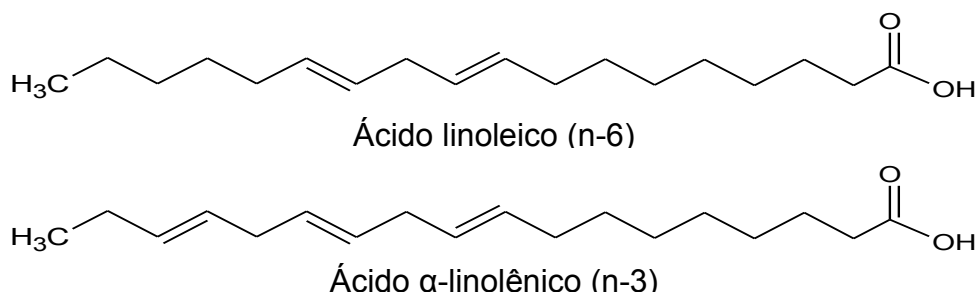


Figura 1 - Estruturas químicas dos ácidos graxos linoleico (n-6) e α -linolênico (n-3).

Adaptado de Carvalho, Melo e Mancini-Filho (2010).

As famílias n-6 e n-3 abrangem ácidos graxos que apresentam insaturações separadas por um carbono metilênico, com a primeira insaturação no sexto e terceiro carbono, respectivamente, enumerado a partir do grupo metila terminal. Esses dois ácidos graxos são compostos que dão origem a outros ácidos graxos biologicamente ativos, como ácidos araquidônico, eicosapentaenoico (EPA; C20:5) e docosahexaenoico (DHA; C22:6) (CALDER, 2001; DAS, 2006).

O EPA e o DHA são os dois dos mais importantes ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) n-3 de cadeia longa (superior a 18 carbonos), naturalmente presentes em produtos de origem marinha. Na espécie humana, os tecidos que têm a capacidade de biossintetizar EPA e DHA são o fígado, as gônadas, e em menor escala, o cérebro e o tecido adiposo, e o fazem a partir do precursor ácido α -linolênico, através de sistemas enzimáticos de alongamento e dessaturação da cadeia de hidrocarbonetos (HAAG, 2003). Embora essas enzimas tenham maior afinidade pelos ácidos da família n-3, a conversão do ácido α -linolênico em DHA e EPA é fortemente influenciada pelos níveis de ácido linoleico na dieta. O excesso desse ácido graxo pode reduzir a síntese de metabólitos do ácido α -linolênico, como o ácido eicosapentaenoico (VAZ et al., 2006). A Figura 2 apresenta, em forma de esquema, o metabolismo dos ácidos graxos essenciais.

Evidências indicam que um aumento no consumo de ácido linoleico juntamente com a razão elevada de consumo de n-6:n-3 é o principal fator de risco no desenvolvimento de trombose, câncer, apoplexia, alergias e outras doenças inflamatórias. No entanto, tem-se sugerido a substituição do n-6 por n-3 a fim de favorecer a síntese de eicosanoides com menor potencial inflamatório. Vários efeitos anti-inflamatórios do n-3, principalmente aqueles derivados de fontes marinhas (contendo EPA e DHA), foram comprovados. Porém, há evidências substanciais de que o n-3 de origem vegetal (castanhas e nozes, semente de linhaça ou óleo de canola) conduz a efeitos anti-inflamatórios similares aos de origem marinha (SALAS-SALVADÓ et al., 2008). Em diversos países, a ingestão média de ácidos graxos resulta em relações n-6:n-3 de 10:1 a 20:1, ocorrendo registros de até 50:1. Tem-se recomendado razões de 2:1 e 3:1 no consumo de ácidos graxos n-6:n-3, refletindo aquelas encontradas nas dietas japonesa e mediterrânea onde a incidência de doenças cardiovasculares é historicamente baixa (SIMOPOULOS, 2002; 2004).

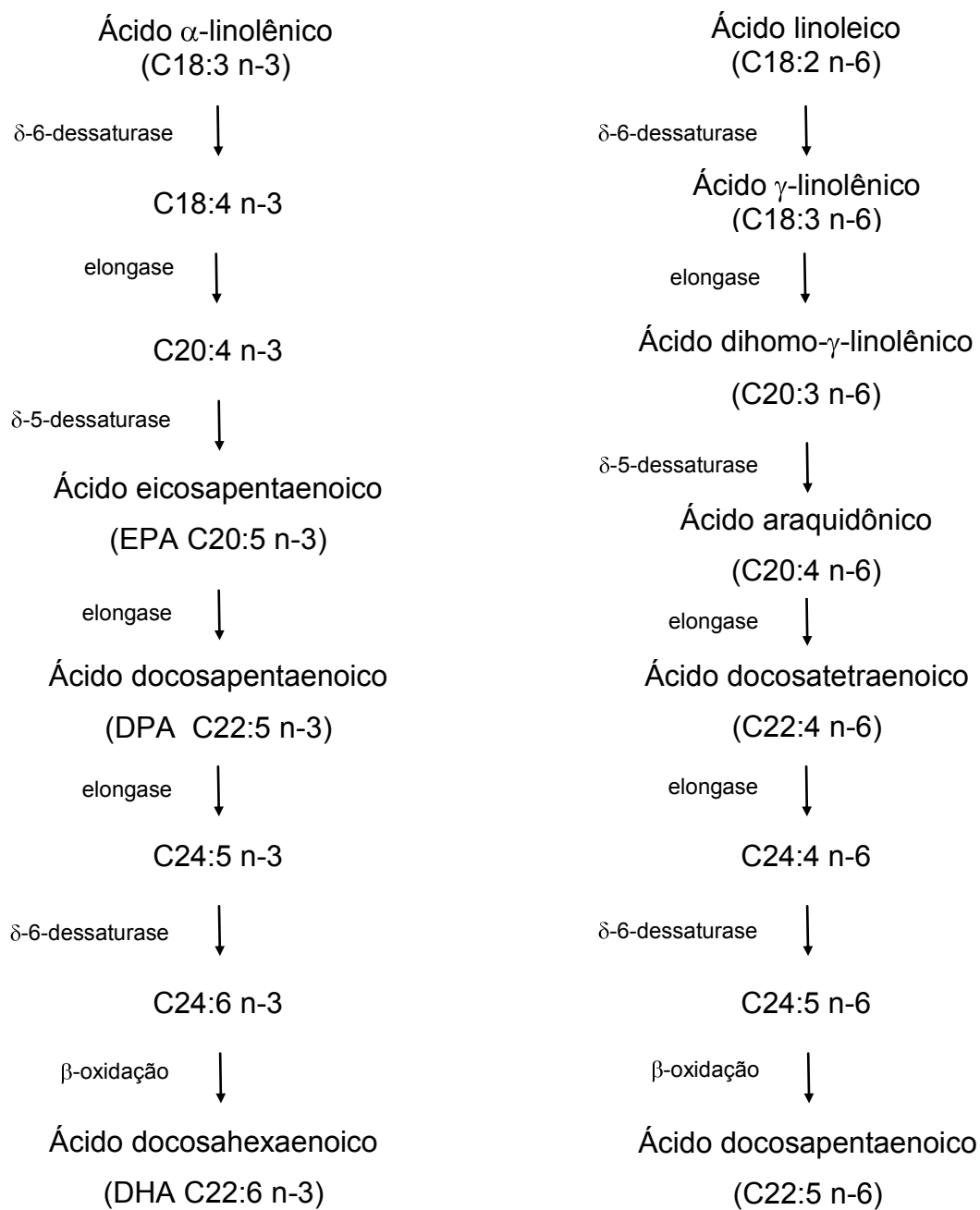


Figura 2 - Metabolismo dos ácidos graxos essenciais.

Adaptado de Leonard et al. (2004).

Os ácidos graxos poli-insaturados n-3 e n-6 apresentam efeito hipocolesterolêmico, e diminuem a concentração da fração de colesterol de lipoproteínas de baixa densidade (LDLc) no sangue, sendo que os ácidos graxos n-3 parecem também reduzir os níveis de triglicerídios plasmáticos (RAJARAM et al., 2009; THOMAS et al., 2004). O aumento no consumo de ácidos graxos n-3 pode induzir um discreto decréscimo da pressão arterial em indivíduos normotensos e

com hipertensão arterial leve, sendo associado a menores índices de doença cardiovascular e a deficiência na ingestão de ácidos graxos poli-insaturados n-3 foi associada a níveis reduzidos de DHA no eritrócito e nos tecidos da retina e do cérebro, e com anormalidades na função da retina que podem ser irreversíveis (MONTROYA et al., 2002; PIMENTEL; FRANCKI; GOLLÜCKE, 2005).

Os ácidos graxos n-6 estão presentes em uma grande variedade de alimentos, sendo os óleos vegetais as suas maiores fontes. Porém, as principais fontes dos ácidos graxos n-3 são os peixes, moluscos, crustáceos, algas e semente de linhaça. Atualmente, encontram-se inúmeros produtos enriquecidos com n-3, como óleos, produtos de panificação, leite, entre outros (CALDER, 2001; CORSINI; JORGE, 2007). A Tabela 2 apresenta as concentrações dos ácidos linoleico e α -linolênico em alguns óleos vegetais.

Tabela 2 - Concentrações (mg/g) dos ácidos linoleico, α -linolênico e razão n-6/n-3 em óleos vegetais.

Óleos vegetais	n-6	n-3	n-6/n-3
Canola	203,0	93,0	2,2
Linhaça	127,0	533,0	0,2
Milho	523,0	11,6	45,1
Oliva	97,6	7,6	12,8
Soja	510,0	68,0	7,5

Fonte: Martin et al. (2006).

Conforme Tabela 3, as castanhas e as nozes são boas fontes de ácidos graxos insaturados (mono e poli-insaturados), sendo a noz comum rica em ácido α -linolênico (n-3), com cerca de 9%, o qual tem demonstrado efeito na redução de riscos cardiovasculares, formação de coágulos sanguíneos e níveis de colesterol total (ALASALVAR; SHAHIDI, 2008).

O consumo de óleos vegetais monoinsaturados, ricos em ácido oleico (C18:1, n-9) também tem sido recomendado, pois apresenta dupla ligação localizada entre os carbonos 9 e 10, a partir do grupo metila. Apesar de não ser considerado um ácido graxo essencial, estudos apontam que o ácido oleico exerce um efeito neutro sobre a colesterolemia. No entanto, tem-se observado que dietas ricas em ácido oleico aumentam o nível de fração de colesterol de lipoproteínas de alta

densidade (HDLc) e podem reduzir o nível de fração de colesterol de lipoproteínas de baixa densidade (LDLc), esses ácidos graxos também estão associados à redução da incidência de doenças cardíacas. Tal fato tem incentivado pesquisas por novas fontes de óleos e azeites vegetais que atendam estas recomendações de composição (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2010; MATTHAUS et al., 2003).

Tabela 3 - Composição média em ácidos graxos (%) de óleos extraídos de castanhas e nozes.

Óleo	n-6	n-3	n-6/n-3	AGS	AGM	AGP
Amêndoa	12,2	0,0	-	3,9	32,2	12,2
Castanha do Brasil	20,5	0,04	512,5	15,1	24,6	20,6
Castanha de caju	8,3	0,1	83	8,3	25,5	8,4
Macadâmia	1,3	0,2	6,5	12,1	58,9	1,5
Noz pecã	20,6	1,0	20,6	6,2	40,8	21,6
Noz comum	38,1	9,1	4,2	6,1	8,9	47,2
Pistache	13,2	0,3	44	5,4	23,3	13,5

AGS: ácidos graxos saturados; AGM: ácidos graxos monoinsaturados; AGP: ácidos graxos poli-insaturados.

Adaptado de Alasalvar e Shahidi (2008).

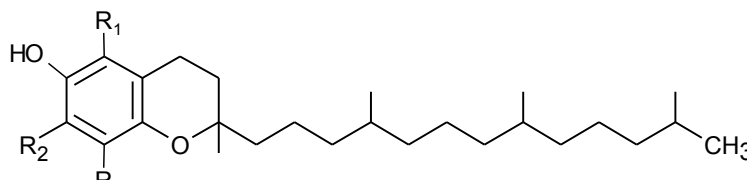
3.2. Tocoferóis

Os tocoferóis consistem de um núcleo básico constituído por dois anéis, um fenólico e outro heterocíclico, ligados a uma cadeia lateral saturada formada por 16 carbonos. Dependendo do número e posição de grupos metila ligados ao anel aromático, os tocoferóis apresentam-se como quatro compostos homólogos, denominados α -, β -, γ - e δ -tocoferol, conforme Figura 3 (ADHIKARI et al., 2008).

Estes compostos apresentam atividade antioxidante *in vivo* e *in vitro*. Nos óleos vegetais, protegem os ácidos graxos insaturados da oxidação lipídica, e no organismo humano apresentam atividade biológica de vitamina E (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2010).

Quanto à atividade de vitamina E, o α -tocoferol é a forma mais comum e apresenta a mais alta atividade biológica (100%), seguido pelo β -tocoferol (50%), γ -tocoferol (26%) e δ -tocoferol (10%). No corpo humano, previne a oxidação de ácidos

graxos poli-insaturados e de componentes lipídicos das células (SHAHIDI; NACZK, 1995).



	R₁	R₂	R₃
α -tocoferol	-CH ₃	-CH ₃	-CH ₃
β -tocoferol	-CH ₃	-H	-CH ₃
γ -tocoferol	-H	-CH ₃	-CH ₃
δ -tocoferol	-H	-H	-CH ₃

Figura 3 - Estrutura química do tocoferol.

Adaptado de Liu (2007).

O grupo hidroxila livre no anel é responsável pelas propriedades antioxidantes sendo os hidrogênios fenólicos doados aos radicais livres lipídicos, formando produtos relativamente estáveis e interrompendo a propagação em cadeia da oxidação lipídica (NOGALA-KALUCKA et al., 2005).

Em consequência disto, o consumo de tocoferol tem importante papel no melhoramento da função imune e na limitação de incidências e progressão de muitas doenças degenerativas incluindo certos tipos de câncer, catarata, desordens neurológicas e doenças cardiovasculares (MAGUIRE et al., 2004; LIU, 2007; YANG, 2009).

É de concordância geral que a atividade antioxidante dos tocoferóis *in vivo* segue a ordem $\alpha > \beta > \gamma > \delta$, entretanto, existe uma certa discussão quanto ao potencial antioxidante destes compostos *in vitro*. Embora alguns estudos demonstrem que as atividades antioxidantes dos tocoferóis *in vivo* e *in vitro* seguem a mesma ordem, pesquisas comparando o potencial antioxidante *in vitro* relativo dos isômeros de tocoferóis em óleos e gorduras obtiveram a ordem inversa ($\delta > \gamma \approx \beta > \alpha$) (SCHMIDT; POKORNÝ, 2005).

Geralmente, a atividade antioxidante dos tocoferóis diminui quando sua concentração excede a ótima, podendo apresentar efeito pró-oxidante, que pode ser mais pronunciado com o aumento da temperatura (entre 40 e 60°C) (EVANS; KODALI; ADDIS, 2002).

Os tocoferóis estão presentes em vegetais, principalmente em sementes oleaginosas, folhas, óleos vegetais, frutas, castanhas e cereais (SEN; KHANA; ROY, 2006). A Tabela 4 demonstra a quantidade de tocoferóis em castanhas e nozes.

Tabela 4 - Concentração média de tocoferóis (µg/g de óleo) em óleos extraídos de castanhas e nozes.

Óleo	Tocoferol	
	α	γ
Amêndoa	439,5	12,5
Avelã	310,1	61,2
Castanha do Brasil	82,9	116,2
Castanha de caju	3,6	57,2
Macadâmia	122,3	tr
Noz pecã	12,2	168,5
Noz comum	20,6	300,5
Pistache	15,6	275,4

tr: valor inferior a 0,1 µg/g.

Adaptado de Yang (2009).

3.2. Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são originados do metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para o seu crescimento e reprodução, além de atuarem como agente antipatogênico e contribuírem na pigmentação. Esses compostos encontram-se largamente em plantas e são um grupo muito diversificado de fitoquímicos derivados de fenilalanina e tirosina. Em alimentos, são responsáveis pela cor, adstringência, aroma e estabilidade oxidativa (PYRZYNSKA; BIESAGA, 2009).

Estes compostos podem ser divididos em dois grupos: os flavonoides e os não flavonoides. Os denominados flavonoides são os que apresentam estrutura química descrita como C6-C3-C6. Já os denominados de não flavonoides possuem

estrutura química C6-C1 (ácidos gálico e elágico), C6-C3 (ácido caféico) ou C6-C2-C6 (resveratrol) (BALASUNDRAM; SUNDRAM; SAMMAN, 2006; HUBER; HOFFMANN-RIBANI; RODRIGUEZ-AMAYA, 2009). Na Figura 4 estão representadas as estruturas químicas de alguns ácidos fenólicos.

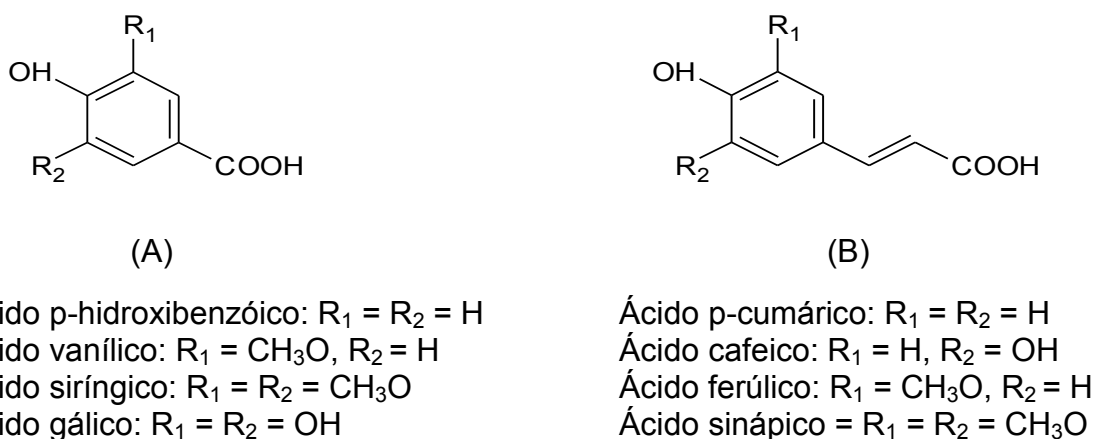


Figura 4 - Estruturas químicas dos principais ácidos fenólicos derivados do ácido benzoico (A) e ácido cinâmico (B).

Adaptado de Yang (2009).

Quimicamente podem ser definidos como substâncias que possuem um anel aromático contendo um ou mais grupos hidroxila, incluindo seus grupos funcionais, tais como ésteres, ésteres metílicos e glicosídeos. Possuem estrutura variável e com isso, são multifuncionais. Existem cerca de 5.000 fenóis, dentre eles, destacam-se ácidos fenólicos, cumarinas, flavonoides e taninos (NACZK; SHAHIDI, 2004; PIMENTEL; FRANCKI; GOLLÜCKE, 2005).

Os fenólicos englobam desde moléculas simples até moléculas com alto grau de polimerização. Estão presentes nos vegetais na forma livre ou ligados a açúcares (glicosídeos) e proteínas (HUNG et al., 2009).

Os compostos fenólicos são incluídos na categoria de interruptores de radicais livres, sendo muito eficientes na prevenção da autooxidação. A atividade antioxidante de compostos fenólicos deve-se principalmente à sua propriedade redutora e estrutura química. Estas características desempenham um papel importante na neutralização ou sequestro de radicais livres e quelação de metais de transição, agindo tanto na etapa de iniciação como na propagação do processo oxidativo (BALASUNDRAM; SUNDRAM; SAMMAN, 2006). Os intermediários

formados pela ação de antioxidantes fenólicos são relativamente estáveis, devido à ressonância do anel aromático presente na estrutura destas substâncias. Além disso, os compostos fenólicos podem atuar como protetores e regeneradores de antioxidantes primários como ácido ascórbico, tocoferol e β -caroteno (HUBER; HOFFMANN-RIBANI; RODRIGUEZ-AMAYA, 2009; PIMENTEL; FRANCKI; GOLLÜCKE, 2005).

Este mecanismo de ação dos antioxidantes, presentes em extratos de plantas, possui um papel importante na redução da oxidação lipídica em tecidos, vegetal e animal, pois quando incorporados na alimentação humana não conservam apenas a qualidade do alimento, mas também reduzem o risco de desenvolvimento de patologias, como arteriosclerose e câncer (ANGELO; JORGE, 2007; SOUSA et al., 2007).

A atividade anticarcinogênica dos fenólicos tem sido relacionada à inibição dos cânceres de cólon, esôfago, pulmão, fígado, mama e pele. Os compostos fenólicos que possuem este potencial são resveratrol, quercetina, ácido caféico e flavonóis (ZHANG et al., 2009).

Em sementes oleaginosas, poucos compostos fenólicos ocorrem em concentrações relativamente altas. Os flavonoides e ácidos fenólicos são os compostos encontrados com maior frequência nestas sementes, incluindo os ácidos caféico, gálico, vanílico, ferúlico, p-cumárico, protocateico, p-hidroxibenzóico, sinápico, gentísico e p-hidroxifenilacético (NACZK; SHAHIDI, 2004). Os compostos fenólicos e flavonoides totais são destaque na família *Juglandacea* (noz Pecã e Noz comum), seguidos pelo pistache, conforme Tabela 5.

Os compostos fenólicos oriundos de alimentos têm sido foco de muitos estudos acerca de suas propriedades anti-inflamatória, antimicrobiana, anticarcinogênica, antialérgica e antiviral. Estes compostos previnem a peroxidação e as modificações oxidativas do LDL através de suas atividades antioxidantes (GALATI; O'BRIEN, 2004; HUNG et al., 2009; OCAKOGLU et al., 2009).

Tabela 5 - Composição média em compostos fenólicos totais (mg/100 g) e flavonoides totais (mg/100 g) de óleos extraídos de castanhas e nozes.

Óleo	Fenólicos totais	Flavonoides totais
Amêndoa	212,9	93,5
Avelã	314,8	113,7
Castanha do Brasil	169,2	107,8
Castanha de caju	316,4	63,7
Macadamia	497,8	137,9
Noz pecã	1463,9	704,7
Noz comum	1580,5	744,8
Pistache	571,8	143,3

Adaptado de Yang, Liu e Halim (2009).

4. Oleaginosas

As oleaginosas são sementes riquíssimas em nutrientes, entre eles os ácidos graxos essenciais, que não podem ser sintetizados pelo homem. Representadas pelas nozes, amêndoas, castanhas, avelãs, entre outras, são bastante conhecidas pelo seu alto teor calórico, porém, podem trazer também diversos benefícios para a saúde (MACKENZIE; TAYLOR, 1993).

Estas oleaginosas são utilizadas normalmente apenas como aperitivo, em saladas ou em sobremesas. Em algumas partes do mundo onde a carne é proibida, são consideradas como alimento primordial desde a antiguidade (KING et al., 2008).

O grupo das frutas oleaginosas é isento de colesterol e rico em nutrientes importantes. Contém macronutrientes (lipídios, proteínas e carboidratos), micronutrientes (vitaminas e minerais, como vitamina E, selênio, manganês, magnésio, zinco, ácido fólico e cobre) além de ácidos graxos essenciais, fosfolipídios, tocoferóis, fitosteróis e fitoquímicos (ácidos fenólicos, carotenoides, flavonoides). Desta forma, as oleaginosas são consideradas como alimento naturalmente funcional, promovendo a saúde (ALASALVAR; SHAHIDI, 2008; SALAS-SALVADÓ et al., 2008).

Dentre as oleaginosas, as castanhas e as nozes são saborosas, ricas em gorduras e calorias. Consumidas com moderação podem fazer parte de uma dieta saudável. Muitas castanhas são sementes ou frutos desidratados. O termo original

de castanha se refere a uma semente comestível revestida de casca grossa, porém cientificamente, é um fruto com semente única revestido por uma casca seca e resistente. Já a noz, em botânica, é um fruto seco com apenas uma semente, raramente duas, no qual a parede do ovário ou parte dela torna-se muito dura na maturidade (MURDOCK, 2002).

As nogueiras são uma das mais antigas árvores frutíferas conhecidas, com referências históricas que remontam à Pérsia em 7000 aC. As castanhas, incluindo as nozes, são alimentos tradicionais em dietas do Mediterrâneo, América do Sul e Ásia e são ingredientes em molhos, recheios, pratos, lanches, aperitivos e sobremesas. São alimentos versáteis, podendo ser consumidas cruas, cozidas e, às vezes, com sua casca. Estão disponíveis inteiras, em partes, salgadas ou não. Os produtos derivados destas incluem manteigas, óleos e afins (FELDMAN, 2002; KING et al., 2008).

As amêndoas das castanhas e nozes são excelentes fontes nutritivas apresentando uma composição química média em 100 g da fruta de: 18,6 g de proteínas; 254 mg de cálcio; 475 mg de fósforo; 4,4 mg de ferro e 0,67 mg de vitamina B₂. Além disso, as amêndoas são ricas em gordura. Contêm, ainda, quantidades razoáveis de tiamina, riboflavina e niacina, e representam boas fontes de ferro e fósforo (CARVALHO et al., 2008). As amêndoas em combinação com outros cereais e frutas produzem inúmeros *snacks* processados que possuem grande aceitação pelos consumidores (GUTKOSKI et al. 2007; SOUZA; MENEZES, 2006).

De modo geral, os benefícios de dietas ricas em castanhas e nozes incluem: ser boa fonte de ácidos graxos essenciais, propriedades antiarrítmicas através da alta ingestão de ácido α -linolênico, benefício na homeostase da glucose e insulina via MUFA (ácidos graxos monoinsaturados) e PUFA (ácidos graxos poli-insaturados), atividades antioxidantes, redução da iniciação e aumento de tumores, regulação da diferenciação e proliferação celular, reparo de danos ao DNA, regulação da atividade imunológica e resposta inflamatória, indução de enzimas metabólicas, regulação de hormônios através de fitoestrógeno e alta fonte de nutrientes como ácido fólico, selênio, magnésio, potássio, fibras e vitamina E. Além disso, estudos relatam que pessoas com ingestão diária de castanhas tendem a perder peso, reduzem risco de câncer de cólon retal e doenças cardiovasculares

com diminuição do colesterol (ALASALVAR; SHAHIDI, 2008; KRIS-ETHERTON et al., 2008; YANG; LIU; HALIM, 2009).

Jenkins et al. (2008) realizaram estudo sobre o efeito do consumo de amêndoas no perfil lipídico humano com 27 homens saudáveis e mulheres hiperlipidêmicas (fração de colesterol de lipoproteínas de baixa densidade, LDLc, superior a 158 mg/dL), evidenciou a redução dos níveis de colesterol total e LDLc e aumento dos níveis de fração de colesterol de lipoproteínas de alta densidade (HDLc) com ingestão de 37 a 73 g de amêndoas por dia.

Estudos randomizados, em longo prazo, confirmaram os efeitos benéficos do consumo regular de castanhas e nozes no perfil lipídico em pacientes diabéticos tipo 2 e não diabéticos, mas não relataram melhora na glicemia destes (LOVEJOY et al., 2002; TAPSELL et al., 2004).

López-Uriarte et al. (2010), também em estudo randomizado, avaliaram a relação entre o consumo de 30 g/dia de um mix de castanhas e nozes (15 g noz comum, 7,5 g avelã e 7,5 g amêndoas) durante doze semanas e os marcadores de oxidação e função endoteliais na síndrome metabólica dos pacientes e concluíram que o consumo de castanhas e nozes não teve qualquer efeito deletério sobre a oxidação lipídica, além de terem encontrado uma diminuição do dano ao DNA que pode contribuir para explicar os efeitos benéficos no consumo regular de oleaginosas na prevenção de diversas doenças crônicas.

Rajaram et al. (2009), em estudo randomizado, avaliaram o efeito no perfil lipídico em pacientes hiperlipidêmicos de dietas enriquecidas com nozes ou peixes por quatro semanas e verificaram que, no grupo de pacientes que consumiram dieta contendo 42,5 g de nozes por dia, houve maior redução dos níveis de colesterol total e LDLc do que nos grupos controle (sem nozes e peixes) e grupo com peixe (113 g salmão, duas vezes por semana), enquanto que no grupo que recebeu dieta com peixe houve redução dos níveis de triglicerídios plasmáticos e aumento dos níveis de HDLc.

A atividade antiproliferativa das castanhas e nozes foi evidenciada em estudo realizado por Yang, Liu e Halim (2009) com dez tipos de oleaginosas. Entre os extratos solúveis analisados, nos extraídos das nozes comuns, nozes pecã, amendoins e amêndoas mostraram atividades antiproliferativas relativamente elevadas tanto para as sulfotransferases de células de fígado humano (HepG2)

quanto para as células de carcinoma do cólon (Caco-2), enquanto nos extratos de castanhas de caju e macadâmia evidenciaram uma fraca atividade antiproliferativa para as células HepG2.

4.1. Castanha do Brasil

A castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*, H. B. K.), também conhecida como castanha-do-pará, é um dos principais produtos da biodiversidade da Floresta Amazônica. Tem alto potencial econômico, especialmente na Amazônia brasileira, na qual representa um dos elementos principais para a economia das famílias extrativistas (SOUZA; MENEZES, 2008).

Esta castanha possui uma casca lenhosa e bastante dura, pode conter de 15 a 24 sementes, cujo tamanho varia entre 4 e 7 cm de comprimento. As sementes também têm uma casca bastante dura e rugosa e contêm uma amêndoa muito apreciada, com elevado teor de proteínas, lipídios, fibras, vitamina E e, em ordem decrescente, minerais como fósforo, potássio, magnésio, cálcio e selênio (CHUNHIENG et al., 2004). Este último é um oligoelemento presente em maior quantidade na castanha do Brasil dentre outros alimentos conhecidos.

A castanha do Brasil tem pesquisa focada na presença de selênio, devido à ação antioxidante nos processos metabólicos (PACHECO; SCUSSEL, 2006). A atuação do selênio está relacionada com a enzima glutathione-peroxidase, dependente do Se, no que se refere à formação de radicais livres no organismo, proteção contra a ação nociva de metais pesados, prevenção de doenças crônicas não transmissíveis e aumento da resistência do sistema imunológico (SOUZA; MENEZES, 2008).

Por outro lado, Souza (2003) e Souza e Menezes (2006) destacam que além do selênio, outro apelo muito forte para a utilização da castanha do Brasil é a quantidade e a qualidade da proteína contida na amêndoa e o baixo emprego no mercado interno pelas indústrias processadoras de alimentos.

A maior parte da castanha do Brasil destina-se ao consumo *in natura*. Entretanto, a castanha do Brasil possui uma ampla cadeia de produtos e subprodutos, sendo recomendada como matéria-prima para extração de óleo, devido ao elevado conteúdo de lipídios. O óleo típico apresenta 13,8% de ácido palmítico, 8,7% de ácido esteárico, 31,4% de ácido oleico e 45,2% de ácido linoleico, além de

pequenas quantidades dos ácidos mirístico e palmitoleico. O óleo da castanha do Brasil tem sido utilizado como óleo fino de mesa e na formulação de cosméticos (FREITAS et al., 2007).

4.2. Castanha Sapucaia

A sapucaia, pertencente à família *Lecythidaceae*, gênero *Lecythis pisonis*, é uma espécie originária da Amazônia brasileira, ocorrendo desde o Ceará até o Rio de Janeiro, sendo particularmente frequente no Sul da Bahia e no Norte do Espírito Santo. Ocorre, principalmente, em áreas de cerrado e de florestas pouco densas (CAVALCANTE, 1996; SOUZA et al., 2008).

A planta se desenvolve bem em regiões de temperatura amena a quente e em solos com boa fertilidade, porém a propagação é feita através de sementes, pois não há plantação comercial. O fruto tem formato arredondado ou achatado, casca rígida e espessa e coloração castanha. Quando maduros, ocorre o fendilhamento em formato arredondado na parte inferior, semelhante a uma “tampa”, por onde as sementes (amêndoas) são liberadas (CARVALHO et al., 2008).

As amêndoas são oleaginosas e apresentam coloração marrom-clara ou branca, são comestíveis, saborosas e muito apreciadas pelos animais silvestres, especialmente os macacos. Essas amêndoas podem ser consumidas cruas, cozidas ou torradas e usadas no preparo de doces, confeitos e pratos salgados. São ricas em fósforo e o perfil de ácidos graxos do óleo desta castanha indica predominância de ácido linoleico. Contudo, ainda existem poucos dados científicos na literatura sobre os aspectos físicos do fruto e da amêndoa e do valor nutricional das amêndoas dessa espécie (SOUZA et al., 2008; VALLILO et al., 1999).

4.3. Castanha de Cotia

A espécie *Couepia edulis* Prance, conhecida vulgarmente como castanha de cotia, pertence à família *Chrysobalanaceae*. É um fruto fibroso, ovóide alongado, de cor pardo-escuro, formado de casca espessa, lisa, dura, mas esponjosa, que encerra uma castanha com envoltório escuro, quase preto, envolvendo a amêndoa de cor branca. O peso médio de um fruto é de 82 g, e o peso médio de uma amêndoa é de 15,5 g (PESSOA; ASSIS; BRAZ, 2004).

A espécie é endêmica da região central da Amazônia, entre Tefé e Coari no Amazonas, porém há ocorrência também nos rios Solimões, Trombetas, Ituí e em Atalaia do Norte (LEANDRO; YUYAMA, 2008).

A planta floresce e frutifica entre fevereiro e março, onde não há estação seca pronunciada e o fruto leva cerca de 12 meses para completar a maturação (PESSOA et al., 2005). De acordo com Cavalcante (1996), os frutos estão maduros de novembro a maio. Estes frutos, que necessitam de um ano para amadurecer, caem ao chão quando maduros e devem ser coletados imediatamente, pois são muito apreciados por roedores, especialmente as cutias, cuja preferência alimentar acabou servindo de referência para o nome popular desta planta (LEANDRO; YUYAMA, 2008; PESSOA et al., 2005).

As amêndoas são consumidas cruas, assadas, misturadas ou preparadas com farinha de mandioca. Têm sabor similar ao da castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa* H & B), ainda que a textura seja um pouco mais branda.

Pesce (1941) examinou mais de 120 espécies oleaginosas da Amazônia e sugeriu que a *C. edulis* era uma espécie promissora, notadamente, pelo seu potencial na produção de óleo.

A composição da amêndoa é constituída de óleo (73-74,1%), umidade (3,6%), proteínas (16,6%) e cinzas (2,7%). O óleo extraído das amêndoas é claro, inodoro, utilizado para cozinhar. Pelo índice de iodo, o óleo de castanha de cotia é classificado como secativo (CAVALCANTE, 1996; LEANDRO; YUYAMA, 2008; PESSOA; LEEUWEN, 2006).

4.4. Castanha do Gurguéia

A castanha-do-gurguéia (*Dipteryx lacunifera* Ducke), também conhecida como castanha-de-burro e gampara, é uma espécie nativa do Meio-Norte do Brasil e pouco conhecida na literatura especializada. Seu fruto é uma cápsula lenhosa e unilocular, de cor amarronzada, contendo em seu interior uma amêndoa alongada, marrom-escura e de sabor bastante agradável (VIEIRA JÚNIOR et al., 2007).

O gênero *Dipteryx*, pertencente à tribo Dipterygeae, família Leguminosae-Papilionoideae, é constituído por 14 espécies que se destacam por serem utilizadas como plantas medicinais. São encontradas nas regiões amazônica, nordeste e central do Brasil, na Venezuela e na América Central (Costa Rica e Panamá).

Algumas frutificam precocemente aos quatro anos, em matas de terras firmes e planas, podendo atingir 50 m de altura (CARVALHO et al., 2008; QUEIROGA NETO et al., 2009) .

Sua exploração ocorre com base no extrativismo, e as castanhas ou amêndoas podem ser encontradas em feiras livres, principalmente na região do sudoeste piauiense. As amêndoas desta espécie são consumidas normalmente como aperitivos, torradas e/ou salgadas (VIEIRA JÚNIOR et al., 2008).

Quimicamente as espécies do gênero *Dipteryx* acumulam cumarinas, isoflavonas, triterpenoides, ácidos graxos e diterpenoides furanocassanos. Em trabalho realizado anteriormente foram identificados ácidos graxos, sendo o ácido oleico o componente majoritário, além de β -farneseno e dois diterpenos furanocassanos nos frutos desta espécie (VIEIRA JÚNIOR et al., 2007).

4.5. Noz Pecã

A noqueira pecã (*Carya illinoensis*) é nativa da América do Norte, e pertencente à família Juglandaceae. É árvore de folhas caducas, que pode atingir grande porte, superando os 40 m de altura e a longevidade pode superar os 200 anos (BRASIL et al., 2007). Os frutos dessa árvore são drupas, agrupando-se em cachos com, normalmente, de três a sete unidades, com epicarpo que separa-se do fruto, na maturação. A parte aproveitável apresenta-se entre 40 e 60% do fruto e a coloração varia entre o marrom escuro e o cinza pardo. Espécie frutífera de clima temperado, cultivada principalmente na região Sul do Brasil para a produção comercial de nozes.

Os frutos possuem elevado valor nutricional em proteínas, vitaminas, carboidratos e lipídios, são antioxidantes, ricos em fibras e contêm sódio livre (TERABE; MARTINS; HOMECHIN, 2008; VILLARREAL-LOZOYA; LOMBARDINI; CISNEROS-ZEVALLOS, 2007).

As nozes Pecã normalmente são consumidas na forma *in natura*, em bolos, tortas e apresentam diversos benefícios à saúde. O consumo, mesmo que em pequenas quantidades, diariamente, pode evitar até 65% do risco de doenças cardiovasculares, melhorar o funcionamento intestinal, cerebral, pulmonar, entre outros. Estudos têm demonstrado que o consumo de noz Pecã pode melhorar o perfil lipídico humano, e reduzir os níveis de lipoproteínas, principalmente LDLc, por

conter alto teor de ácidos graxos monoinsaturados, além de vitamina E (RAJARAM et al. 2001).

4.6. Noz

A noqueira (*Juglans regia* L., Juglandaceae) é nativa do sudeste da Europa, Ásia Menor, Índia e China. Algumas espécies de árvore noqueira já são cultivadas em toda a Europa, América do Norte, África do Norte e Leste da Ásia. As nozes, também conhecidas como nozes Persas ou simplesmente nozes comuns, são amplamente distribuídas em todo o mundo, e em Portugal, estas espécies são comuns em todo o país (SAVAGE, 2001).

Estes frutos têm recebido um interesse crescente como um alimento saudável, pois seu consumo regular é descrito como capaz de diminuir o risco de diversas enfermidades, como doenças cardiovasculares e diabetes tipo 2 (DAVIS et al., 2007). Os benefícios das nozes na saúde são geralmente atribuídos à sua composição química. As nozes são uma boa fonte de ácidos graxos essenciais, vitamina E, tocoferóis e fitoesteróis (AMARAL et al., 2005; PEREIRA et al., 2007).

Na composição do óleo das nozes, o ácido linoleico é o principal ácido graxo com 57 a 64%, seguido por oleico (13-22%), α -linolênico (10-16%), palmítico (5-8%) e esteárico (1-3%). Devido o seu alto teor de PUFA tem sido sugerido para reduzir o risco de doença cardíaca, diminuindo LDLc e colesterol total e aumento de HDLc (DAVIS et al., 2007). Além disso, as nozes têm outros componentes que podem ser benéficos para a saúde, incluindo proteínas vegetais, fibra alimentar, melatonina, esteróis vegetais, folato, taninos e polifenóis (ARRANZ; PÉREZ-JIMÉNEZ; SAURA-CALIXTO, 2008; PEREIRA et. al., 2008). A composição química, ou seja, os teores de óleo e de ácidos graxos e de tocoferóis encontrados podem variar significativamente entre os diferentes cultivares de noz e as condições ambientais (AMARAL et al., 2005).

5. Considerações finais

As castanhas e nozes, de maneira geral, são ricas fontes de ácidos graxos insaturados, proteínas, fibras, micronutrientes, vitaminas e compostos bioativos. Podem retardar o processo de envelhecimento, estimular o sistema imunológico e

proteger contra doenças cardíacas e certas formas de câncer. Uma dieta modificada, com consumo de uma grande variedade de alimentos de origem vegetal, incluindo castanhas e nozes, otimiza o estado geral de saúde e auxilia no menor risco de doenças crônicas. No entanto, há ainda certa ausência de informações sobre os compostos bioativos benéficos presentes em castanhas e nozes. Embora vários destes compostos presentes nas castanhas tenham sido identificados, muitos outros permanecem não identificados e descaracterizados. Torna-se necessário aprofundar tal investigação, com ênfase nas atividades antioxidantes e anticancerígenas.

6. Referências bibliográficas

ADHIKARI, P. et al. Tocols in caneberry seed oils. **Food Chemistry**, London, v. 111, n. 1, p. 687-690, 2008.

ALASALVAR, C.; SHAHIDI, F. **Tree nuts**: composition, phytochemicals and health effects. Boca Raton: CRC Press, 2008.

AMARAL, J. S. et al. Vitamin E composition of walnuts (*Juglans regia* L.): a 3-year comparative study of different cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 13, p. 5467-5472, 2005.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 66, n. 1, p. 1-9, 2007.

ARRANZ, S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant capacity of walnut (*Juglans regia* L.): contribution of oil and defatted matter. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 227, n. 2, p. 425-431, 2008.

BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chemistry**, London, v. 99, n. 1, p. 191-203, 2006.

BASTOS, D.; ROGERO, M.; ARÊAS, J. Mecanismos de Ação de Compostos Bioativos dos Alimentos no Contexto de Processos Inflamatórios Relacionados à Obesidade. **Arquivo Brasileiro de Endocrinologia e Metabologia**, São Paulo, v. 53, n. 5, p. 646-656, 2009.

BEARDSELL, D. et al. Health promoting constituents in plant derived edible oils. **Journal of Food Lipids**, Trumbull, v. 9, n. 1, p. 1-34, 2002.

BINKOSKI, A. E. et al. Balance of unsaturated fatty acids is important to a cholesterol-lowering diet: comparison of mid-oleic sunflower oil and olive oil on cardiovascular disease risk factors. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v. 105, n. 7, p. 1080-1086, 2005.

BRASIL, J. L. et al. Planejamento estatístico de experimentos como uma ferramenta para otimização das condições de bioabsorção de Cu (II) em batelada utilizando-se casca de nozes pecã como bioabsorvente. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 548-553, 2007.

CALDER, P. C. N-3 polyunsaturated fatty acids, inflammation and Immunity: pouring oil on troubled waters or another fishy tale? **Nutrition Research**, Chair, v. 21, n. 1-2, p. 309-341, 2001.

CARVALHO, E. B. T.; MELO, I. L. P.; MANCINI-FILHO, J. Chemical and physiological aspects of isomers of conjugated fatty acids. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 295-307, 2010.

CARVALHO, M. G. et al. Avaliação dos parâmetros físicos e nutricionais de amêndoas de chichá, sapucaia e castanha-do-gurguéia. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 4, p. 517-523, 2008.

CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. 6. ed. Belém: CNPq; Museu Paraense Emílio Goeldi, 1996. 279 p. (Coleção Adolpho Ducke)

CHUNHIENG, T. et al. Study of selenium in the protein fractions of the Brazil nut, *Bertholletia excelsa*. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v. 52, n. 13, p. 4318-4322, 2004.

CONCEIÇÃO, M. M. et al. Rheological behavior of castor oil biodiesel. **Energy & Fuels**, Washington, v. 19, n. 5, p. 2185-2188, 2005.

CORSINI, M. S.; JORGE, N. Ácidos graxos e aspectos nutricionais. **Nutrição Brasil**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 6, p. 371-377, 2007.

COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. **Alimentos funcionais**: benefícios para a saúde. Viçosa: Varela, 2008. 298 p.

DAS, U. N. Essential fatty acids: biochemistry, physiology and pathology. **Biotechnology Journal**, Weinheim, v. 1, n. 4, p. 420-439, 2006.

DAVIS, L. et al. The effects of high walnut and cashew nut diets on the antioxidant status of subjects with metabolic syndrome. **European Journal of Nutrition**, Berlin, v. 46, n. 3, p. 155-164, 2007.

DUNFORD, N. T. Health benefits and processing of lipid-based nutritionals. **Food Technology**, Chicago, v. 55, n. 11, p. 38-44, 2001.

DUTRA-DE-OLIVEIRA, J. E.; MARCHINI, J. Lipídeos. In: SANTOS, T. M. **Ciências nutricionais**. São Paulo: Sarvier, 2003. p. 87-97.

ETTINGER, S. Macronutrientes: carboidratos, proteínas e lipídeos. In: MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. (Ed.). **Alimentos, nutrição & dietoterapia**. 12. ed. São Paulo: Roca; 2010. p. 35-71.

EVANS, J. C.; KODALI, D. R.; ADDIS, P. B. Optimal tocopherol concentrations to inhibit soybean oil oxidation. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 79, n. 1, p. 47-51, 2002.

FALVELLA, C. V. Óleos vegetais. **Nutrição Brasil**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 6, p. 380-386, 2003.

FARIA, E. A. et al. Estudo da estabilidade térmica de óleos e gorduras vegetais por TG/DTG e DTA. **Eclética Química**, Araraquara, v. 27, n. 1, p. 00-00, 2002.

FELDMAN, E. B. The scientific evidence for a beneficial health relationship between walnuts and coronary heart disease. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 132, n. 1, p. 1062-1101, 2002. Supplement.

FREITAS, S. P. et al. Extração e fracionamento simultâneo do óleo da castanha-do-Brasil com etanol. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 14-17, 2007. Suplemento.

GALATI, G.; O'BRIEN, P. J. Potential toxicity of flavonoids and other dietary phenolics: significance for their chemopreventive and anticancer properties. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v. 37, n. 3, p. 287-303, 2004.

GUTKOSKI, L. C. et al. Desenvolvimento de barras de cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 355-363, 2007.

HAAG, M. Essential fatty acids and the brain. **Canadian Journal of Psychiatry**, Ottawa, v. 48, n. 1, p. 195-203, 2003.

HUBER, L. S.; HOFFMANN-RIBANI, R.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Quantitative variation in Brazilian vegetable sources of flavonols and flavones. **Food Chemistry**, London, v. 113, n. 1, p. 1278-1282, 2009.

HUNG, P. V. et al. Total phenolic compounds and antioxidant capacity of wheat graded flours by polishing method. **Food Research International**, Barking, v. 42, n. 1, p. 185-190, 2009.

JENKINS, D. J. et al. Almonds reduce biomarkers of lipid peroxidation in older hyperlipidemic subjects. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 138, n. 5, p. 908-913, 2008.

KAMAL-ELDIN, A. Effect of fatty acids and tocopherols on the oxidative stability of vegetable oils. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v. 108, n. 12, p. 1051-1061, 2006.

KING, J. C. et al. Tree nuts and peanuts as components of a healthy diet. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 138, n. 9, p. 1736-1740, 2008. Supplement.

KRIS-ETHERTON, P. M. et al. Dietary stearic acid and risk of cardiovascular disease: intake, sources, digestion, and absorption. **Lipids**, Champaign, v. 40, n. 12, p. 1193-1200, 2005.

- KRIS-ETHERTON, P. M. et al. The role of tree nuts and peanuts in the prevention of coronary heart disease: multiple potential mechanisms. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 138, n. 9, p. 1746-1751, 2008. Supplement.
- LEANDRO, R. C.; YUYAMA, K. Enraizamento de estacas de castanha-de-cutia com uso de ácido indolbutírico. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 38, n. 4, p. 597-602, 2008.
- LEONARD, A. E. et al. Elongation of long-chain fatty acids. **Progress in Lipid Research**, Oxford, v. 43, n. 1, p. 36-54, 2004.
- LIU, R. H. Whole grain phytochemicals and health. **Journal of Cereal Science**, London, v. 46, n. 3, p. 207-219, 2007.
- LÓPEZ-URIARTE, P. et al. Effect of nut consumption on oxidative stress and the endothelial function in metabolic syndrome. **Clinical Nutrition**, New York, v. 29, n. 3, p. 373-380, 2010.
- LOVEJOY, J. C. et al. Effect of diets enriched in almonds on insulin action and serum lipids in adults with normal glucose tolerance or type 2 diabetes. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 76, n. 5, p. 1000-1006, 2002.
- MACKENZIE, S. L.; TAYLOR, D. C. Seed oils for the future. In: BEARE-ROGER, J. **Influences of findings in nutrition on the fats and oils industry**. Illinois: AOCS Press, 1993. p. 9-13.
- MAGUIRE, L. S. et al. Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of walnuts, almonds, peanuts, hazelnuts and the macadamia nut. **International Journal Food Sciences and Nutrition**, Abingdon, v. 55, n. 3, p. 171-178, 2004.
- MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. **Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia**. 12. ed. São Paulo: Roca, 2010. 1382 p.
- MARTIN, C. A. et al. Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 6, p. 761-770, 2006.
- MATTHAUS, B. et al. FA and tocopherol composition of Vietnamese oilseeds. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 80, n. 10, p. 1013-1020, 2003.
- MONTOYA, M. T. et al. Fatty acid saturation of the diet and plasma lipid concentrations, lipoprotein particle concentrations, and cholesterol efflux capacity. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 75, n. 3, p. 484-491, 2002.
- MURDOCK, D. H. et al. **Encyclopedia of foods: a guide to healthy nutrition**. San Diego: Academic Press, 2002. 529 p.
- NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 1054, n. 1-2, p. 95-111, 2004.

NOGALA-KALUCKA, M. et al. Changes in antioxidant activity and free radical scavenging potential of rosemary extract and tocopherols in isolated rapeseed oil triacylglycerols during accelerated tests. **Food Chemistry**, London, v. 93, n. 2, p. 227-235, 2005.

OCAKOGLU, D. et al. Distribution of simple phenols, phenolic acids and flavonoids in Turkish monovarietal extra virgin olive oils for two harvest years. **Food Chemistry**, London, v. 113, n. 1, p. 401-410, 2009.

PACHECO, A. M.; SCUSSEL, V. M. **Castanha-do-Brasil**: da floresta tropical ao consumidor. Florianópolis: Editorgraf, 2006. 176 p.

PARRY, J. et al. Fatty acid composition and antioxidant properties of cold-pressed marionberry, boysenberry, red raspberry, and blueberry seed oils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 3, p. 566-573, 2005.

PEREIRA, J. A. et al. Bioactive properties and chemical composition of six walnut (*Juglans regia* L.) cultivars. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 46, n. 6, p. 2103-2111, 2008.

PEREIRA, J. A. et al. Walnut (*Juglans regia* L.) leaves: phenolic compounds, antibacterial activity and antioxidant potential of different cultivars. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 45, n. 11, p. 2287-2295, 2007.

PESCE, C. **Oleaginosas da Amazônia**. Belém: Oficinas Gráficas da Revista Veterinária, 1941.

PESSOA, J. D. C.; ASSIS, O. B. G.; BRAZ, D. C. Caracterização morfomecânica para beneficiamento do fruto da castanha-de-cutia (*Couepia edulis*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 103-106, 2004.

PESSOA, J. D. C.; LEEUWEN, J. V. Development of a shelling method to recover whole kernels of the cutia nut (*Couepia edulis*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 236-239, 2006.

PESSOA, J. V. et al. **Contribuições da pesquisa para o beneficiamento da castanha-de-cutia (*Couepia edulis* Prance) e aproveitamento de seus resíduos**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2005.

PIMENTEL, C. V. M. B.; FRANCKI, V. M.; GOLLÜCKE, A. P. B. **Alimentos funcionais**: introdução às principais substâncias bioativas em alimentos. São Paulo: Varela, 2005. 95 p.

PYRZYNSKA, K.; BIESAGA, M. Analysis of phenolic acids and flavonoids in honey. **Trends in Analytical Chemistry**, Crawford, v. 28, n. 7, p. 893-902, 2009.

QUEIROGA NETO, V. et al. *Dipteryx lacunifera* seed oil: characterization and thermal stability. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1601-1607, 2009.

RAJARAM, S. et al. Walnuts and fatty fish influence different serum lipid fractions in normal to mildly hyperlipidemic individuals: a randomized controlled study. **American**

Journal of Clinical Nutrition, New York, v. 89, n. 5, p. 1657-1663, 2009. Supplement.

SALAS, J. J. et al. Biochemistry of lipid metabolism in olive and other oil fruits. **Progress in Lipid Research**, Oxford, v. 39, n. 2, p. 151-180, 2000.

SALAS-SALVADÓ, J. et al. The effect of nuts on inflammation. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, Melbourne, v. 17, n. 1, p. 333-336, 2008. Supplement.

SAVAGE, G. P. Chemical composition of walnuts (*Juglans regia* L.) grown in New Zealand. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 56, n. 1, p. 75-82, 2001.

SCHMIDT, S.; POKORNÝ, J. Potential application of oilseeds as sources of antioxidants for food lipids - a review. **Czech Journal of Food Science**, Prague, v. 23, n. 3, p. 93-102, 2005.

SEN, C. K.; KHANA, S.; ROY, S. Tocotrienols: vitamin E beyond tocopherols. **Life Sciences**, Tucson, v. 78, n. 1, p. 2088-2098, 2006.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. **Food phenolics**: sources, chemistry, effects and applications. Lancaster: Technomic, 1995.

SIMOPOULOS, A. P. Omega-3 fatty acids in wild plants, nuts and seeds. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, Melbourne, v. 11, n. 6, p. S163-S173, 2002. Supplement.

SIMOPOULOS, A. P. Omega-6/omega-3 essential fatty acid ratio and chronic diseases. **Food Reviews International**, New York, v. 20, n. 1, p. 77-90, 2004.

SIRÓ, I. et al. Functional food: product development, marketing and consumer acceptance - a review. **Appetite**, London, v. 51, n. 3, p. 456-467, 2008.

SOUSA, C. M. M. et al. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 351-355, 2007.

SOUZA, M. L. **Processamento de cereais matinais extrusados de castanha-do-Brasil com mandioca**. 2003. 191 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SOUZA, M. L.; MENEZES, H. C. Avaliação sensorial de cereais matinais de Castanha-do-Brasil com mandioca extrusadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 950-955, 2006.

SOUZA, M. L.; MENEZES, H. C. Extrusão de misturas de castanha do Brasil com mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 451-462, 2008.

SOUZA, V. A. B. et al. Características físicas de frutos e amêndoas e características químico-nutricionais de amêndoas de acessos de sapucaia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 946-952, 2008.

TAPSELL, L. C. et al. Including walnuts in a low-fat/modified-fat diet improves HDL cholesterol-to-total cholesterol ratios in patients with type 2 diabetes. **Diabetes Care**, Alexandria, v. 27, n. 12, p. 2777-2783, 2004.

TERABE, N. I.; MARTINS, C. M.; HOMECHIN, M. Microrganismos associados a frutos de diferentes cultivares de noz Pecan. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 659-662, 2008.

THOMAS, T. R. et al. Effects of omega-3 fatty acid supplementation and exercise on low-density lipoprotein and high-density lipoprotein subfractions. **Metabolism Clinical and Experimental**, Orlando, v. 53, n. 6, p. 749-754, 2004.

TURATTI, J. M.; GOMES, R. A. R.; ATHIÉ, I. **Lipídeos**: aspectos funcionais e novas tendências. Campinas: ITAL, 2002. 69 p.

VALLILO, M. I. et al. *Lecythis pisonis* Camb. nuts: oil characterization, fatty acids and minerals. **Food Chemistry**, London, v. 66, n. 2, p. 197-200, 1999.

VAZ, J. S. et al. Ácidos graxos como marcadores biológicos da ingestão de gorduras em alimentos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 4, p. 489-500, 2006.

VIEIRA JÚNIOR, G. M. et al. Phenolic derivatives from fruits of *Dipteryx lacunifera* Ducke and evaluation of their antiradical activities. **Helvética Chimica Acta**, Basel, v. 91, n. 11, p. 2159-2167, 2008.

VIEIRA JÚNIOR, G. M. et al. Terpenos e ácidos graxos de *Dipteryx lacunifera* Ducke. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 7, p. 1658-1662, 2007.

VILLARREAL-LOZOYA, J. E.; LOMBARDINI, L.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Phytochemical constituents and antioxidant capacity of different pecan [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] cultivars. **Food Chemistry**, London, v. 102, n. 4, p. 1241-1249, 2007.

WAITZBERG, D. L.; BORGES, V. C. Gorduras. In: WAITZBERG, D. L.; BORGES, V. C. **Nutrição oral, enteral e parenteral na prática clínica**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2001. v. 1, p. 55-78.

WANG, J. T. et al. Effect of dietary lipid level on growth performance, lipid deposition, hepatic lipogenesis in juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 249, n. 1, p. 439-447, 2005.

YANG, J. Brazil nuts and associated health benefits: a review. **Food Science and Technology**, Wädenswil, v. 42, n. 1, p. 1573-1580, 2009.

YANG, J.; LIU, R. H.; HALIM, L. Antioxidant and antiproliferative activities of common edible nut seeds. **Food Science and Technology**, Wädenswil, v. 42, n. 1, p. 1-8, 2009.

ZHANG, Z. et al. Antioxidant phenolic compounds from walnut kernels (*Juglans regia* L.). **Food Chemistry**, London, v. 113, n. 1, p. 160-165, 2009.

CAPÍTULO 2

Composição centesimal de castanhas e nozes

Resumo

A região Amazônica possui inúmeras espécies vegetais oleaginosas que têm apresentado potencial promissor na área alimentícia. Existem na flora nativa brasileira e, em especial, nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, algumas espécies ainda pouco conhecidas, mas que apresentam potencialidades para o mercado de amêndoas. Este trabalho teve como objetivo avaliar a composição centesimal das castanhas do Brasil (*Bertholletia excelsa*), Sapucaia (*Lecythis pisonis*), Cotia (*Couepia edulis*) e Gurguéia (*Dipteryx lacunifera*) e das nozes Pecã (*Carya illinoensis*) e Noz (*Juglans regia*), assim como o potencial para a nutrição humana. A composição centesimal das castanhas e nozes, quanto à umidade, cinzas, lipídios, proteínas e fibras totais, foi determinada pelos métodos oficiais da AOCS e o teor de carboidratos totais foi calculado por diferença. As determinações analíticas, em triplicata, foram submetidas a análises de variância e testes de Tukey para médias a 5% empregando o programa ESTAT versão 2.0. De acordo com os resultados, as castanhas e nozes mostraram-se ricas fontes de lipídios (35,74-68,89%), proteínas (8,34-22,75%) e fibras (5,98-12,94%), além de alto valor calórico (508,82-683,07 kcal/100 g). As castanhas também apresentaram quantidade significativa de sais minerais, evidenciado pelo alto teor de cinzas, principalmente as castanhas do Brasil e Sapucaia. A Sapucaia destacou-se, dentre as oleaginosas avaliadas, sendo, do ponto de vista protéico, a mais promissora como alimento, enquanto que as nozes mostraram-se boas fontes calóricas. Os aspectos nutricionais das oleaginosas avaliadas conferem características que podem torná-las competitivas com as principais amêndoas amplamente comercializadas no mercado nacional e internacional.

Palavras-chave: oleaginosas, propriedades químicas, valor nutricional, fibras.

Abstract

The Amazon region has numerous plant species plants that have shown promising potential in the food industry. There are Brazilian native flora and, in particular in the North and Northeast of Brazil, some species remain poorly known, but which have the potential for the oilseeds' market. This study aimed to analyze the proximate composition of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) Sapucaia nut (*Lecythis pisonis*), Cotia nut (*Couepia edulis*) and Gurguéia nut (*Dipteryx lacunifera*), Pecan nut (*Carya illinoensis*) and walnut (*Juglans regia*), as well as the potential for human nutrition. Proximate composition of nuts and walnuts, as moisture, ash, lipids, proteins and dietary fiber was determined by official AOCS methods and total carbohydrate was calculated by difference. The analytical determinations, in triplicate, were subjected to analysis of variance and Tukey test for average of 5% using the ESTAT program version 2.0. According to the results, nuts and walnuts proved rich sources of fat (from 35.74 to 68.89%), protein (8.34 to 22.75%) and fiber (5.98 to 12.94%), and to have high calorific value (508.82 to 683.07 kcal/100 g). The nuts also contain significant amounts of minerals, as evidenced by the high ash content, especially Brazil nuts and Sapucaia. The Sapucaia stood out among the oil evaluated, and, from the standpoint of protein, the most promising as food, while the nuts are good sources showed higher caloric intake. The nutritional aspects of the evaluated oilseeds attribute characteristics that may make them competitive with the main marketed kernels.

Keywords: oilseeds, chemical properties, nutritional value, fiber.

1. Introdução

As florestas tropicais são conhecidas por abrigarem grandes proporções das espécies vegetais do mundo, sendo a maioria raras e pouco distribuídas e uma minoria é comum e amplamente divulgada (SVENNING et al., 2004; 2008; CONDIT et al., 2005).

O Brasil é um dos maiores repositórios de plantas nativas do mundo, possuindo assim uma grande diversidade genética. A região amazônica é a principal reserva de espécies nativas, enquanto que a segunda maior está localizada nos cerrados do Centro-Oeste e Nordeste. Há espécies com potencialidade para o comércio de amêndoas, sendo que o desconhecimento de informações sobre estas oleaginosas, assim como de vários outros frutos tropicais, induz, na maioria das vezes, ao não aproveitamento destas matérias-primas de excelente qualidade (CAVALCANTE, 1996).

Oleaginosas são consideradas como alimento naturalmente funcional, promovendo a saúde. São isentas de colesterol e ricas em vitamina E, selênio, ácidos graxos essenciais, fosfolipídios, tocoferóis, fitosteróis, compostos fenólicos e carotenoides. Dentre as oleaginosas, as castanhas e nozes são saborosas, ricas em gorduras e calorias, mas se consumidas com moderação podem fazer parte de uma dieta saudável (ALASALVAR; SHAHIDI, 2008; SALAS-SALVADÓ et al., 2008).

As amêndoas das castanhas e nozes são excelentes fontes nutritivas apresentando uma composição química média em 100 g da fruta de 18,6 g de proteínas, 254 mg de cálcio, 475 mg de fósforo, 4,4 mg de ferro e 0,67 mg de vitamina B₂. Além disso, as amêndoas são ricas em gordura. Contêm, ainda, quantidades razoáveis de tiamina, riboflavina e niacina, e representam boas fontes de ferro e fósforo. Das amêndoas em combinação com outros cereais e frutas são produzidos inúmeros *snacks* processados que possuem grande aceitação pelos consumidores (GUTKOSKI et al., 2007; KORNSTEINER; WAGNER; ELMADFA, 2006; SOUZA; MENEZES, 2006).

A castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*, H. B. K.), também conhecida como castanha-do-pará, é um dos principais produtos da biodiversidade da Floresta Amazônica e considerada boa fonte de nutrientes, incluindo proteínas, fibras e selênio (SOUZA; MENEZES, 2008). A maior parte da castanha do Brasil destina-se

ao consumo *in natura*. Entretanto, a castanha do Brasil possui uma ampla cadeia de produtos e subprodutos, sendo recomendada como matéria-prima para extração de óleo, devido ao elevado conteúdo de lipídios (FREITAS et al., 2007; YANG, 2009).

A sapucaia, pertencente à família *Lecythidaceae*, gênero *Lecythis pisonis*, é uma espécie originária da Amazônia brasileira. As amêndoas são oleaginosas e apresentam coloração marrom-clara ou branca, são comestíveis, saborosas e muito apreciadas pelos animais silvestres, especialmente os macacos. São ricas em fósforo e o perfil de ácidos graxos do óleo desta castanha indica predominância de ácido linoléico que é um ácido graxo essencial. Contudo, ainda existem poucos dados científicos na literatura sobre os aspectos físicos do fruto e da amêndoa e do valor nutricional das amêndoas dessa espécie (SOUZA et al., 2008; VALLILO et al., 1999).

A espécie *Couepia edulis* Prance, conhecida vulgarmente como castanha de Cotia, pertence à família *Chrysobalanaceae*. A espécie é endêmica da região central da Amazônia. As amêndoas têm sabor similar ao da castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*), ainda que a textura seja um pouco mais branda, sendo esta uma espécie promissora, notadamente, pelo seu potencial na produção de óleo. A composição da amêndoa é constituída de óleo (73-74,1%), umidade (3,6%), proteínas (16,6%) e cinzas (2,7%) (CAVALCANTE, 1996; LEANDRO; YUYAMA, 2008; PESSOA; LEEUWEN, 2006).

A castanha-do-gurguéia (*Dipteryx lacunifera* Ducke), também conhecida como castanha-de-burro e gampara, é uma espécie nativa do Meio-Norte do Brasil e pouco conhecida na literatura especializada. Seu fruto é uma cápsula lenhosa e unilocular, de cor amarronzada, contendo em seu interior uma amêndoa alongada, marrom-escura e de sabor bastante agradável (CARVALHO et al., 2008; QUEIROGA NETO et al., 2009).

As nozes Pecã (*Carya illinoensis*) possuem elevado valor nutricional em proteínas, vitaminas, carboidratos e lipídios, são antioxidantes, ricos em fibras e contêm sódio livre (VILLARREAL-LOZOYA; LOMBARDINI; CISNEROS-ZEVALLOS, 2007). O consumo, mesmo que em pequenas quantidades, diariamente, pode evitar até 65% do risco de doenças cardiovasculares, melhorar o funcionamento intestinal, cerebral, pulmonar, entre outros. Estudos têm demonstrado que o consumo de noz Pecã pode melhorar o perfil lipídico humano, e reduzir os níveis da fração de

colesterol de lipoproteínas de baixa densidade (LDLc) por conter alto teor de ácidos graxos monoinsaturados, além de vitamina E (RAJARAM et al., 2009).

A noqueira (*Juglans regia* L, Juglandaceae) é nativa do sudeste da Europa, Ásia Menor, Índia e China. Algumas espécies de árvore noqueira já são cultivadas em toda a Europa, América do Norte, África do Norte e Leste da Ásia. Suas amêndoas apresentam componentes que podem ser benéficos para a saúde, incluindo proteínas vegetais, fibra alimentar, melatonina, esteróis vegetais, folato, taninos e polifenóis (ARRANZ; PÉREZ-JIMÉNEZ; SAURA-CALIXTO, 2008; PEREIRA et. al., 2008). Estes frutos estão recebendo um interesse crescente como um alimento saudável, pois seu consumo regular foi relatado para diminuir o risco de diversas doenças, como doenças cardiovasculares e diabetes tipo 2 (DAVIS et al., 2007).

O interesse nestas amêndoas aumentou nos últimos anos, tanto por causa da incessante busca por novos produtos e sabores exóticos, quanto pela produção e comercialização serem considerados uma boa maneira de aumentar a renda da população local, além de suprirem necessidades nutricionais da população de menor poder aquisitivo. Neste contexto, dados de composição centesimal são necessários como um indicador inicial do valor nutritivo dos produtos amazônicos (ROGEZ et al., 2004).

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo determinar a composição centesimal das castanhas do Brasil (*Bertholletia excelsa*), Sapucaia (*Lecythis pisonis*), Cotia (*Couepia edulis*) e Gurguéia (*Dipteryx lacunifera*) e das nozes Pecã (*Carya illinoensis*) e Noz (*Juglans regia*), assim como o potencial para a nutrição humana.

2. Material e métodos

2.1. Material

No presente trabalho foram utilizadas as castanhas do Brasil, Sapucaia, Cotia e Gurguéia e as nozes Pecã e Noz. As castanhas foram provenientes das regiões Norte e Nordeste do Brasil. Dois lotes de cada amostra foram adquiridos entre a safra 2009/2010. Os dois lotes das castanhas do Brasil foram provenientes da cidade de Rio Branco, no estado do Acre, entre os meses de julho e agosto de

2009. Já os lotes das castanhas Sapucaia foram coletados na cidade José de Freitas, no estado do Piauí, no mês de agosto de 2009. Os lotes das castanhas de Cotia foram adquiridos em Manaus, no estado do Amazonas, no mês de março de 2010. Coletou-se, da cidade de Bom Jesus do Gurguéia, no estado do Piauí, dois lotes da castanha do Gurguéia, no mês de setembro de 2009. Dentre as nozes, dois lotes de nozes Pecã foram provenientes da cidade de Austin, no estado do Texas - EUA, adquiridos nos meses de janeiro e abril de 2010, enquanto os dois lotes de Noz comum foram coletados no comércio local da cidade de São José do Rio Preto, estado de São Paulo, entre os meses de janeiro e fevereiro de 2010.

Imediatamente após o recebimento, as oleaginosas foram descascadas, selecionadas para remover sujidades provenientes das cascas e separadas as que sofreram injúrias. Em seguida foram secas por, aproximadamente, 72 horas, em bandejas, à temperatura ambiente para redução do teor de umidade até 10%. Os lotes de castanhas e nozes foram homogeneizados, embalados a vácuo, devidamente rotulados e armazenados sob refrigeração ($\pm 5^{\circ}\text{C}$) para análises posteriores.

2.2. Métodos

- Umidade, realizada em estufa a vácuo a 70°C e pesada a cada 2 horas, até a obtenção de peso constante, segundo o método Ca 2d-25 da AOCS (2009).
- Proteínas, através da análise de Kjeldahl de acordo com o método 984.13 AOAC (2005), sendo o teor de proteínas totais, em %, estimado utilizando fator de 6,25.
- Cinzas, quantificado por calcinação a 550°C de acordo com o método Ba 5a-49 AOCS (2009).
- Lipídios, determinado por extração com éter de petróleo a $40\text{-}60^{\circ}\text{C}$ utilizando um extrator Soxhlet por 6 horas, de acordo com o método Ai 3 75 AOCS (2009).
- Fibras, segundo o método proposto pela AOAC 985.29 (2005).
- Carboidratos totais, obtido por diferença, subtraindo-se de 100 as porcentagens de umidade, proteínas, cinzas, lipídios e fibras.
- Valor calórico, calculado utilizando fator de correção de 4 kcal/g para os teores de proteínas e carboidratos, e 9 kcal/g para lipídios.

2.3. *Análise estatística*

Os resultados obtidos das determinações analíticas, em triplicata, foram submetidos à análise de variância e as diferenças entre as médias foram testadas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey (BANZATTO; KRONKA, 2006), através do programa ESTAT, versão 2.0.

3. Resultados e discussão

A composição centesimal ou percentual exprime de forma geral, o valor nutritivo de um alimento e corresponde à proporção dos grupos homogêneos de substâncias presentes em 100 g do alimento considerado. Os grupos de substâncias considerados homogêneos são aqueles que se encontram em todos os alimentos, a saber: umidade, proteínas, cinzas, lipídios ou extrato etéreo, fibras e carboidratos totais, quando determinados por diferença (LIMA et al., 2006).

As análises de variância para os dados da composição centesimal dos óleos extraídos de castanhas e nozes indicaram diferença significativa ($p < 0,01$) para os tratamentos estudados (Apêndice 1), sendo, então, necessário proceder ao desdobramento dessa interação, cujos resultados encontram-se na Tabela 1.

Como pode ser observado, houve diferença significativa, pelo teste de Tukey, para os teores de umidade, proteínas, cinzas e lipídios para as oleaginosas, exceto com relação ao teor de proteínas para as nozes. Como esperado, as castanhas apresentaram em sua composição teores de 1,42 a 9,24% para umidade, enquanto as nozes exibiram teores de 2,27 e 2,65%. A castanha do Brasil foi a que apresentou menor teor de umidade (1,42%), valor inferior ao relatado por Yang (2009).

Baixo teor de umidade é importante para manter a qualidade e vida de prateleira das amêndoas, pois com a umidade baixa e, conseqüente, baixa atividade de água se tem uma redução na probabilidade de crescimento microbiano, na fermentação injustificada, na germinação prematura das amêndoas e também em muitos processos bioquímicos indesejáveis. Os resultados do teor de umidade das oleaginosas estudadas são consistentes com os relatados para as amêndoas, macadâmia, noz, pinhão e castanha do Brasil (VENKATACHALAM; SATHE, 2006).

Tabela 1 - Composição centesimal (%) em base úmida e valor calórico (kcal/100 g) de castanhas e nozes.

Oleaginosas	Umidade	Proteínas	Cinzas	Lipídios	Fibras*	Carboidratos totais**	Valor calórico
Castanhas							
Brasil	1,42 ± 0,02 ^e	16,67 ± 0,01 ^b	3,89 ± 0,02 ^a	65,03 ± 0,30 ^c	7,25 ^e	5,74	674,91
Sapucaia	2,89 ± 0,02 ^b	22,75 ± 0,05 ^a	3,88 ± 0,01 ^a	58,62 ± 0,09 ^d	5,98 ^f	5,87	642,06
Cotia	9,24 ± 0,08 ^a	7,34 ± 0,12 ^d	2,17 ± 0,01 ^c	68,89 ± 0,09 ^a	11,21 ^b	1,15	653,97
Gurguéia	2,11 ± 0,06 ^d	13,92 ± 0,02 ^c	2,42 ± 0,01 ^b	35,74 ± 0,06 ^e	12,94 ^a	32,87	508,82
Nozes							
Pecã	2,65 ± 0,04 ^c	14,97 ± 0,03 ^c	1,72 ± 0,01 ^d	65,73 ± 0,30 ^c	8,80 ^d	6,13	675,97
Noz	2,27 ± 0,03 ^d	14,85 ± 0,05 ^c	1,60 ± 0,02 ^e	68,03 ± 0,30 ^b	10,40 ^c	2,85	683,07

Valores médios ± erro padrão da média de determinações em triplicata seguidos pelas mesmas letras nas colunas não diferem pelo teste de Tukey (p > 0,05); *n = 2; **Calculado por diferença.

Quanto ao teor de proteínas presente nas oleaginosas verifica-se que as espécies estudadas são ricas fontes protéicas, sendo que o teor mais elevado foi encontrado na castanha Sapucaia (22,65%), seguido pelas castanhas do Brasil (16,67%) e Gurguéia (13,92%). A castanha de Cotia apresentou a menor quantidade desse macronutriente (7,34%), enquanto, as nozes evidenciaram uma porcentagem de proteínas relativamente superior, 14,97% para a noz Pecã e 14,85% para a Noz.

Yang (2009) encontrou teor de proteínas de 14,3% na castanha do Brasil, valor inferior ao determinado para esta castanha no presente estudo. O teor de proteínas encontrado na castanha do Gurguéia por Queiroga Neto et al. (2009) foi de 13,3%, enquanto que Alasalvar e Shahidi (2008) obtiveram teores de proteínas de 14,2; 8,3 e 14,3% para castanha do Brasil, noz Pecã e Noz, respectivamente. Em estudo realizado por Venkatachalam e Sathe (2006), dentre dez amêndoas comestíveis, os teores de proteínas oscilaram de 7,50 (noz Pecã) a 21,56% (amendoim). No entanto, em estudo realizado sobre a composição química da castanha portuguesa cultivada na Espanha foi observado uma variação considerável no teor de proteínas (1,4 a 9,6%), dependente do local de cultivo e cultivar (PEREIRA-LORENZO et al., 2006). O mesmo pôde ser observado por Amaral et al. (2003) ao analisar a composição de seis cultivares de nozes, onde o teor de proteínas oscilou entre 12,2 a 15,2%.

De acordo com a Tabela 1, houve diferença significativa para a porcentagem média de cinzas entre as quantidades encontradas nas castanhas e nozes, sendo este teor significativamente maior nas castanhas do que nas nozes. As castanhas do Brasil e Sapucaia obtiveram porcentagens de cinzas elevadas, 3,89 e 3,88%, respectivamente, já as nozes apresentaram menores porcentagens (1,60 e 1,72%), entre as oleaginosas estudadas. Como o teor de cinzas presente indica a quantidade de minerais que a amostra possui, então, pode-se concluir que as essas castanhas estudadas no presente trabalho são importantes fontes desses micronutrientes.

Os teores de cinzas apresentados pelas castanhas Sapucaia e Gurguéia estão próximos aos encontrado por Carvalho et al. (2008), com porcentagens de cinzas de 3,1 e 2,5%, respectivamente, enquanto Souza (2004) obteve teores de cinzas em castanha do Brasil de 3,84%.

Os teores de cinzas apresentados por Venkatachalam e Sathe (2006) para as amêndoas (2,48%), castanha do Brasil (3,28%), castanha de caju (2,66%), avelã

(2,03%), macadâmia (1,16%), pecã (1,88%), pistache (3,21%) e noz (1,82%) são próximos aos dados obtidos no presente estudo. Por outro lado, Alasalvar e Shahidi (2008) encontraram teores de cinzas de 1,49% para noz Pecã *in natura* e 1,56% para noz Pecã desidratada e torrada.

Pode-se inferir que a quantidade de lipídios oscilou entre as oleaginosas. Todas as castanhas e nozes estudadas mostraram-se importantes fontes de lipídios, com quantidades superiores a 35% desse macronutriente, tendo destaque a castanha de Cotia, que obteve o maior teor de matéria graxa com 68,89%. A castanha do Gurguéia apresentou menor quantidade de lipídios, apenas 35,74%, no entanto, as nozes Pecã e Noz também apresentaram quantidades importantes deste macronutriente, 65,73 e 68,03%, respectivamente.

O resultado obtido de teor de lipídio para a castanha de Cotia se aproxima do citado na literatura, 74,1% (LEANDRO; YUYAMA, 2008; PESSOA; LEEUWEN, 2006). Segundo Carvalho et al. (2008), as castanhas Sapucaia e Gurguéia apresentaram teores de lipídios de 64,0 e 41,9%, respectivamente. Tais valores estão acima dos encontrados para estas castanhas no presente estudo. Essas diferenças no teor lipídico se devem, provavelmente, à influência causada na composição do fruto pelo genótipo da espécie, condições de crescimento e interação entre genótipo e características ambientais. Estudo realizado com nozes comerciais de mercados irlandeses relatou teores de lipídios de 40,8; 49,2; 59,2; 37,9 e 50,8% para a amêndoa, avelã, macadâmia, amendoim e noz, respectivamente (MAGUIRE et al., 2004). Venkatachalam e Sathe (2006) selecionaram dez castanhas comestíveis e investigaram-nas quanto à composição lipídica, obtendo valores que oscilaram de 43,71%, para castanha de caju, a 66,71%, para a castanha do Brasil.

A fibra dietética ou fibra alimentar tem sido identificada como um importante componente de uma dieta saudável. É definida como componentes das células vegetais que resistem à digestão pelas enzimas digestivas dos seres humanos. Seu consumo tem sido associado a risco reduzido de doenças crônicas (LIU, 2007).

Pela Tabela 1, observa-se que tanto as castanhas quanto as nozes mostraram-se como importantes fontes de fibra alimentar total. Entre as castanhas, a que obteve maior porcentagem de fibras foi a castanha do Gurguéia (12,94%), seguida pela Cotia, Brasil e Sapucaia com 11,91; 7,25 e 5,98%, respectivamente. No

entanto, para as nozes, os teores de fibras foram de 8,80% para a Pecã e 10,40% para a Noz.

Alasalvar e Shahidi (2008) descreveram teores de fibras dietéticas totais na amêndoa (12,4%), castanha do Brasil (7,5%), avelã (6,5%), macadâmia (8,6%), noz pecã (9,6%), pistache (10,3%) e noz (6,7%) que se aproximam com os teores encontrados no presente estudo.

A castanha do Gurguéia apresentou a maior porcentagem de carboidratos totais com 32,87%, revelando-se como importante fonte desse macronutriente quando incluída na dieta. No entanto, a castanha de Cotia conteve menor quantidade de carboidratos totais com 1,15%. Entre as nozes, a que obteve maior teor de carboidratos totais foi a Pecã (6,13%), seguida pela Noz (2,85%).

O teor de carboidratos totais de castanhas e nozes varia consideravelmente, dependendo das condições de crescimento, maturação, cultivar e crescimento local das amêndoas. Alasalvar et al. (2003) obtiveram teor de carboidratos de 3,58% para avelãs Tombul, um cultivar da Turquia. Da mesma forma, Maskan e Karatas (1999) encontraram 13,5% de açúcar em pistaches cultivadas em Gazientep, na Turquia. Sze-Tao e Sathe (2000) encontraram teor de 15,93% de carboidratos totais, incluindo fibras, para a Noz.

Tanto as castanhas quanto as nozes estudadas podem constituir importante aporte energético, uma vez incluídas na dieta. Utilizando o fator de correção de 4 kcal/g para os teores de proteínas e carboidratos, e 9 kcal/g para lipídios, foi possível estimar o valor calórico das castanhas e nozes. Sendo assim, a quantidade de calorias foi maior nas nozes quando comparadas com as castanhas. A oleaginosa que forneceu maior aporte calórico foi a Noz, seguida pela noz Pecã que apresentaram 683,07 e 675,97 kcal/100 g, respectivamente. Nas castanhas do Brasil, Sapucaia, Cotia e Gurguéia, os valores calóricos foram de 674,91; 642,06; 653,97 e 508,82 kcal/100 g, respectivamente.

Amaral et al. (2006), caracterizando 19 cultivares de avelãs portuguesas, obtiveram valor calórico oscilando entre 664 a 722 kcal/100 g. Enquanto Amaral et al. (2003) encontraram, em 6 cultivares de nozes portuguesas, valor calórico entre 686 a 710 kcal/100 g.

O consumo de castanhas e nozes fornece quantidades importantes de todos os macronutrientes necessários para dieta humana, além de boa fonte energética.

Evidentemente estudos posteriores devem ser realizados com estas possíveis fontes alimentares, principalmente as mais desconhecidas, como as castanhas Sapucaia, Gurguéia e Cotia, no que diz respeito aos fatores tóxicos e antinutricionais.

4. Considerações finais

As castanhas e nozes analisadas mostraram-se bastante distintas em sua composição centesimal, porém constituíram fontes significativas de proteínas (7,34-22,75%), fibras (5,98-12,94%) e, principalmente, lipídios (35,74-68,89%), além de fonte de energia, sendo as castanhas e nozes uma fonte alternativa para produção de óleos vegetais comestíveis. As castanhas também apresentaram quantidade significativa de sais minerais, evidenciado pelo alto teor de cinzas, principalmente nas castanhas do Brasil e Sapucaia. A Sapucaia destacou-se, dentre as oleaginosas avaliadas, sendo, do ponto de vista protéico, a mais promissora como alimento, enquanto que as nozes mostraram-se boas fontes calóricas. Os aspectos nutricionais das castanhas e nozes avaliadas conferem características que podem torná-las competitivas com as principais amêndoas amplamente comercializadas no mercado nacional e internacional.

5. Referências bibliográficas

ALASALVAR, C.; SHAHIDI, F. **Tree nuts**: composition, phytochemicals and health effects. Boca Raton: CRC Press, 2008.

AMARAL, J. S. et al. Determination of sterol and fatty acid compositions, oxidative stability, and nutritional value of six walnut (*Juglans regia* L.) cultivars grown in Portugal. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, n. 26, p. 7698-7702, 2003.

AMARAL, J. S. et al. Characterization of several hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars based in chemical, fatty acid and sterol composition. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 222, n. 3, p. 274-280, 2006.

AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY (AOCS). **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**. Champaign, 2009.

ARRANZ, S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant capacity of walnut (*Juglans regia* L.): contribution of oil and defatted matter. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 227, n. 2, p. 425-431, 2008.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). **Official and tentative methods of the AOAC International**. Maryland, 2005.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 2006.

CARVALHO, M. G. C. et al. Avaliação dos parâmetros físicos e nutricionais de amêndoas de chichá, sapucaia e castanha-do-gurguéia. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 4, p. 517-523, 2008.

CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. 6. ed. Belém: CNPq; Museu Paraense Emílio Goeldi, 1996. 279 p. (Coleção Adolpho Ducke)

CONDIT, R. et al. Tropical tree alpha-diversity: results from a worldwide network of large plots. **Biologiske Skrifter**, Copenhagen, v. 55, n. 1, p. 565-582, 2005.

DAVIS, L. et al. The effects of high walnut and cashew nut diets on the antioxidant status of subjects with metabolic syndrome. **European Journal of Nutrition**, Berlin, v. 46, n. 3, p. 155-164, 2007.

FREITAS, S. P. et al. Extração e fracionamento simultâneo do óleo da castanha-do-Brasil com etanol. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, p. 14-17, 2007. Suplemento.

GUTKOSKI, L. C. et al. Desenvolvimento de barras de cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 355-363, 2007.

KORNSTEINER, M.; WAGNER, K. H.; ELMADFA, I. Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types. **Food Chemistry**, London, v. 98, n. 2, p. 381-387, 2006.

LEANDRO, R. C.; YUYAMA, K. Enraizamento de estacas de castanha-de-cutia com uso de ácido indolbutírico. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 38, n. 4, p. 597-602, 2008.

LIMA, D. M. et al. **Tabela brasileira de composição de alimentos - TACO**. 2. ed. Campinas: UNICAMP/NEPA, 2006. 114 p.

LIU, R. H. Whole grain phytochemicals and health. **Journal of Cereal Science**, London, v. 46, n. 3, p. 207-219, 2007.

MAGUIRE, L. S. et al. Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of walnuts, almonds, peanuts, hazelnuts and the macadamia nut.

International Journal Food Sciences and Nutrition, Abingdon, v. 55, n. 3, p. 171-178, 2004.

MASKAN, M.; KARATAS, S. Storage stability of whole-split pistachio nuts (*Pistachia vera* L.) at various conditions. **Food Chemistry**, London, v. 66, n. 2, p. 227-233, 1999.

PEREIRA, J. A. et al. Bioactive properties and chemical composition of six walnut (*Juglans regia* L.) cultivars. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 46, n. 6, p. 2103-2111, 2008.

PEREIRA-LORENZO, S. et al. Chemical composition of chestnut cultivars from Spain. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 107, n. 3, p. 306-314, 2006.

PESSOA, J. D. C.; LEEUWEN, J. V. Development of a shelling method to recover whole kernels of the cutia nut (*Couepia edulis*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 236-239, 2006.

QUEIROGA NETO, V. et al. *Dipteryx lacunifera* seed oil: characterization and thermal stability. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1601-1607, 2009.

RAJARAM, S. et al. Walnuts and fatty fish influence different serum lipid fractions in normal to mildly hyperlipidemic individuals: a randomized controlled study. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 89, n. 5, p. 1657-1663, 2009. Supplement.

ROGEZ, H. et al. Chemical composition of the pulp of three typical Amazonian fruits: araçá-boi (*Eugenia stipitata*), bacuri (*Platonia insignis*) and cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). **European Food Research Technology**, Berlin, v. 218, n. 4, p. 380-384, 2004.

SALAS-SALVADÓ, J. et al. The effect of nuts on inflammation. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, Melbourne, v. 17, n. 1, p. 333-336, 2008. Supplement.

SOUZA, M. L. Processamentos de amêndoa e torta de castanha-do-Brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 120-128, 2004.

SOUZA, M. L.; MENEZES, H. C. Avaliação sensorial de cereais matinais de Castanha-do-Brasil com mandioca extrusadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 950-955, 2006.

SOUZA, M. L.; MENEZES, H. C. Extrusão de misturas de castanha do Brasil com mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 451-462, 2008.

- SOUZA, V. A. B. et al. Características físicas de frutos e amêndoas e características químico-nutricionais de amêndoas de acessos de sapucaia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 946-952, 2008.
- SVENNING, J. C. et al. Ecological determinism in plant community structure across a tropical forest landscape. **Ecology**, Tempe, v. 85, n. 9, p. 2526-2538, 2004.
- SVENNING, J. C. et al. High tropical net diversification drives the New World latitudinal gradient in palm (*Arecaceae*) species richness. **Journal of Biogeography**, Oxford, v. 35, n. 3, p. 394-406, 2008.
- SZE-TAO, K. W. C.; SATHE, S. K. Walnuts (*Juglans regia* L): proximate composition, protein solubility, protein amino acid composition and protein *in vitro* digestibility. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 80, n. 9, p. 1393-1401, 2000.
- VALLILO, M. I. et al. *Lecythis pisonis* Camb. nuts: oil characterization, fatty acids and minerals. **Food Chemistry**, London, v. 66, n. 2, p. 197-200, 1999.
- VENKATACHALAM, M.; SATHE, S. K. Chemical composition of selected edible nut seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 54, n. 13, p. 4705-4714, 2006.
- VILLARREAL-LOZOYA, J. E.; LOMBARDINI, L.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Phytochemical constituents and antioxidant capacity of different pecan [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] cultivars. **Food Chemistry**, London, v. 102, n. 4, p. 1241-1249, 2007.
- YANG, J. Brazil nuts and associated health benefits: a review. **Food Science and Technology**, Wädenswil, v. 42, n. 1, p. 1573-1580, 2009.

Apêndice

Apêndice 1 - Análises de variância para umidade, proteínas, cinzas, lipídios e fibras.

Causas de Variação	G.L.	Quadrados médios				
		Umidade	Proteínas	Cinzas	Lipídios	Fibras
Tratamentos	5	32,5136**	64,7923**	3,1776**	485,4260**	13,3688**
Resíduo	12	0,0046	0,0046	0,0005	0,0689	0,025
Desvio Padrão		0,068	0,0678	0,0224	0,42626	0,1581
Coef. de Variação (%)		1,89	0,44	0,86	0,43	1,68

**teste significativo ($p < 0,01$).

CAPÍTULO 3

Caracterização dos óleos extraídos de castanhas e nozes

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar óleos extraídos de castanhas do Brasil (*Bertholletia excelsa*), Sapucaia (*Lecythis pisonis*), Gurguéia (*Dipteryx lacunifera*) e das nozes Pecã (*Carya illinoensis*) e Noz (*Juglans regia*), visando a possível utilização para fins alimentícios. Os óleos foram extraídos das oleaginosas por prensagem a frio. A caracterização físico-química dos óleos foi realizada por meio de métodos analíticos padrões para óleos e gorduras. Foram avaliados o teor de ácidos graxos livres, índice de acidez, de peróxidos, de iodo, de refração, de saponificação e matéria insaponificável. A estabilidade oxidativa foi determinada com Rancimat, a 100°C e fluxo de ar de 20 L/h. O perfil de ácidos graxos foi determinado por cromatografia gasosa a partir das amostras transesterificadas com hidróxido de potássio metanólico e n-hexano. As determinações analíticas, em triplicata, foram submetidas a análises de variância e testes de Tukey para médias a 5% empregando o programa ESTAT versão 2.0. De acordo com os resultados, as propriedades físico-químicas dos óleos extraídos das castanhas e nozes foram comparáveis às de óleos convencionais de boa qualidade, o que foi evidenciado pelos baixos teores de ácidos graxos livres e índice de peróxidos e consideráveis índices de estabilidade oxidativa. Quanto à composição em ácidos graxos, os óleos das nozes se mostraram mais insaturados, com aproximadamente 90% de insaturação, enquanto os óleos das castanhas revelaram-se mais saturados, com destaque para o óleo da castanha do Brasil com 24% destes ácidos graxos.

Palavras-chave: oleaginosas, caracterização físico-química, estabilidade oxidativa, composição em ácidos graxos.

Abstract

This study aimed to characterize oils extracted from Brazil nut (*Bertholletia excelsa*), Sapucaia nut (*Lecythis pisonis*), Gurguéia nut (*Dipteryx lacunifera*), Pecan nuts (*Carya illinoensis*) and walnut (*Juglans regia*), to the possible use for food. The oils were extracted from oilseeds by cold pressing. The physicochemical characterization of the oils was performed using standard methods for oils and fats. They evaluated the content of free fatty acids, acid value, peroxide, iodine, refraction, saponification and unsaponifiable matter. The oxidative stability was determined by Rancimat, 100°C and airflow of 20 L/h. The fatty acid profile was determined by gas chromatography from samples transesterified with potassium hydroxide, methanol and n-hexane. The analytical determinations, in triplicate, were subjected to analysis of variance and Tukey test for average of 5% using the ESTAT program version 2.0. According to the results, the physicochemical properties of oils extracted from nuts and walnuts were comparable to those of conventional oils of good quality, which was evidenced by low levels of free fatty acids and peroxide value and considerable levels of oxidative stability. As for the fatty acid composition, the oils of the Pecan nut and walnut were more unsaturated, with approximately 90% of unsaturation, while the oils of the nuts have been more saturated, especially the Brazil nut oil with 24% of these from saturated fatty acid.

Keywords: oilseeds, physico-chemical, oxidative stability, fatty acid composition.

1. Introdução

Óleos vegetais são vastamente consumidos em todo o mundo por serem fontes de energia e ácidos graxos essenciais e agirem como veículo para vitaminas lipossolúveis, além disso, são responsáveis pela palatabilidade, sabor e textura de alimentos, substituem a gordura de origem animal e podem ser obtidos por meio de várias espécies vegetais (IQBAL; BHANGER, 2007).

Desta forma, os óleos vegetais são a maior fonte de óleos comestíveis, além de se constituírem como importante matéria-prima para as indústrias química, farmacêutica e alimentícia. Aliado a isto, o consumo mundial de óleos vegetais cresce à taxa de 4,8% ao ano, devido ao aumento populacional e às demandas por biodiesel. Tendo em conta as restrições na oferta de óleo em cada mercado, a demanda mundial crescente por óleo para uso alimentar impulsionou o crescimento da produção de oleaginosas com alto teor de óleo (AMARAL, 2009).

Nos últimos anos o mercado mundial de óleos vegetais tem se caracterizado pelo crescimento mais acentuado na demanda em relação à oferta. Entre os anos de 2009 e 2010 houve aumento de 19,32% de exportações de soja dos Estados Unidos para a China, além do mais, há a estimativa que em 2011 os Estados Unidos exportem 42,7 milhões de toneladas do produto para o mundo, totalizando um aumento de 41 milhões de toneladas de soja/ano. Enquanto que as exportações brasileiras de oleaginosas devem passar de 26% do total mundial em 2010 a 35% em 2019 (USDA, 2010).

Embora o óleo mais consumido no Brasil seja o óleo de soja, a demanda de óleos vegetais com composição especial, monoinsaturados e poli-insaturados, vem aumentando nos últimos anos. Os óleos de girassol, oliva, palma, fibras de milho, peixes marinhos e linhaça têm tido seu valor comercial bastante aumentado, devido à presença dos componentes especiais, os quais caracterizam esses óleos como alimentos funcionais. Assim, os óleos vegetais podem conter ácidos graxos essenciais e teores significantes de outros compostos bioativos como tocoferóis, compostos fenólicos, fitosteróis e carotenoides (ETTINGER, 2010).

Devido a essa característica funcional, a introdução de óleos vegetais na dieta traz excelentes benefícios ao organismo, auxiliando na prevenção de doenças cardiovasculares, na manutenção de níveis saudáveis do colesterol, melhorando a função cerebral, combatendo os radicais livres e outras disfunções. Além disso, os

óleos vegetais constituem importantes fontes de ácidos graxos essenciais (CAHOON; SCHMID, 2008), dos quais o organismo necessita para suas funções básicas e não podem ser produzidos a partir de outras substâncias do organismo ou outros ácidos graxos, sendo suprido somente pela dieta (ARRANZ; PÉREZ-JIMÉNEZ; SAURA-CALIXTO, 2008; HARRIS, 2008; LAVIE, 2009).

Neste contexto encontram-se as castanhas e nozes que são consideradas como alimento naturalmente funcional, promovendo a saúde, pois apresentam quantidades insignificantes de colesterol e são ricas em outros nutrientes importantes. Contêm macronutrientes (lipídios, proteínas e carboidratos), micronutrientes (vitaminas e minerais, como vitamina E, selênio, manganês, magnésio, zinco, ácido fólico e cobre) além de ácidos graxos essenciais, fosfolipídios, tocoferóis, fitosteróis, e fitoquímicos (ácidos fenólicos, carotenoides, flavonoides) (ALASALVAR; SHAHIDI, 2008; SALAS-SALVADÓ et al., 2008).

Porém, há poucos estudos sobre a composição dos óleos extraídos destas oleaginosas. Assim, a caracterização dos óleos extraídos de castanhas e nozes contribuirá na identificação da fração lipídica para que possam ser utilizados por indústrias alimentícias. A obtenção de dados referentes à composição de alimentos brasileiros tem sido estimulada com o objetivo de reunir informações atualizadas, confiáveis e adequadas à realidade nacional.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo determinar, nos óleos extraídos das castanhas do Brasil (*Bertholletia excelsa*), Sapucaia (*Lecythis pisonis*), Gurguéia (*Dipteryx lacunifera*) e das nozes Pecã (*Carya illinoensis*) e Noz (*Juglans regia*), as características físico-químicas, estabilidade oxidativa e composição em ácidos graxos, visando uma possível utilização para fins alimentícios ou industriais.

2. Material e métodos

2.1. Material

No presente trabalho foram utilizadas as castanhas do Brasil, Sapucaia e Gurguéia e as nozes Pecã e Noz. As castanhas foram provenientes das regiões Norte e Nordeste do Brasil. Dois lotes de cada amostra foram adquiridos entre a safra 2009/2010. Os dois lotes das castanhas do Brasil foram provenientes da cidade de Rio Branco, no estado do Acre, entre os meses de julho e agosto de 2009.

Já os lotes das castanhas Sapucaia foram coletados na cidade José de Freitas, no estado do Piauí, no mês de agosto de 2009. Coletou-se, da cidade de Bom Jesus do Gurguéia, no estado do Piauí, os dois lotes da castanha do Gurguéia, no mês de setembro de 2009. Dois lotes de nozes Pecã foram provenientes da cidade de Austin, no estado do Texas - EUA, adquiridos nos meses de janeiro e abril de 2010, enquanto os dois lotes de Noz comum foram coletados no comércio local da cidade de São José do Rio Preto, estado de São Paulo, entre os meses de janeiro e fevereiro de 2010.

Imediatamente após o recebimento, as oleaginosas foram descascadas, selecionadas para remover sujidades provenientes das cascas e separadas as que sofreram injúrias. Em seguida foram secas por, aproximadamente, 72 horas, em bandejas, à temperatura ambiente para redução do teor de umidade (abaixo de 10%). Os lotes de castanhas e nozes foram homogeneizados, acondicionados, em embalagens a vácuo, devidamente rotulados e armazenados sob refrigeração ($\pm 5^{\circ}\text{C}$).

Os óleos foram obtidos por meio de processo físico de extração a frio por prensa hidráulica Tecnal, Modelo TE-098, em temperatura ambiente, e com pressão inicial de 3 e final de 12 toneladas. Depois foram acondicionados em vidro âmbar, inertizados com nitrogênio gasoso e armazenados em freezer (-18°C) para análises posteriores.

2.2. Métodos

- Ácidos graxos livres, expressos como ácido oleico, pelo método Cd 3d-63 da AOCS (2009).
- Índice de acidez, expresso em mg NaOH/g, calculado multiplicando-se a quantidade de ácidos graxos livres por 1,99 (ROSSELL, 1986).
- Índice de peróxidos, expressos em milequivalentes de oxigênio ativo contidos em um quilograma de óleo, conforme método Cd 8b-90 proposto pela AOCS (2009).
- Índice de iodo, calculado a partir da composição em ácidos graxos, de acordo com o método Cd 1c-85 AOCS (2009).
- Índice de refração, de acordo com o método Cc 7-25 AOCS (2009). A leitura foi feita na escala que resulta diretamente o índice de refração absoluto a 40°C .

- Índice de saponificação, definido pela quantidade em miligramas de hidróxido de potássio necessária para saponificar um grama de óleo ou gordura, segundo método Cd 3c-91 AOCS (2009).
- Matéria insaponificável, que corresponde à quantidade total de substâncias dissolvidas nos óleos e gorduras, que após saponificação com álcalis são insolúveis em solução aquosa, mas solúveis em solventes, de acordo com o método Ca 6b-53 AOCS (2009).
- Índice de estabilidade oxidativa, conforme método Cd 12b-92 proposto pela AOCS (2009) utilizando o Rancimat a 100°C, com fluxo de ar de 20 L/h, 3 g de amostra e volume de água destilada de 60 mL nos frascos contendo os eletrodos.
- Composição de ácidos graxos, por cromatografia gasosa a partir das amostras transesterificadas com hidróxido de potássio metanólico e n-hexano, segundo método Ce 2-66 da AOCS (2009). Foi utilizado um cromatógrafo gasoso equipado com detector de ionização de chama, sistema de injeção *split* de aproximadamente 1:30 e amostrador automático. Os compostos foram separados em coluna capilar de sílica fundida CP-Sil 88 de 60 m de largura, com diâmetro interno de 0,25 mm e espessura de filme de 0,20 µm. A temperatura inicial da coluna foi de 90°C (durante quatro minutos) e programada para alcançar 195°C com incremento de 10°C/min, sendo, então, mantida em isoterma por 16 minutos. A temperatura do injetor foi de 230°C e a do detector de 250°C. O gás de arraste foi o hidrogênio. Os ácidos graxos foram identificados de acordo com os tempos de retenção e a quantificação foi feita por normalização da área (%). Utilizou-se como padrão uma mistura composta de 37 ésteres metílicos de ácidos graxos (Supelco, Bellefonte, USA), de C4:0 a C24:1, com pureza entre 99,1 e 99,9%.

2.3. *Análise estatística*

Os resultados obtidos das determinações analíticas, em triplicata, foram submetidos à análise de variância e as diferenças entre as médias foram testadas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey (BANZATTO; KRONKA, 2006), por meio do programa ESTAT, versão 2.0.

3. Resultados e discussão

Para avaliar a interação entre os tratamentos, foi realizada a análise de variância, Apêndice 1, para os dados da caracterização físico-química e estabilidade oxidativa dos óleos extraídos de castanhas e nozes. Como observado, o teste F foi significativo ($p < 0,01$) para os tratamentos estudados, sendo, então, necessário proceder ao desdobramento dessa interação, cujos resultados estão apresentados na Tabela 1.

A porcentagem de ácidos graxos livres e o índice de acidez estão relacionados com o desenvolvimento de reações hidrolíticas no óleo. É comumente utilizada uma simples relação entre estes dois parâmetros: índice de acidez = 0,503% dos ácidos graxos livres (ROSSELL, 1986). A Comissão do *Codex Alimentarium Commission* (2009) determina como parâmetro de qualidade para óleos brutos uma acidez máxima de 4,0 mg KOH/g, enquanto que a Resolução RDC nº 270 da ANVISA determina para óleos refinados o máximo de 0,6 mg KOH/g (BRASIL, 2005). Nos óleos analisados, observou-se índice de acidez entre 0,29 a 0,88 mg NaOH/g, apresentando valores bem abaixo dos permitidos para óleos brutos, indicando a boa qualidade dos mesmos.

Os óleos das castanhas do Brasil, Sapucaia e o da noz Pecã não diferiram de forma significativa, sendo estes os que obtiveram menores índices de ácidos graxos livres evidenciando matérias-primas de melhor qualidade. O teor de ácidos graxos livres encontrado no óleo da Noz foi, significativamente, superior aos das castanhas. No entanto, todas as oleaginosas apresentaram baixas porcentagens de ácidos graxos livres, o que indica o baixo desenvolvimento de reações hidrolíticas nestes óleos.

Em óleos extraídos de castanha do Brasil, Ferreira et al. (2006) obtiveram baixos valores de índice de acidez (0,207 mg KOH/g) e ácidos graxos livres (0,104%), indicando um mínimo grau de lipólise desenvolvida nestes óleos devido à atividade enzimática. Queiroga Neto et al. (2009) analisaram o óleo da castanha do Gurguéia, obtendo valores de ácidos graxos livres de 0,6%, superior ao encontrado no presente trabalho.

Tabela 1 - Composição físico-química dos óleos de castanhas e nozes.

Característica	Brasil	Sapucaia	Gurguéia	Pecã	Noz
Ácidos graxos livres (%)	0,15 ± 0,01 ^c	0,16 ± 0,01 ^c	0,19 ± 0,01 ^b	0,15 ± 0,01 ^c	0,44 ± 0,01 ^a
Índice de acidez (mg NaOH/g)	0,29 ± 0,02 ^c	0,31 ± 0,02 ^c	0,39 ± 0,02 ^b	0,30 ± 0,02 ^c	0,88 ± 0,02 ^a
Índice de peróxidos (meq/kg)	11,34 ± 0,14 ^a	0,27 ± 0,02 ^c	0,72 ± 0,05 ^b	0,30 ± 0,06 ^c	0,90 ± 0,02 ^b
Índice de iodo (g I ₂ /100 g)	103,36 ± 0,11 ^c	100,36 ± 0,32 ^c	79,22 ± 0,16 ^d	119,12 ± 0,19 ^b	153,32 ± 0,13 ^a
Índice de refração (40°C)	1,4642 ± 0,0004 ^c	1,4643 ± 0,0002 ^c	1,4617 ± 0,0002 ^d	1,4667 ± 0,0002 ^b	1,4698 ± 0,0002 ^a
Índice de saponificação (mg KOH/g)	189,63 ± 0,18 ^a	188,83 ± 0,38 ^{ab}	182,10 ± 0,80 ^d	187,13 ± 0,29 ^c	187,57 ± 0,31 ^{bc}
Matéria insaponificável (%)	0,19 ± 0,01 ^e	0,32 ± 0,01 ^d	0,53 ± 0,01 ^a	0,41 ± 0,01 ^b	0,38 ± 0,01 ^c
Estabilidade oxidativa (horas)	12,23 ± 0,14 ^c	24,89 ± 0,24 ^a	8,24 ± 0,05 ^d	17,88 ± 0,31 ^b	6,55 ± 0,07 ^e

Valores médios ± erro padrão da média de determinações em triplicata seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem pelo teste de Tukey (p > 0,05).

A medida do índice de peróxidos em óleos é utilizada como um indicador dos estágios iniciais de oxidação lipídica. A Comissão do *Codex Alimentarium Commission* (2009) estipula para óleos refinados e brutos valores máximos de índice de peróxidos de 10 e 15 meq/kg, respectivamente. Todos os óleos analisados apresentaram índices de peróxidos abaixo de 15 meq/kg, estando dentro dos padrões para óleos brutos. Os menores índices de peróxidos foram obtidos para os óleos de castanha Sapucaia (0,27 meq/kg) e Noz (0,30 meq/kg) e o maior para o óleo de castanha do Brasil (11,34 meq/kg), sendo significativamente superior aos demais óleos. O elevado índice de peróxidos encontrado neste óleo pode ser explicado pelo fato destas castanhas terem ficado mais expostas à ação da luz e oxigênio durante comercialização, fatores esses que aceleram o processo de oxidação e formação de peróxidos.

O índice de peróxidos obtido para o óleo de castanha do Gurguéia (0,72 meq/kg) foi inferior ao valor de 2,8 meq/kg, citado por Queiroga Neto et al. (2009). No entanto, Vanhanen e Savage (2006), analisando óleo industrializado de nozes, encontraram valor de índice de peróxidos de 0,97 meq/kg.

De acordo com os dados obtidos, o índice de iodo dos óleos das nozes foi significativamente superior aos dos óleos das castanhas. Houve diferença significativa entre todas as oleaginosas estudadas, exceto entre as castanhas do Brasil e Sapucaia. Assim como o índice de refração, o índice de iodo também é uma medida do grau de insaturação do óleo. Entre as nozes, o óleo da Noz obteve maior índice de iodo (153,32 g I₂/100 g) e entre as castanhas destacaram-se os óleos das castanhas do Brasil e Sapucaia com 103,36 g I₂/100 g. Sze-tao e Sathe (2000) encontraram índice de iodo para o óleo da Noz de 147,5 g I₂/100 g, e Queiroga Neto et al. (2009) obtiveram para o óleo da castanha do Gurguéia índice de iodo de 113,4 g I₂/100 g, enquanto Chaves et al. (2004) relataram índice de iodo de 66,3 g I₂/100 g para a amêndoa de Chichá.

O baixo índice de iodo do óleo das castanhas indica tratar-se de óleos mais saturados, o que diminui a propensão à oxidação lipídica durante o aquecimento. Conforme o valor do índice de iodo, os óleos vegetais podem ser classificados em secativos (índice de iodo maior que 130 g I₂/100 g), semi-secativos (índice de iodo de 115 a 130 g I₂/100 g) e não-secativos (índice de iodo menor que 115 g I₂/100 g). Os óleos conhecidos como secativos são aqueles tipicamente insaturados, capazes

de formar um filme elástico pela absorção de oxigênio do ar, enquanto que, os não secativos apresentam uma quantidade maior de ácidos saturados e não são capazes de formar filme em contato com o ar. Exemplos de óleos secativo, semi-secativo e não-secativo são os óleos de soja, milho e oliva, respectivamente (VAN DE MARK; SANDEFUR, 2005). Assim, de acordo com os índices de iodo obtidos, o óleo da Noz é classificado como secativo, o óleo da noz Pecã como semi-secativo e os óleos de todas as castanhas analisadas como não-secativos.

Com relação ao índice de refração, os valores encontrados diferiram significativamente entre as castanhas e nozes, exceto entre os óleos das castanhas do Brasil e Sapucaia. Entre os óleos das castanhas, os que se destacaram quanto ao índice de refração foram Sapucaia (1,4643) e Brasil (1,4642), seguido pelo óleo da Gurguéia (1,4467). Queiroga Neto et al. (2009) encontraram índice de refração de 1,4593 a 40°C para o óleo da castanha do Gurguéia. O óleo da amêndoa de Chichá (*Sterculia striata*) apresentou índice de refração de 1,4650 (CHAVES et al., 2004), semelhante ao obtido pelos óleos das castanhas do Brasil e Sapucaia. Para as nozes, o óleo com índice de refração mais elevado foi o da Noz (1,4698), seguido pela noz Pecã (1,4667). Estes valores são consistentes com os encontrados para óleos convencionais como algodão (1,458-1,466), milho (1,465-1,468) e soja (1,466-1,470) (CODEX ALIMENTARIUM COMMISSION, 2009).

O índice de saponificação é inversamente proporcional a massa molecular média dos ácidos graxos dos acilgliceróis presentes, ou seja, um índice de saponificação elevado indica ácidos graxos de massas moleculares baixas e vice-versa. Conforme Tabela 1, pode-se notar que apenas o índice de saponificação da castanha do Gurguéia diferiu significativamente das demais oleaginosas. Nos óleos extraídos de castanhas e nozes verificou-se menor índice de saponificação para a castanha do Gurguéia (182,10 mg KOH/g) e maior índice para a castanha do Brasil (189,63 mg KOH/g). O óleo da castanha do Gurguéia obteve índice de saponificação muito próximo ao encontrado por Queiroga Neto et al. (2009) para essa mesma castanha, cujo valor foi de 178,9 mg KOH/g. O óleo da castanha do Brasil apresentou índice de saponificação inferior ao reportado por Ferreira et al. (2006), cujo estudo apontou índice de 198,58 mg KOH/g.

De acordo com a Comissão do *Codex Alimentarius Commission* (2009), os valores de índice de saponificação dos óleos das castanhas e nozes analisadas

neste trabalho estão dentro do intervalo de índice de saponificação para óleos vegetais convencionais como girassol (182-194 mg KOH/g), milho (187-195 mg KOH/g) e soja (189-195 mg KOH/g).

Com relação ao teor de matéria insaponificável, as porcentagens encontradas diferiram significativamente entre as castanhas e nozes. O menor teor foi obtido para óleo da castanha do Brasil (0,19%), seguido dos óleos da castanha Sapucaia (0,32%), Noz (0,38%), Pecã (0,41%) e castanha do Gurguéia (0,53%).

Kornsteiner, Wagner e Elmadfa (2006) estudaram as características dos óleos de diferentes castanhas e nozes, reportando teores de matéria insaponificável desde 0,27% para o óleo da avelã até 0,52% para castanha do Brasil, enquanto que os óleos da Noz e da noz Pecã continham 0,33 e 0,38%, respectivamente.

Pela Comissão do *Codex Alimentarium Commission* (2009), o limite máximo de matéria insaponificável para os óleos de girassol, soja, coco e algodão é de 1,5%. Já para os óleos de canola e uva, 2% e para o óleo de milho, 2,8%. Tendo por bases esses valores, todos os óleos analisados corroboram com valor aceito para óleos comestíveis.

A estabilidade oxidativa é um importante parâmetro para avaliar as possíveis aplicações dos óleos em alimentos e outros produtos comerciais. A Tabela 1 mostra os índices médios de estabilidade oxidativa, expressos em horas, obtidos para óleos das castanhas e nozes estudadas. Entre os óleos das castanhas houve diferença significativa para a estabilidade oxidativa, sendo o de maior período de indução o óleo da castanha Sapucaia (24,89 horas), seguido pelos das castanhas do Brasil e Gurguéia, com 12,23 e 8,24, respectivamente. Para as nozes, a estabilidade oxidativa dos óleos também diferiu significativamente. O óleo da noz Pecã apresentou a maior estabilidade oxidativa, com 17,88 horas, enquanto o óleo da Noz obteve 6,55 horas.

Souza et al. (2007) determinaram a estabilidade oxidativa do óleo de macadâmia e pistache, utilizando Rancimat com fluxo de ar de 10 L/h e temperatura de 110°C, obtendo valores de 22,9 e 30,2 horas, respectivamente, enquanto que Wall (2010) reportou em óleos de cultivares de macadâmia, porém com temperatura de 130°C, valores entre 6,59 e 9,35 horas. Sob as condições de 110°C de temperatura e fluxo de ar de 20 L/h, Arain et al. (2009) constataram um período de indução de 7,12 horas para o óleo de algodão. Em estudo realizado com óleo de

soja refinado adicionado de extrato de limão, utilizando o Rancimat com fluxo de ar de 20L/h e 100°C, a estabilidade oxidativa encontrada foi de 13,1 horas para o óleo de soja (LUZIA; JORGE, 2009). Amaral et al. (2006) caracterizando o óleo de 19 cultivares de avelãs portuguesas, obtiveram estabilidade oxidativa, sob as mesmas condições de estudo, oscilando entre 8,9 e 16,3 horas. Com relação aos óleos analisados neste trabalho o óleo da castanha Sapucaia apresentou maior estabilidade oxidativa que os demais óleos, apresentando boa estabilidade quanto à vida de prateleira.

As análises de variância para os dados da composição em ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados dos óleos extraídos de castanhas e nozes estão apresentadas no Apêndice 2. Como observado, o teste F foi significativo ($p < 0,01$) para os tratamentos estudados, sendo necessário proceder ao desdobramento dessa interação, cujos resultados estão apresentados na Tabela 2.

A qualidade e digestibilidade de óleos vegetais comestíveis são determinadas pela quantidade e composição em ácidos graxos insaturados. Conforme a Tabela 2, elevadas quantidades de ácidos graxos insaturados foram encontradas em todos os óleos analisados com porcentagens que variaram entre 75,34% (castanha do Brasil) e 90,82% (noz Pecã). O elevado grau de insaturação favorece seu uso para fins comestíveis, desde que comprovada a ausência de substâncias tóxicas ou alergênicas, ou como matéria-prima para as indústrias farmacêutica e oleoquímica.

Comparando-se a relação entre o total de ácidos graxos saturados e insaturados analisados neste trabalho com os citados por Borges et al. (2007) para óleos convencionais como amendoim, milho e soja, verificou-se que os óleos da castanha do Brasil (1/3,05), Sapucaia (1/3,82) e Gurguéia (1/3,45) encontram-se entre os óleos de amendoim (1/2,8) e soja (1/5,7) e os das nozes Pecã (1/9,90) e Noz (1/9,10) se aproximam mais ao óleo de milho (1/6,7).

Souza et al. (2007) avaliaram o perfil de ácidos graxos de óleos extraídos de pistache e macadâmia e encontraram relações ácidos graxos saturados e insaturados de 1/9,12 e 1/5,08, respectivamente.

Tabela 2 - Composição em ácidos graxos (%) dos óleos de castanhas e nozes.

Óleos	AGS	AGM	AGP	SAT/INS
Castanhas				
Brasil	24,66 ± 0,06 ^a	31,12 ± 0,02 ^d	44,22 ± 0,04 ^c	1/3,05
Sapucaia	20,76 ± 0,20 ^c	39,07 ± 0,08 ^c	40,18 ± 0,11 ^d	1/3,82
Gurguéia	22,45 ± 0,10 ^b	65,77 ± 0,08 ^a	11,78 ± 0,02 ^e	1/3,45
Nozes				
Pecã	9,17 ± 0,06 ^e	45,86 ± 0,10 ^b	44,96 ± 0,10 ^b	1/9,90
Noz	9,90 ± 0,04 ^d	15,73 ± 0,03 ^e	74,38 ± 0,02 ^a	1/9,10

AGS: ácidos graxos saturados; AGM: ácidos graxos monoinsaturados; AGP: ácidos graxos poli-insaturados; SAT/INS: relação entre ácidos graxos saturados e insaturados; Valores médios ± erro padrão da média de determinações em triplicata seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Foi realizada a análise de correlação entre os índices analíticos, refração, iodo e saponificação e o perfil de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados dos óleos estudados. Os coeficientes de correlação estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Coeficiente de correlação entre os parâmetros índice de refração (IR), índice de iodo (II), índice de saponificação (IS) e composição em ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados.

Ácidos graxos	II	IR	IS
Saturados	- 0,78*	- 0,84*	- 0,06
Monoinsaturados	- 0,85*	- 0,81*	- 0,76*
Poli-insaturados	0,97*	0,95*	0,65

*significativo ($p < 0,05$).

Coerentemente, obteve-se correlação significativa entre o índice de iodo e as quantidades de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados. Observou-se que um aumento na porcentagem de ácidos graxos monoinsaturados e saturados foi acompanhado por uma diminuição do índice de iodo.

O índice de refração correlacionou-se significativamente com as quantidades de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados. Embora o índice

de refração seja dependente do comprimento da cadeia dos ácidos graxos constituintes do óleo, a dependência da quantidade e tipo de insaturação é maior (ROSSELL, 1986). Assim, o aumento da saturação do óleo causa uma diminuição do índice de refração.

O índice de saponificação não apresentou correlação significativa com a composição de ácidos graxos saturados e poli-insaturados, no entanto, correlacionou-se significativamente com os ácidos graxos monoinsaturados.

Desta forma, as melhores correlações encontradas foram entre a composição de ácidos graxos poli-insaturados e os índices de iodo e refração.

4. Considerações finais

As propriedades físico-químicas dos óleos extraídos a frio de castanhas e nozes foram comparáveis às de óleos convencionais de boa qualidade, o que foi evidenciado pelos baixos teores de ácidos graxos livres, acidez e índice de peróxidos, inferindo baixa degradação hidrolítica e oxidativa, além de consideráveis índices de estabilidade oxidativa. Quanto aos índices de iodo e refração, conclui-se que os óleos extraídos das castanhas são mais saturados quando comparados com os óleos extraídos das nozes, com destaque para o óleo da castanha do Gurguéia. De acordo com o índice de saponificação, foi observado que o óleo da Gurguéia também apresentou ácidos graxos de alta massa molecular.

Os óleos extraídos de nozes evidenciaram maiores quantidades de ácidos graxos insaturados, além de menor valor na relação entre ácidos graxos saturados e insaturados, quando comparados com os extraídos das castanhas.

Analisando a composição e as propriedades gerais dos óleos obtidos de castanhas e nozes, pode-se verificar possíveis potenciais para o uso dos mesmos tanto em alimentos como nas indústrias química, farmacêutica e cosmética. Tal fato pode agregar valor a produtos derivados destes óleos aumentando as fontes viáveis de matéria-prima e diminuindo o desperdício.

5. Referências bibliográficas

ALASALVAR, C.; SHAHIDI, F. **Tree nuts**: composition, phytochemicals and health effects. Boca Raton: CRC Press, 2008.

AMARAL, D. F. **Desmistificando o programa nacional de produção e uso do biodiesel**: a visão da indústria brasileira de óleos vegetais. São Paulo: Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais, 2009. 21p.

AMARAL, J. S. et al. Characterization of several hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars based in chemical, fatty acid and sterol composition. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 222, n. 3, p. 274-280, 2006.

AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY (AOCS). **Official and tentative methods of the American Oil Chemists' Society**: including additions and revisions. 6. ed. Champaign, 2009.

ARAIN, S. et al. Oxidative stability assessment of *Bauhinia purpurea* seed oil in comparison to two conventional vegetable oils by differential scanning calorimetry and Rancimat methods. **Thermochimica Acta**, Amsterdam, v. 484, n. 1-2, p.1-3, 2009.

ARRANZ, S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant capacity of walnut (*Juglans regia* L.): contribution of oil and defatted matter. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 227, n. 2, p. 425-431, 2008.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 2006.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC n. 270, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 23 set. 2005.

BORGES, S. V. et al. Chemical composition of umbu (*Spondias Tuberosa* Arr. Cam) seeds **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 49-52, 2007.

CAHOON, E. B.; SCHMID, K. M. Metabolic engineering of the content and fatty acid composition of vegetable oils. In: BOHNERT, H.; NGUYEN, H.; LEWIS, N. (Ed.). **Bioengineering and molecular biology of plant pathways**. Burlington: Elsevier, 2008. p. 159-198. (Advances in Plant Biochemistry and Molecular Biology, 1)

CHAVES, M. H. et al. Caracterização química do óleo da amêndoa de *Sterculia striata* St. Hil. et Naud. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 404-408, 2004.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Codex-Stan 210**: codex standard for named vegetable oils. Rome, 2009.

ETTINGER, S. Macronutrientes: carboidratos, proteínas e lipídeos. In: MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. (Ed.). **Alimentos, nutrição & dietoterapia**. 12. ed. São Paulo: Roca; 2010.

- FERREIRA, E. S. et al. Caracterização físico-química da amêndoa, torta e composição dos ácidos graxos majoritários do óleo bruto da castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 17, n. 2, p. 203-208, 2006.
- HARRIS, W. S. The omega-3 index as a risk factor for coronary heart disease. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 87, n. 6, p. 1997-2002, 2008.
- IQBAL, S.; BHANGER, M. I. Stabilization of sunflower oil garlic extract during accelerated storage. **Food Chemistry**, London, v. 100, n. 1, p. 246-254, 2007.
- KORNSTEINER, M.; WAGNER, K. H.; ELMADFA, I. Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types. **Food Chemistry**, London, v. 98, n. 2, p. 381-387, 2006.
- LAVIE, C. J. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and cardiovascular diseases. **Journal of the American College of Cardiology**, New York, v. 54, n. 7, p. 585-594, 2009.
- LUZIA, D. M. M.; JORGE, N. Oxidative stability and alpha-tocopherol retention in soybean oil with lemon seed extract (*Citrus Limon*) under thermoxidation. **Natural Product Communications**, Westerville, v. 4, n. 11, p. 1553-1556, 2009.
- QUEIROGA NETO, V. et al. *Dipteryx lacunifera* seed oil: characterization and thermal stability. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1601-1607, 2009.
- ROSSELL, J. B. Classical analysis of oils and fats. In: HAMILTON, R. J.; ROSSELL, J. B. (Ed.) **Analysis of oils and fats**. London: Elsevier Applied Science, 1986. p. 1-90.
- SALAS-SALVADÓ, J. et al. The effect of nuts on inflammation. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, Melbourne, v. 17, n. 1, p. 333-336, 2008. Supplement.
- SZE-TAO, K. W. C.; SATHE, S. K. Walnuts (*Juglans regia* L): proximate composition, protein solubility, protein amino acid composition and protein *in vitro* digestibility. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 80, n. 9, p. 1393-1401, 2000.
- SOUZA, D. F. S. et al. Estabilidade oxidativa dos óleos de macadâmia e de pistache. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 25, n. 1, p. 141-156, 2007.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Oilseeds**: world markets and trade. 2010. Available from: <www.fas.usda.gov/>. Access in: 09 dez. 2010.

VAN DE MARK, M. R.; SANDEFUR, K. Vegetable oils in paint and coatings. In: ERHAN, S. Z. **Industrial uses of vegetable oils**. Champaign: AOCS Press, 2005. p. 143-162.

VANHANEN, L. P.; SAVAGE, G. P. The use of peroxide value as a measure of quality for walnut flour stored at five different temperatures using three different types of packaging. **Food Chemistry**, London, v. 99, n. 1, p. 64-69, 2006.

WALL, M. M. Functional lipid characteristics, oxidative stability, and antioxidant activity of macadamia nut (*Macadamia integrifolia*) cultivars. **Food Chemistry**, London, v. 121, n. 1, p. 1103-1108, 2010.

Apêndices

Apêndice 1 - Análises de variância para teor de ácidos graxos livres (AGL), índices de acidez (IA), de peróxidos (IP), de iodo (II), de refração (IR), de saponificação (IS), matéria insaponificável (MI) e estabilidade oxidativa (EO).

Causas de Variação	G.L.	Quadrados médios							
		AGL	IA	IP	II	IR	IS	MI	EO
Tratamentos	4	0,0480**	0,1897**	70,0841**	2237,4345**	0,0001**	25,9727**	0,0460**	169,0618**
Resíduo	10	0,0001	0,0003	0,0111	0,0385	0,0000	0,3587	0,0000	0,0764
Desvio Padrão		0,0092	0,01833	0,1000	0,1962	0,0004	0,5989	0,006	0,2763
Coef. de Variação (%)		4,22	4,2	3,89	0,18	0,2	0,32	1,63	1,98

**teste significativo ($p < 0,01$).

Apêndice 2 - Análises de variância para composição em ácidos graxos saturados (AGS), monoinsaturados (AGM) e poli-insaturados (AGP).

Causas de Variação	G.L.	Quadrados médios		
		AGS	AGM	AGP
Tratamentos	4	138,5192**	571,7342**	1255,8603**
Resíduo	10	0,0169	0,0066	0,0092
Desvio Padrão		0,1299	0,0815	0,0961
Coef. de Variação (%)		0,83	0,21	0,23

**teste significativo ($p < 0,01$).

Compostos bioativos nos óleos extraídos de castanhas e nozes

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar os óleos extraídos das castanhas do Brasil (*Bertholletia excelsa*), Sapucaia (*Lecythis pisonis*), Gurguéia (*Dipteryx lacunifera*) e das nozes Pecã (*Carya illinoensis*) e Noz (*Juglans regia*) visando possível utilização para fins alimentícios. Os óleos foram extraídos das oleaginosas por prensagem a frio. O perfil de ácidos graxos foi determinado por cromatografia gasosa a partir das amostras transesterificadas com hidróxido de potássio metanólico e n-hexano. Os ácidos graxos foram identificados de acordo com os tempos de retenção e a quantificação foi feita por normalização da área (%). A composição de tocoferóis foi realizada em cromatografia líquida de alta eficiência, com detector de fluorescência. Os valores das concentrações foram calculados com base na área dos picos de emissão fluorescente da leitura e expressos em valores de cada isômero, em mg/kg. Os compostos fenólicos totais foram determinados por espectrofotometria, utilizando reagente de Folin-Ciocalteu e curva padrão de ácido gálico, cujos valores foram expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico por grama de amostra. De acordo com os resultados, quanto à composição em ácidos graxos, os óleos extraídos das nozes mostraram-se mais insaturados, com cerca de 90% de insaturação, quando comparados com os das castanhas. No entanto, os ácidos palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1 n-9), linoleico (C18:2 n-6) e araquídico (C20:0) foram quantificados em todos os óleos analisados. Além disso, os óleos apresentaram relevante teor de compostos fenólicos totais e constituem-se fonte viável de vitamina E e γ -tocoferol, com exceção do óleo extraído da castanha do Gurguéia. Desta forma, os óleos extraídos das castanhas e nozes, por conterem compostos bioativos, em quantidades relevantes, podem ser utilizados na alimentação humana ou utilizados por indústrias alimentícias, farmacêuticas e cosméticas.

Palavras-chave: óleos vegetais, oleaginosas, perfil de ácidos graxos, compostos fenólicos, tocoferóis.

Abstract

This study aimed to characterize the oil extracted from Brazil nut (*Bertholletia excelsa*), Sapucaia nut (*Lecythis pisonis*), Gurguéia nut (*Dipteryx lacunifera*), Pecan nut (*Carya illinoensis*) and walnut (*Juglans regia*) seeking possible use for food. The oils were extracted from oil by cold pressing. The fatty acid profile was determined by gas chromatography from samples transesterified with potassium hydroxide, methanol and n-hexane. Fatty acids were identified according to retention times and quantification was done by normalization of area (%). The composition of tocopherols was performed at high efficiency liquid chromatography with fluorescence detection. The concentration values were calculated based on the area of peak fluorescent emission of reading and expressed in values of each isomer in mg/kg. The total phenolics were determined spectrophotometrically using the Folin-Ciocalteu reagent and gallic acid standard curve, whose values were expressed as milligrams of gallic acid equivalent per gram of sample. According to the results, as the fatty acid composition of oils extracted from Pecan nut and walnut were more unsaturated, with about 90% of unsaturation compared with nuts. However, palmitic (C16:0), stearic (C18:0), oleic (C18:1 n-9), linoleic (C18:2 n-6) and arachidic (C20:0) acid were quantified in all oils analyzed. Moreover, the oils showed significant content of phenolic compounds and constitute a viable source of vitamin E and γ -tocopherol, with the exception of oil extracted from the Gurguéia nut. Thus, the oil extracted from oilseeds, because they contain bioactive compounds in relevant quantities can be used in food and/or used by food, pharmaceutical and cosmetic industries.

Keywords: vegetable oils, oilseeds, fatty acid profile, phenolic compounds, tocopherols.

1. Introdução

O Brasil possui um grande número de espécies florestais nativas, sendo que os frutos de algumas delas revelaram-se boas fontes de nutrientes, como por exemplo, a castanha Sapucaia (*Lecythis pisonis* Camb.) (NOGUEIRA; CERQUEIRA; SOARES, 2010). Com isso, nos últimos anos tem crescido a pesquisa e a produção de frutos e sementes oleaginosas, tanto para a indústria oleoquímica como para a alimentícia, que absorvem a maioria dos óleos obtidos de fontes naturais (AMARAL, 2009).

No entanto, também vem sendo observado um crescente interesse no estudo de alimentos que desempenhem mais que a função puramente nutritiva, ou seja, apresentem atividades funcionais, tais como prevenir ação de radicais livres, dislipidemias, hipertensão, entre outros. Na composição destes alimentos encontram-se os compostos bioativos que, mesmo em pequenas quantidades, podem exercer efeitos preventivos em distúrbios fisiológicos (SIRÓ et al., 2008).

Os óleos vegetais podem conter ácidos graxos essenciais e teores significantes de outros compostos bioativos tais como compostos fenólicos, tocoferóis, fitosteróis e carotenoides (ETTINGER, 2010), contribuindo para a prevenção de doenças cardiovasculares através de diversos mecanismos que podem ser atribuídos aos seus efeitos antioxidantes que protegem as biomoléculas da ação dos radicais livres (ARRANZ; PÉREZ-JIMÉNEZ; SAURA-CALIXTO, 2008).

Ácidos graxos essenciais para o organismo humano são os ácidos linoleico (C18:2, n-6) e α -linolênico (C18:3, n-3), nos quais a primeira dupla ligação está situada a seis e a três carbonos, respectivamente, do grupo metila inicial. Esses dois ácidos graxos são compostos que dão origem a outros ácidos graxos biologicamente ativos, como ácidos araquidônico, eicosapentaenoico (EPA) e docosahexaenoico (DHA). Os ácidos graxos poli-insaturados n-3 e n-6 diminuem a concentração de lipoproteínas de baixa densidade - LDL no sangue, sendo que os ácidos graxos n-3 parecem também reduzir os níveis de triglicerídios plasmáticos (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2010; SALAS-SALVADÓ et al., 2008).

Os tocoferóis estão presentes de forma natural na maioria dos óleos vegetais. Existem quatro tipos: α -, β -, γ -, e δ -tocoferol, sendo o α -tocoferol o mais abundante nos alimentos e o de maior atividade biológica como vitamina E. A

atividade antioxidante dos tocoferóis se deve principalmente à sua capacidade de doar seus hidrogênios fenólicos aos radicais livres lipídicos, inibindo a oxidação. Contudo, tem sido notado que a atividade dos tocoferóis *in vitro* depende também de muitas outras possíveis reações paralelas que são drasticamente afetadas pelas suas concentrações, temperatura e luz, tipo de substrato e por outras espécies químicas atuando como pró-oxidante e sinergista no sistema (ADHIKARI et al., 2008; LIU, 2007).

Os compostos fenólicos se destacam por sua ação antioxidante, inibindo a peroxidação lipídica e a lipoxigenase *in vitro*. Estes compostos desempenham um papel importante, agindo tanto na etapa de iniciação como na propagação do processo oxidativo. Antioxidantes fenólicos funcionam como sequestradores de radicais livres, doando um átomo de hidrogênio a um radical lipídico, e algumas vezes como quelantes de metais (HUNG et al., 2009; PYRZYNSKA; BIESAGA, 2009).

Os alimentos de origem vegetal constituem uma das principais fontes de compostos biologicamente ativos e de ácidos graxos poli-insaturados. Dentre eles, as oleaginosas, em especial as castanhas, são alvos de estudos a fim de elucidar a composição de suas amêndoas e óleos.

As castanhas e nozes são fontes de fibras (1,75 g de fibra solúvel por 100 g de nozes) e compostos bioativos, incluindo compostos fenólicos (taninos, ácido elágico e curcumina), flavonoides (luteolina, quercetina, miricetina, campeferol e resveratrol), isoflavonas (genisteína e daidzeína), terpenos, compostos organosulfurosos e tocoferóis. O amendoim é rico em folato, resveratrol e vários outros flavonoides enquanto a castanha de caju apresenta o alquifenol em abundância (YANG; LIU; HALIM, 2009). Além do mais, os compostos fenólicos se fazem presentes em maiores, e os carotenoides em menores quantidades nestas oleaginosas. A quantidade presente de compostos fenólicos e flavonoides é maior nas nozes Pecã e nos amendoins, enquanto as isoflavonas, lignanas e fitoestrógenos são mais presentes no pistache quando comparados com as demais oleaginosas (ALASALVAR; SHAHIDI, 2008).

Portanto, é de grande importância, o estudo e caracterização dos óleos extraídos de oleaginosas ainda pouco exploradas, especialmente quanto à presença

de compostos bioativos, favorecendo seu uso por indústrias farmacêuticas e alimentícias.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo determinar, nos óleos extraídos das castanhas do Brasil (*Bertholletia excelsa*), Sapucaia (*Lecythis pisonis*), Gurguéia (*Dipteryx lacunifera*) e das nozes Pecã (*Carya illinoensis*) e Noz (*Juglans regia*), o perfil de ácidos graxos, compostos fenólicos e teores de tocoferóis, visando uma possível utilização para fins alimentícios ou industriais.

2. Material e métodos

2.1. Material

No presente trabalho foram utilizadas as castanhas do Brasil, Sapucaia e Gurguéia e as nozes Pecã e Noz. As castanhas foram provenientes das regiões Norte e Nordeste do Brasil. Dois lotes de cada amostra foram adquiridos entre a safra 2009/2010. Os dois lotes das castanhas do Brasil foram provenientes da cidade de Rio Branco, no estado do Acre, entre os meses de julho e agosto de 2009. Já os lotes das castanhas Sapucaia foram coletados na cidade José de Freitas, no estado do Piauí, no mês de agosto de 2009. Coletou-se, da cidade de Bom Jesus do Gurguéia, no estado do Piauí, os dois lotes da castanha do Gurguéia, no mês de setembro de 2009. Dois lotes de nozes Pecã foram provenientes da cidade de Austin, no estado do Texas - EUA, adquiridos nos meses de janeiro e abril de 2010, enquanto os dois lotes de Noz comum foram coletados no comércio local da cidade de São José do Rio Preto, estado de São Paulo, entre os meses de janeiro e fevereiro de 2010.

Imediatamente após o recebimento, as oleaginosas foram descascadas, selecionadas para remover sujidades provenientes das cascas e separadas as que sofreram injúrias. Em seguida foram secas por, aproximadamente, 72 horas, em bandejas, à temperatura ambiente para redução do teor de umidade (abaixo de 10%). Os lotes de castanhas e nozes foram homogeneizados, acondicionados, em embalagens a vácuo, devidamente rotulados e armazenados sob refrigeração ($\pm 5^{\circ}\text{C}$).

Os óleos foram obtidos por meio de processo físico de extração a frio por prensa hidráulica Tecnal, Modelo TE-098, em temperatura ambiente, e com pressão

inicial de 3 e final de 12 toneladas. Depois foram acondicionados em vidro âmbar, inertizados com nitrogênio gasoso e armazenados em freezer (-18°C) para análises posteriores.

2.2. Métodos

- Perfil de ácidos graxos, por cromatografia gasosa a partir das amostras transesterificadas com hidróxido de potássio metanólico e n-hexano, segundo método Ce 2-66 da AOCS (2009). Foi utilizado um cromatógrafo gasoso equipado com detector de ionização de chama, sistema de injeção *split* de aproximadamente 1:30 e amostrador automático. Os compostos foram separados em coluna capilar de sílica fundida CP-Sil 88 de 60 m de largura, com diâmetro interno de 0,25 mm e espessura de filme de 0,20 µm. A temperatura inicial da coluna foi de 90°C (durante quatro minutos) e programada para alcançar 195°C com incremento de 10°C/min, sendo, então, mantida em isoterma por 16 minutos. A temperatura do injetor foi de 230°C e a do detector de 250°C. O gás de arraste foi o hidrogênio. Os ácidos graxos foram identificados de acordo com os tempos de retenção e a quantificação foi feita por normalização da área (%). Utilizou-se como padrão uma mistura composta de 37 ésteres metílicos de ácidos graxos (Supelco, Bellefonte, USA), de C4:0 a C24:1, com pureza entre 99,1 e 99,9%.
- Composição de tocoferóis foi determinada pelo método AOCS Ce 8-89 (2009). A análise foi realizada em cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), com detector de fluorescência. Os valores das concentrações foram calculados em base da área dos picos de excitação da leitura e expressos em valores de cada isômero separadamente.
- Atividade de vitamina E, representada como equivalente de α -tocoferol, foi calculada utilizando-se fator de correção 1,0 para o teor de α -tocoferol, enquanto as concentrações de β - e γ -tocoferol foram multiplicadas por 0,25 e para a quantidade de δ -tocoferol foi utilizada o fator de correção 0,01. Os isômeros β -, γ - e δ - tocoferóis foram calculados com menor fator de correção, afim de, evitar a supervalorização do equivalente de α -tocoferol (KORNSTEINER; WAGNER; ELMADFA, 2006).
- Compostos fenólicos totais, por espectrofotometria utilizando reagente de Folin-Ciocalteu e curva padrão de ácido gálico conforme método descrito por Singleton

e Rossi (1965). Este método baseia-se na redução dos ácidos fosfomolibdico e fosfotúngstico em solução alcalina, e é o mais utilizado para a determinação de compostos fenólicos totais em alimentos. A cor azul produzida pela redução do reagente de Folin-Ciocalteu pelos fenólicos foi medida espectrofotometricamente, no comprimento de onda de 765 nm e os resultados expressos em mg de equivalentes de ácido gálico por grama de óleo (mg EAG/g). A extração dos compostos fenólicos foi realizada de acordo com o método proposto por Parry et al. (2005).

2.3. Análise estatística

Os resultados obtidos das determinações analíticas, em triplicata, foram submetidos à análise de variância e as diferenças entre as médias foram testadas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey (BANZATTO; KRONKA, 2006), por meio do programa ESTAT, versão 2.0.

3. Resultados e discussão

O Apêndice 1 apresenta a análise de variância para os dados da composição em ácidos graxos saturados, monoinsaturados, poli-insaturados e compostos fenólicos totais dos óleos extraídos de castanhas e nozes. Como observado, o teste F foi significativo ($p < 0,01$) para os tratamentos estudados. Dessa forma, procedeu-se ao desdobramento dessa interação, cujos resultados encontram-se na Tabela 1.

É possível observar que os ácidos graxos majoritários identificados foram o palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1 n-9) e linoleico (C18:2 n-6), sendo que nos óleos das castanhas do Brasil e Sapucaia esses ácidos graxos perfizeram um total de aproximadamente 99%, seguido pela noz Pecã (97,42%), castanha de Gurguéia (92,89%) e, por fim, Noz (86,92%).

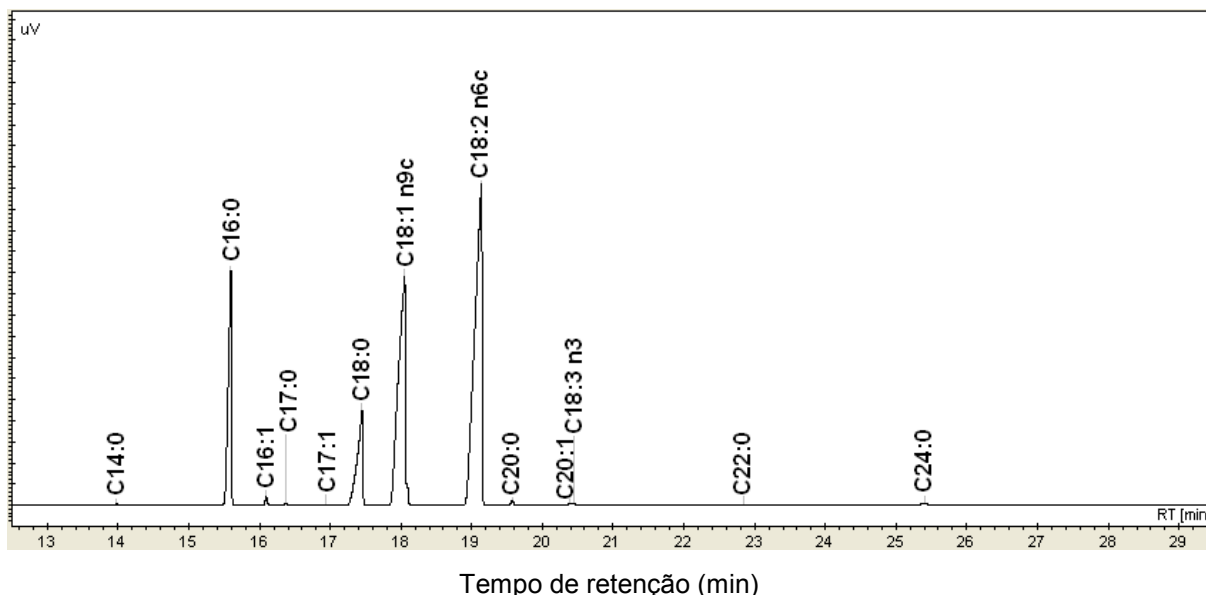
Esses ácidos graxos também foram majoritários em óleos extraídos das castanhas do Brasil (CHUNHIENG et al., 2004) e Sapucaia (VALLILO et al., 1998), totalizando 99,4% em ambos estudos, e na Noz totalizando 85% (PEREIRA et al., 2008).

Tabela 1 - Perfil de ácidos graxos (%) dos óleos das castanhas e nozes.

Ácidos Graxos	Brasil	Sapucaia	Gurguéia	Pecã	Noz
C16:0	14,32 ± 0,05	14,49 ± 0,24	12,99 ± 0,14	7,10 ± 0,03	6,90 ± 0,05
C18:0	9,77 ± 0,01	5,84 ± 0,04	5,11 ± 0,12	1,84 ± 0,02	2,84 ± 0,01
C20:0	0,25 ± 0,01	0,22 ± 0,01	2,49 ± 0,01	tr	tr
C22:0	tr	tr	1,62 ± 0,03	tr	tr
Saturados	24,66 ± 0,06 ^a	20,76 ± 0,20 ^b	22,45 ± 0,10 ^c	9,17 ± 0,06 ^e	9,90 ± 0,04 ^d
C16:1	tr	0,21 ± 0,01	0,13 ± 0,01	tr	tr
C18:1 n9c	30,75 ± 0,02	38,82 ± 0,08	65,59 ± 0,08	45,75 ± 0,04	15,66 ± 0,03
Monoinsaturados	31,12 ± 0,02 ^d	39,07 ± 0,08 ^c	65,77 ± 0,08 ^a	45,86 ± 0,04 ^b	15,73 ± 0,03 ^e
C18:2 n6c	44,2 ± 0,03	39,93 ± 0,11	9,20 ± 0,02	42,73 ± 0,10	61,52 ± 0,01
C18:3 n3	tr	0,24 ± 0,01	2,59 ± 0,01	2,18 ± 0,01	12,71 ± 0,02
Poli-insaturados	44,22 ± 0,04 ^c	40,18 ± 0,11 ^d	11,78 ± 0,02 ^e	44,96 ± 0,10 ^b	74,38 ± 0,02 ^a
Outros	0,71 ± 0,02	0,25 ± 0,01	0,28 ± 0,01	0,40 ± 0,01	0,37 ± 0,01
OLE/LIN*	1/1,44	1/1,03	1/0,14	1/0,93	1/3,93
SAT/INS**	1/3,05	1/3,82	1/3,45	1/9,90	1/9,10

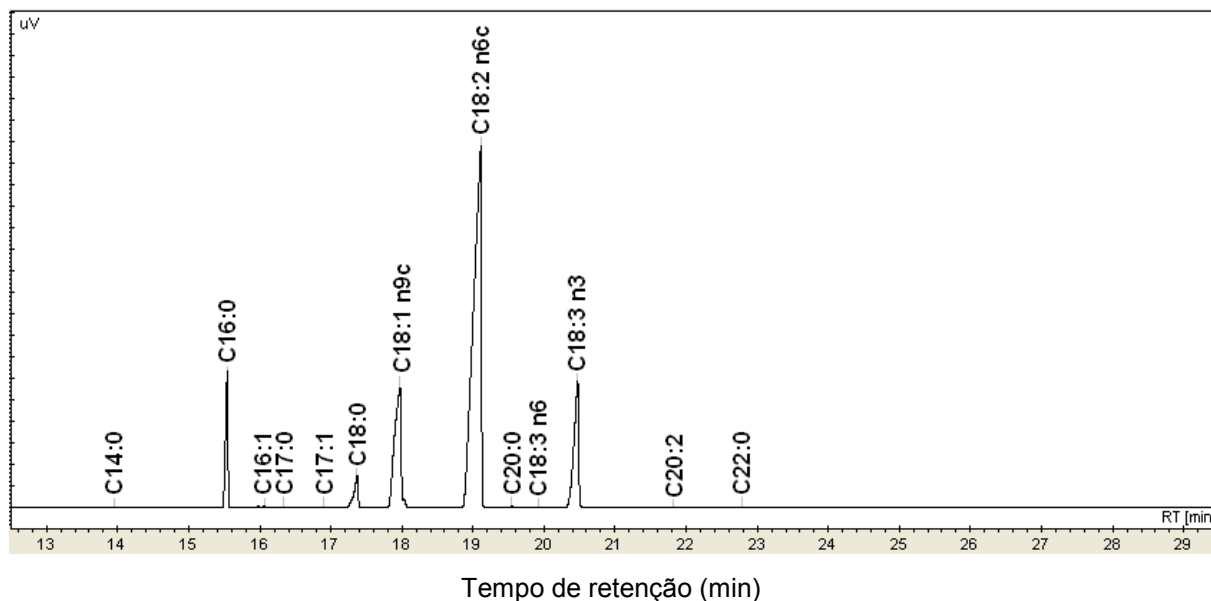
Palmítico (C16:0); Esteárico (C18:0); Araquídico (20:0); Behênico (C22:0); Palmitoleico (C16:1); Oleico (C18:1 n9c); Linoleico (C18:2 n6c); α-linolênico (C18:3 n3). Valores médios ± erro padrão da média de determinações em triplicata seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem pelo teste de Tukey (p > 0,05); tr: porcentagem < 0,1; *Relação entre o total de ácidos oleico e linoleico; **Relação entre o total de ácidos graxos saturados e insaturados.

Dentre os ácidos graxos saturados, o ácido palmítico (C16:0) foi predominante em todos os óleos, tendo destaque as castanhas do Brasil e Sapucaia com aproximadamente 14%, seguido pelo ácido esteárico (C18:0). Este resultado é coerente com o fato de que o ácido palmítico é o ácido graxo saturado mais abundante nos lipídios vegetais, sendo o ácido esteárico menos comum. Embora o ácido araquídico (C20:0) tenha sido encontrado em todos os óleos analisados, as concentrações foram baixas, desde traços nos óleos das nozes Pecã e Noz a 2,49% no óleo da castanha do Gurguéia. No entanto, o ácido behênico (C22:0) foi encontrado em concentração significativa somente no óleo da castanha do Gurguéia com 1,62%. As Figuras 1 e 2 ilustram cromatogramas do perfil de ácidos graxos dos óleos extraídos da castanha do Brasil e Noz, respectivamente.



Mirístico (C14:0); Palmítico (C16:0); Palmitoleico (C16:1); Heptadecanoico (C17:0); cis-10-heptadecenoico (C17:1); Esteárico (C18:0); Oleico (C18:1 n9c); Linoleico (C18:2 n6c); Araquídico (C20:0); cis-11-eicosenoico (C20:1); α -linolênico (C18:3 n3); Behênico (C22:0); Lignocérico (C24:0).
Condições cromatográficas: coluna capilar de sílica fundida CP-Sil 88 (60 m x 0,25 mm x 0,20 μ m); temperatura do injetor: 230°C; razão de divisão da amostra 1:30; programação de temperatura da coluna: 90°C por 4 min, 10°C/min até 195°C, 195°C por 16 min; detector de ionização de chama (250°C); gás de arraste: hidrogênio (fluxo de 30 mL/min).

Figura 1 - Cromatograma de análise, por cromatografia gasosa, de ácidos graxos do óleo da castanha do Brasil.



Mirístico (C14:0); Palmítico (C16:0); Palmitoleico (C16:1); Heptadecanoico (C17:0); cis-10-heptadecenoico (C17:1); Estearico (C18:0); Oleico (C18:1 n9c); Linoleico (C18:2 n6c); Araquídico (C20:0); γ-linolênico (C18:3 n6); α-linolênico (C18:3 n3); cis-11,14-eicosadienoico (C20:2); Behênico (C22:0).

Condições cromatográficas: coluna capilar de sílica fundida CP-Sil 88 (60 m x 0,25 mm x 0,20 μm); temperatura do injetor: 230°C; razão de divisão da amostra 1:30; programação de temperatura da coluna: 90°C por 4 min, 10°C/min até 195°C, 195°C por 16 min; detector de ionização de chama (250°C); gás de arraste: hidrogênio (fluxo de 30 mL/min).

Figura 2 - Cromatograma de análise, por cromatografia gasosa, de ácidos graxos do óleo da Noz.

Apenas o óleo de castanha do Gurguéia apresentou como ácido graxo principal o ácido oleico (C18:1 n-9) com 65,59%. Queiroga Neto et al. (2009) também verificaram, em óleo extraído de castanha do Gurguéia, o ácido oleico como majoritário com 65,1%, seguido pelos ácidos linoleico e palmítico com 14,1 e 10,3%, respectivamente.

A presença de ácido linoleico em teores adequados é fundamental do ponto de vista nutricional, uma vez que se trata de um ácido graxo essencial (EL-ADAWY; TAHA, 2001). Conforme a Tabela 1, os maiores valores de ácido linoleico comparados ao oleico foram obtidos para os óleos da Noz, castanhas do Brasil e Sapucaia que apresentaram relações ácido oleico/linoleico de 1/3,93, 1/1,44 e 1/1,03, respectivamente.

Esses dados estão em concordância com estudo realizado em Noz por Pereira et al. (2008), que obtiveram relações ácido oleico/linoleico de 1/4,04 a 1/2,74, e por Yang (2009) em castanha do Brasil com relação de 1/1,47.

Comparando-se a relação entre o total de ácidos graxos saturados e insaturados analisados neste trabalho com os citados por Borges et al. (2007) para óleos comuns como amendoim, milho e soja, verificou-se que os óleos das castanhas do Brasil (1/3,05), Sapucaia (1/3,82) e Gurguéia (1/3,45) aproximaram-se mais ao óleo de amendoim (1/2,8) e os das nozes Pecã (1/9,90) e Noz (1/9,10) ao óleo de milho (1/6,7). Enquanto, Souza et al. (2007) avaliaram o perfil de ácidos graxos de óleos extraídos de pistache e macadâmia e encontraram relações ácidos graxos saturados e insaturados de 1/9,12 e 1/5,08, respectivamente.

A qualidade e digestibilidade de óleos vegetais comestíveis são determinadas pela quantidade e composição em ácidos graxos insaturados. Conforme a Tabela 1, elevadas quantidades de ácidos graxos insaturados foram encontradas em todos os óleos analisados com porcentagens que variaram entre 75,34% (castanha do Brasil) e 90,82% (noz Pecã). O ácido linoleico (C18:2 n-6) foi predominante nos óleos da castanha do Brasil (44,2%) e noz Pecã (42,73%) e Noz (61,52%). Tal fato também foi encontrado por Yang (2009).

Com relação ao ácido graxo α -linolênico (C18:3 n-3), os óleos da castanha do Gurguéia, noz Pecã e Noz foram os que apresentaram maiores porcentagens com 2,59; 2,18 e 12,71%, respectivamente. Nos demais óleos, verificou-se valor de 0,24% para o óleo da castanha Sapucaia, enquanto que no óleo da castanha do Brasil verificou-se apenas traços de ácido α -linolênico. Levando em consideração a porcentagem desse ácido graxo em óleos convencionais como girassol (0,3%), milho (2%) e soja (4,5-11%) (CODEX ALIMENTARIUM COMMISSION, 2009), o óleo da Noz apresenta quantidade considerável de ácido α -linolênico. No entanto, quando comparado a óleos de sementes de amora (19,5%), mirtilo (25,1%) e framboesa (32,4%), analisados por Parry et al. (2005), a porcentagem de 12,71% é considerada baixa.

Queiroga Neto et al. (2009) verificaram porcentagens de ácido α -linolênico de 0,3% em óleos de castanha do Gurguéia, valor inferior ao encontrado neste estudo. Chaves et al. (2004), estudando a castanha Chichá (*Sterculia striata*), constataram valor de 0,3% deste ácido graxo, valor similar ao encontrado por Vallilo

et al. (1998) para o óleo extraído da castanha Sapucaia. A porcentagem de ácido α -linolênico encontrada no presente trabalho foi superior às obtidas por Liu et al. (2007) e Yang (2009) em óleos de Noz, 12,11 e 11,58%, respectivamente).

As análises de variância para os dados da composição de tocoferóis dos óleos das castanhas e nozes estão apresentadas no Apêndice 2. Como observado, o teste F foi significativo ($p < 0,01$) para todos os tratamentos, sendo então necessário proceder ao desdobramento, cujos resultados se encontram na Tabela 2.

Os tocoferóis apresentam atividade antioxidante *in vivo* e *in vitro*. Nos óleos vegetais, protegem os ácidos graxos insaturados da oxidação lipídica, e no organismo humano apresentam atividade biológica de vitamina E (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2010). Enquanto o α -tocoferol apresenta a maior atividade biológica como vitamina E, o γ - e o δ -tocoferol possuem maior atividade antioxidante (SCHMIDT; POKORNÝ, 2005).

Desta forma, a quantidade de α -tocoferol encontrada oscilou entre 2,80 e 32,13 mg/kg, nos óleos das castanhas do Gurguéia e Brasil, respectivamente. Em óleos extraídos, por meio de solvente, de castanha de caju, noz pecã, noz comum e pistache, Yang (2009) obteve teores de α -tocoferol de 3,6; 12,2; 20,6 e 15,6 $\mu\text{g/g}$, respectivamente. Porém, em outros óleos vegetais observa-se valores α -tocoferol de 9-352 mg/kg para o óleo de soja e 16-38 mg/kg para o óleo de sementes de uvas (CODEX ALIMENTARIUM COMMISSION, 2009).

Segundo Alasalvar e Shahidi (2008), os teores de β -tocoferol encontrados em óleos extraídos de castanhas e nozes são ínfimos, com valores que oscilam entre 0,0 e 4,0 mg/kg. Esta faixa de valor é similar com a encontrada no presente estudo, que oscilou entre 0,80 e 1,30 mg/kg.

O γ -tocoferol é o isômero de maior atividade antioxidante, por proteger os ácidos graxos insaturados da oxidação lipídica, sendo assim, este isômero foi predominante em todos os óleos analisados, com destaque para o óleo da noz Pecã (165,73 mg/kg), não sendo detectado na castanha do Gurguéia. Yang (2009) reportou teores de γ -tocoferol em óleos extraídos de castanhas e nozes, tais como, amêndoas, castanha do Brasil, de caju, avelã, macadâmia, amendoim, pinhão, noz pecã e noz cujos valores foram 12,5; 116,2; 57,2; 61,2; traços; 60,3;

Tabela 2 - Composição de tocoferóis (mg/kg) nos óleos das castanhas e nozes.

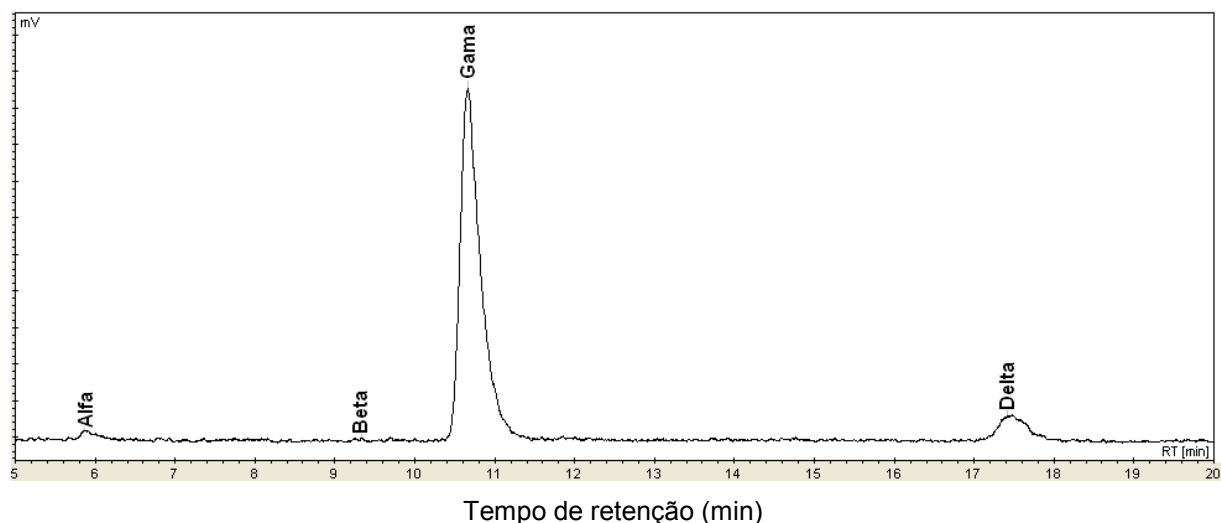
Tocoferóis	Brasil	Sapucaia	Gurguéia	Pecã	Noz
Alfa	32,13 ± 0,11 ^a	6,97 ± 0,16 ^b	2,80 ± 0,27 ^d	5,17 ± 0,16 ^c	4,87 ± 0,11 ^c
Beta	1,30 ± 0,07 ^a	0,97 ± 0,04 ^b	0,80 ± 0,01 ^b	1,30 ± 0,07 ^a	1,20 ± 0,01 ^a
Gama	81,23 ± 0,38 ^d	155,57 ± 2,42 ^b	nd	165,73 ± 0,91 ^a	144,97 ± 2,44 ^c
Delta	8,00 ± 0,07 ^b	8,50 ± 0,13 ^b	7,87 ± 0,04 ^b	7,90 ± 0,07 ^b	14,37 ± 0,29 ^a
Totais	122,67 ± 0,49 ^d	172,00 ± 2,60 ^b	11,47 ± 0,31 ^e	180,10 ± 0,73 ^a	165,40 ± 2,07 ^c
Vitamina E*	52,85 ± 0,13 ^a	46,19 ± 0,77 ^b	3,08 ± 0,27 ^d	47,00 ± 0,13 ^b	41,55 ± 0,52 ^c

Valores médios ± erro padrão da média de determinações em triplicata seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem pelo teste de Tukey (p > 0,05); nd: não detectado (ausência de pico do isômero nos cromatogramas); *Atividade de vitamina E expressa como equivalente de α-tocoferol.

105,2; 168,5 e 300,5 mg/kg, respectivamente. Além do mais, a Comissão do *Codex Alimentarium Commission* (2009) reporta quantidades de γ -tocoferol de 138 até 746 mg/kg em óleos de algodão, de valor não detectado até 526 mg/kg em óleos de palma e de valor não detectado até 212 mg/kg em óleos de arroz.

Quanto ao δ -tocoferol, o óleo extraído da castanha do Gurguéia apresentou este isômero como majoritário. Embora o δ -tocoferol seja encontrado naturalmente em pequenas quantidades nos lipídios, ele foi quantificado em todos os óleos analisados em concentrações (7,87-14,37 mg/kg) similares ou superiores as encontradas, por exemplo, em óleos de amendoim (13,4 mg/kg), girassol (9,2 mg/kg) e canola (6,1 mg/kg) (TUBEROSO et al., 2007). As concentrações de tocoferóis totais variaram de 11,47 a 180,10 mg/kg nos óleos analisados.

Foi possível constatar que a atividade de vitamina E expressa em equivalentes de α -tocoferol variou desde 3,08 para o óleo da castanha do Gurguéia a 52,85 para o óleo da castanha do Brasil. Em estudo realizado com castanhas e nozes quanto à atividade de vitamina E foi possível constatar teores oscilando entre não detectado, para óleo de macadâmia, a 33,1 equivalentes de α -tocoferol, para óleo de avelã. Em relação à alimentação, baixos níveis de vitamina E pode ser associado às maiores riscos de desenvolvimento de doenças degenerativas, como a aterosclerose. A ingestão adequada desta vitamina exerce efeito cardioprotetor por inibir a oxidação da fração de colesterol de lipoproteínas de baixa densidade (LDLc), o que é um papel-chave no processo aterogênico. Além disso, o α -tocoferol é considerado a forma mais ativa nos seres vivos, porém o γ -tocoferol é o mais prevalente em sementes de plantas, especialmente em oleaginosas (KORNSTEINER; WAGNER; ELMADFA, 2006). A Figura 3 mostra o cromatograma dos isômeros de tocoferóis do óleo extraído da Noz.



Condições cromatográficas: Coluna Microsorb 100 Si (0,5 μ m, 250 mm x 4,6 mm); eluição isocrática de fase móvel n-hexano:isopropanol (95,5:0,5%) com fluxo de 1,2 mL/min; detector de fluorescência (excitação 290 nm e emissão 330 nm).

Figura 3 - Cromatograma do teor de tocoferóis do óleo extraído da Noz.

Quanto aos teores de compostos fenólicos totais, as concentrações variaram entre 0,34 mg EAG/g, para o óleo da castanha do Gurguéia, e 0,98 mg EAG/g para o óleo da Noz, com diferença significativa entre o óleo extraído da castanha do Gurguéia e as demais oleaginosas (Figura 4).

O solvente de extração apresenta forte influência na determinação de compostos fenólicos totais, uma vez que a polaridade do solvente interfere nos tipos de compostos extraídos, ou seja, quanto maior a polaridade do solvente de extração, maior a quantidade de compostos fenólicos totais extraídos. Em óleos de soja, girassol, milho, canola e arroz, extraídos a frio, a quantidade de fenólicos totais variou de 1,26 a 1,48 mg EAC/100 g (SIGER; NOGALA-KALUCKA; LAMPART-SZCZAPA, 2008) e em óleos de oliva de 135 a 440 mg EAC/kg (KOSKI et al., 2002). Enquanto que em óleos extraídos por solventes de castanhas do Brasil, castanha de caju, macadâmia e pinhão, a concentração de compostos fenólicos totais foi de 3,10; 2,74; 1,56 e 0,68 mg de EAG/g, respectivamente (ALASALVAR; SHAHIDI, 2009). Em estudo realizado por Kornsteiner, Wagner e Elmadfa (2006) com óleos extraídos de castanhas e nozes, utilizando Soxhlet e éter de petróleo como solvente, foram encontrados teores de compostos fenólicos totais em amêndoas, avelã, castanha do

Brasil, castanha de caju, macadâmia e pinhão de 0,47; 2,91; 1,12; 1,37; 0,46 e 0,32 mg EAG/g, respectivamente.

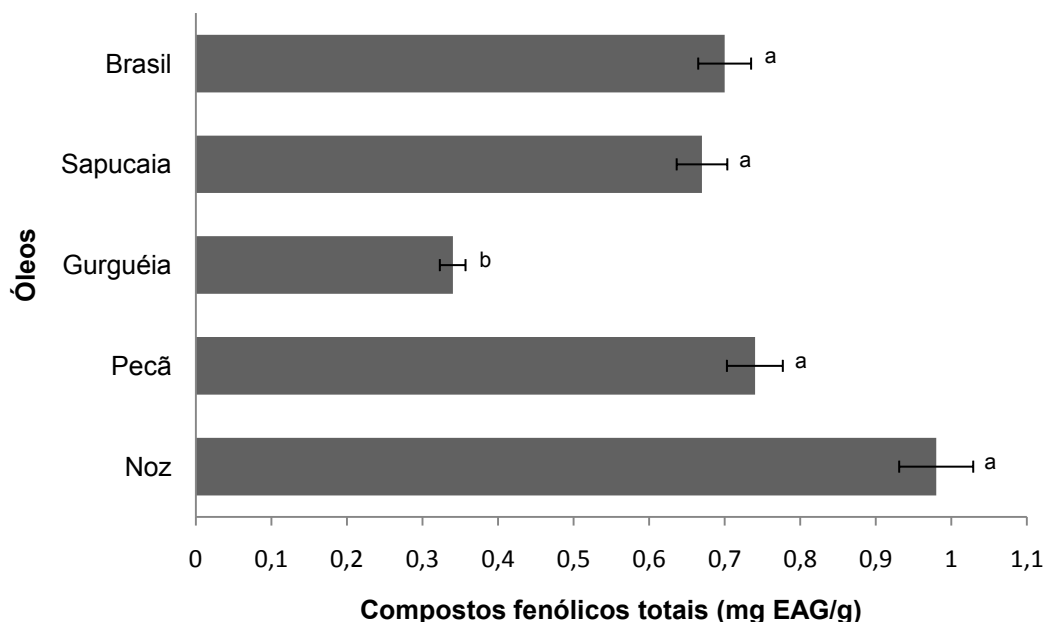


Figura 4 - Compostos fenólicos totais nos óleos das castanhas e nozes.

Foi realizada a análise de correlação entre os compostos bioativos, γ -tocoferol, tocoferóis totais e compostos fenólicos totais e o perfil de ácidos graxos saturados, monoinsaturados, poli-insaturados e ácidos linoleico e α -linolênico dos óleos estudados. Os coeficientes de correlação assim como as correlações significativas estão indicados na Tabela 3.

Coerentemente obteve-se correlação significativa entre os teores de γ -tocoferol e ácidos graxos poli-insaturados ($r = 0,72$) e ácido linoleico ($r = 0,79$). Observou-se que um aumento nas porcentagens de ácidos graxos poli-insaturados e ácido linoleico foi acompanhado por um aumento de γ -tocoferol.

Usualmente elevadas quantidades de tocoferóis totais estão associadas com os conteúdos de ácidos graxos poli-insaturados (TUBEROSO et al., 2007). Neste estudo obteve-se, para os óleos de castanhas e nozes, uma correlação significativa ($r = 0,85$) entre as quantidades de ácido linoleico e de tocoferóis totais, o que indica a presença de elevadas quantidades de tocoferóis nos óleos mais insaturados. Observou-se, ainda, uma correlação significativa ($r = 0,98$) entre os conteúdos de γ -tocoferol e tocoferóis totais. Kamal-Eldin e Andersson (1997) realizaram um estudo

de correlação entre a quantidade de tocoferóis e a composição em ácidos graxos de 101 amostras de óleos vegetais. Os resultados demonstraram uma correlação positiva entre o ácido linoleico e o α -tocoferol e sugeriram uma correlação também positiva entre o ácido α -linolênico e o γ -tocoferol.

Tabela 3 - Coeficiente de correlação entre os compostos bioativos γ -tocoferol, tocoferóis totais (TT) e compostos fenólicos totais (CFT) e composição em ácidos graxos saturados, monoinsaturados, poli-insaturados, ácidos linoleico e α -linolênico.

Ácidos graxos	γ -tocoferol	TT	CFT
Saturados	- 0,66	0,54	- 0,61
Monoinsaturados	- 0,61	- 0,31	- 0,91*
Poli-insaturados	0,72*	0,08	0,96*
Linoleico	0,79*	0,85*	0,99*
α -linolênico	0,21	0,17	0,49

*significativo ($p < 0,05$).

No entanto, as melhores correlações foram entre os teores de compostos fenólicos totais e perfil de ácidos graxos monoinsaturados, poli-insaturados e ácido linoleico. Constatou-se que o conteúdo de compostos fenólicos totais é inversamente proporcional ao teor de ácidos graxos monoinsaturados, enquanto os ácidos graxos poli-insaturados e ácido linoleico são diretamente proporcionais. O teor de compostos fenólicos totais não apresentou correlação significativa com a composição de ácidos graxos saturados e ácido α -linolênico.

4. Considerações finais

Com relação à composição em ácidos graxos, os ácidos palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1 n-9), linoleico (C18:2 n-6) e araquídico (C20:0) foram quantificados em todos os óleos analisados. Nenhum dos óleos analisados apresentou elevadas quantidades de ácido α -linolênico (C18:3 n-3), sendo as maiores porcentagens verificadas nos óleos de castanhas e nozes na ordem Noz > Gurguéia > Pecã.

Elevadas porcentagens de ácidos graxos insaturados foram verificadas em todos os óleos com predominância dos ácidos oleico, nos óleos da castanha do Gurguéia e noz Pecã, e linoleico nos demais. Assim, o óleo de castanha do Gurguéia apresentou potencial para tornar-se uma nova fonte de óleo “alto-oleico”.

Os óleos das nozes são compostos por maior quantidade de ácidos graxos insaturados que os óleos das castanhas, além de conterem ácidos graxos essenciais em quantidades significativas, o que os tornam mais adequados para o consumo humano, uma vez que também possuem características físico-químicas compatíveis com outros óleos vegetais consumidos no Brasil.

Contudo, os óleos ainda apresentaram quantidades significativas de compostos fenólicos totais e com exceção do óleo de castanha do Gurguéia, os demais apresentaram quantidades consideráveis de tocoferóis totais podendo ser considerados como fontes de tocoferóis, principalmente γ -tocoferol, além de serem fontes de vitamina E.

Pode-se concluir, analisando a composição e as propriedades gerais dos óleos obtidos das castanhas e nozes, que os óleos possuem quantidades consideráveis de compostos bioativos. Tal fato favorece o uso dos mesmos para fins alimentícios e como matéria-prima nas indústrias química, farmacêutica e cosmética, agregando valor a produtos derivados destes óleos, aumentando as fontes viáveis de matéria-prima e diminuindo o desperdício.

5. Referências bibliográficas

ADHIKARI, P. et al. Tocols in caneberry seed oils. **Food Chemistry**, London, v. 111, n. 1, p. 687-690, 2008.

ALASALVAR, C.; SHAHIDI, F. Natural antioxidants in tree nuts. **European Journal of Lipid Science Technology**, Weinheim, v. 111, n. 11, p. 1056-1062, 2009.

ALASALVAR, C.; SHAHIDI, F. **Tree nuts**: composition, phytochemicals and health effects. Boca Raton: CRC Press, 2008.

AMARAL, D. F. **Desmistificando o programa nacional de produção e uso do biodiesel**: a visão da indústria brasileira de óleos vegetais. São Paulo: Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais, 2009. 21p.

AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY (AOCS). **Official and tentative methods of the American Oil Chemists' Society**: including additions and revisions. 6. ed. Champaign, 2009.

ARRANZ, S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant capacity of walnut (*Juglans regia* L.): contribution of oil and defatted matter. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 227, n. 2, p. 425-431, 2008.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 2006.

BORGES, S. V. et al. Chemical composition of umbu (*Spondias Tuberosa* Arr. Cam) seeds **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 49-52, 2007.

CHAVES, M. H. et al. Caracterização química do óleo da amêndoa de *Sterculia striata* ST. HIL. ET NAUD. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 404-408, 2004.

CHUNHIENG, T. et al. Study of selenium in the protein fractions of the Brazil nut, *Bertholletia excelsa*. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v. 52, n. 13, p. 4318-4322, 2004.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Codex-Stan 210**: codex standard for named vegetable oils. Rome, 2009.

EL-ADAWY, T. A.; TAHA, K. M. Characteristics and composition of Watermelon, Pumpkin and Paprika seed oils and flours. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Chicago, v. 49, n. 3, p. 1253-1259, 2001.

ETTINGER, S. Macronutrientes: carboidratos, proteínas e lipídeos. In: MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. (Ed.). **Alimentos, nutrição & dietoterapia**. 12. ed. São Paulo: Roca; 2010. p. 35-71.

HUNG, P. V. et al. Total phenolic compounds and antioxidant capacity of wheat graded flours by polishing method. **Food Research International**, Barking, v. 42, n. 1, p. 185-190, 2009.

KAMAL-ELDIN, A.; ANDERSSON, R. A multivariate study of the correlation between tocopherol content and fatty acid composition in vegetable oils. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 74, n. 4, p. 375-380, 1997.

KORNSTEINER, M.; WAGNER, K. H.; ELMADFA, I. Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types. **Food Chemistry**, London, v. 98, n. 2, p. 381-387, 2006.

KOSKI, A. et al. Oxidative stability and minor constituents of virgin olive oil and cold-pressed rapeseed oil. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 214, n. 4, p. 271-360, 2002.

LIU, R. H. Whole grain phytochemicals and health. **Journal of Cereal Science**, London, v. 46, n. 3, p. 207-219, 2007.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. **Krause**: alimentos, nutrição e dietoterapia. 12. ed. São Paulo: Roca, 2010. 1382 p.

NOGUEIRA, R. C.; CERQUEIRA, H. F.; SOARES, M. B. P. Patenting bioactive molecules from biodiversity: the Brazilian experience. **Expert Opinion on Therapeutic Patents**, London, v. 20, n. 2, p. 1-13, 2010.

PARRY, J. et al. Fatty acid composition and antioxidant properties of cold-pressed marionberry, boysenberry, red raspberry, and blueberry seed oils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 3, p. 566-573, 2005.

PEREIRA, J. A. et al. Bioactive properties and chemical composition of six walnut (*Juglans regia* L.) cultivars. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 46, n. 6, p. 2103-2111, 2008.

PYRZYNSKA, K.; BIESAGA, M. Analysis of phenolic acids and flavonoids in honey. **Trends in Analytical Chemistry**, Crawford, v. 28, n. 7, p. 893-902, 2009.

QUEIROGA NETO, V. et al. *Dipteryx lacunifera* seed oil: characterization and thermal stability. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1601-1607, 2009.

SALAS-SALVADÓ, J. et al. The effect of nuts on inflammation. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, Melbourne, v. 17, n. 1, p. 333-336, 2008. Supplement.

SCHMIDT, S.; POKORNÝ, J. Potential application of oilseeds as sources of antioxidants for food lipids - a review. **Czech Journal of Food Science**, Prague, v. 23, n. 3, p. 93-102, 2005.

SIGER, A.; NOGALA-KALUCKA, M.; LAMPART-SZCZAPA, E. The content and antioxidant activity of phenolic compounds in cold-pressed plant oils. **Journal of Food Lipids**, Trumbull, v. 15, n. 2, p. 137-149, 2008.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Jr. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SIRÓ, I. et al. Functional food: product development, marketing and consumer acceptance - a review. **Appetite**, London, v. 51, n. 3, p. 456-467, 2008.

SOUZA, D. F. S. et al. Estabilidade oxidativa dos óleos de macadâmia e de pistache. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 25, n. 1, p. 141-156, 2007.

TUBEROSO, C. I. G. et al. Determination of antioxidant compounds and antioxidant activity in commercial oilseeds for food use. **Food Chemistry**, London, v. 103, n. 4, p. 1494-1501, 2007.

VALLILO, M. I. et al. Caracterização química parcial das sementes de *Lecythis pisonis* Camb. (Sapucaia). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 28, n. 2, p. 131-140, 1998.

YANG, J. Brazil nuts and associated health benefits: a review. **Food Science and Technology**, Wädenswil, v. 42, n. 1, p. 1573-1580, 2009.

YANG, J; LIU, R. H.; HALIM, L. Antioxidant and antiproliferative activities of common edible nut seeds. **Food Science and Technology**, Wädenswil, v. 42, n. 1, p. 1-8, 2009.

Apêndices

Apêndice 1 - Análises de variância para composição em ácidos graxos saturados (AGS), monoinsaturados (AGM) e poli-insaturados (AGP) e compostos fenólicos totais (CFT).

Causas de Variação	G.L.	Quadrados médios			
		AGS	AGM	AGP	CFT
Tratamentos	4	138,5192**	571,7342**	1255,8603**	0,1215**
Resíduo	10	0,0169	0,0066	0,0092	0,0079
Desvio Padrão		0,1299	0,0815	0,0961	0,0890
Coef. de Variação (%)		0,83	0,21	0,23	3,37

**teste significativo ($p < 0,01$).

Apêndice 2 - Análises de variância para os isômeros de tocoferóis, tocoferóis totais e atividade de vitamina E (Vit E).

Causas de Variação	G.L.	Quadrados médios					
		α -tocoferol	β -tocoferol	γ -tocoferol	δ -tocoferol	Totais	Vit E
Tratamentos	4	449,9177**	755,5833**	14498,5983**	24,0090**	14722,9240**	1200,3631**
Resíduo	10	0,0527	0,0656	4,3747	0,0573	4,0633	0,3343
Desvio Padrão		0,2295	0,2560	2,0916	0,2394	2,0158	0,5782
Coef. de Variação (%)		2,21	1,83	1,91	2,57	1,55	1,52

**teste significativo ($p < 0,01$).

Caracterização e compostos bioativos do óleo da castanha de Cotia
(*Couepia edulis*)

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar o óleo extraído da castanha de Cotia (*Couepia edulis*) visando sua possível utilização para fins alimentícios. O óleo foi extraído da oleaginosa por prensagem a frio. A caracterização físico-química do óleo foi realizada por meio de métodos analíticos padrões para óleos e gorduras. Foram avaliados o teor de ácidos graxos livres, índices de acidez, de peróxidos, de iodo, de refração, de saponificação e matéria insaponificável. A estabilidade oxidativa foi determinada com Rancimat, a 100°C e fluxo de ar de 20 L/h. O perfil de ácidos graxos foi determinado por cromatografia gasosa a partir das amostras transesterificadas com hidróxido de potássio metanólico e n-hexano. Os ácidos graxos foram identificados de acordo com os tempos de retenção e a quantificação foi feita por normalização da área (%). A composição de tocoferóis foi realizada em cromatografia líquida de alta eficiência, com detector de fluorescência. Os valores das concentrações foram calculados com base na área dos picos de emissão fluorescente da leitura e expressos em valores de cada isômero, em mg/kg. Os compostos fenólicos totais foram determinados por espectrofotometria, utilizando reagente de Folin-Ciocalteu e curva padrão de ácido gálico, cujos valores foram expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico por grama de amostra. De acordo com os resultados, as propriedades físico-químicas do óleo extraído da castanha de Cotia foram comparáveis às de óleos convencionais de boa qualidade, o que foi evidenciado pelos baixos teores de ácidos graxos livres e índice de peróxidos. Quanto à composição em ácidos graxos, o óleo se mostrou mais insaturado, com aproximadamente 52,78% de insaturação, sendo o oleico o principal componente. Além disso, o óleo apresentou relevante teor de compostos fenólicos totais e constitui-se fonte viável de α - e γ -tocoferol. Por ser fonte de compostos bioativos, o óleo da Cotia, pode ser utilizado em fins alimentícios e como matéria-prima para indústrias química e farmacêutica.

Palavras-chave: oleaginosas, características físico-químicas, estabilidade oxidativa, perfil de ácidos graxos, tocoferóis.

Abstract

This study aimed to characterize the oil extracted from the Cotia nut (*Couepia edulis*) for their possible use for food. The oil was extracted from oilseeds by cold pressing. The physicochemical characterization of the oil was performed using standard methods for oils and fats. We evaluated the content of free fatty acids, acid values, peroxide, iodine, refraction, saponification and unsaponifiable matter. The oxidative stability was determined by Rancimat, 100°C and airflow of 20 L/h. The fatty acid profile was determined by gas chromatography from samples transesterified with potassium hydroxide, methanol and n-hexane. Fatty acids were identified according to retention times and quantification was done by normalization of area (%). The composition of tocopherols was performed at high efficiency liquid chromatography with fluorescence detection. The concentration values were calculated based on the area of peak fluorescent emission of reading and expressed in values of each isomer in mg/kg. The total phenolic compounds were determined spectrophotometrically using the Folin-Ciocalteu reagent and gallic acid standard curve, whose values were expressed as milligrams of gallic acid equivalent per gram of sample. According to the results, the physico-chemical properties of oil extracted from the Cotia nut were comparable to those of conventional oils of good quality, which was evidenced by low levels of free fatty acid and peroxide. As for the fatty acid composition, the oil was more unsaturated, with approximately 52.78% of unsaturation, being the main component oleic acid. Moreover, the oil showed relevant content of total phenolic compounds and constitute a viable source of α - and γ -tocopherol. For being a source of bioactive compounds, the oil of Cotia nut, can be used for food purposes and as feedstock for chemical and pharmaceutical industries.

Keywords: oilseeds, physico-chemical characteristics, oxidative stability, fatty acid profile, tocopherol.

1. Introdução

As substâncias ou compostos bioativos, são compostos presentes com ação funcional, capazes de proporcionar benefícios à saúde. Exercem várias ações do ponto de vista biológico, como atividade antioxidante, modulação de enzimas de destoxificação, estimulação do sistema imune, redução da agregação plaquetária, atividade antibacteriana e antiviral, etc., além do mais, podem ser encontrados em muitos vegetais e em seus óleos (SIRÓ et al., 2008).

Há uma grande demanda comercial de óleos vegetais ricos em compostos benéficos para a saúde devido ao interesse dos consumidores na prevenção de doenças e promoção da saúde através da melhoria na dieta. Estes compostos benéficos, também chamados de compostos bioativos, incluem tocoferóis, carotenoides, antioxidantes, compostos fenólicos e composição especial em ácidos graxos, como alto conteúdo de mono e poli-insaturados, os quais caracterizam esses óleos como alimentos funcionais (COSTA; ROSA, 2008; ETTINGER, 2010; PARRY et al., 2005).

Os ácidos graxos linoleico (C18:2 n-6) e α -linolênico (C18:3 n-3) são recomendados há muito tempo na alimentação diária já que estão relacionados com importantes eventos fisiológicos como câncer, trombose, artrite e outros processos inflamatórios e oxidativos. Nos últimos anos, o consumo de óleos vegetais monoinsaturados, ricos em ácido oleico (C18:1 n-9) também tem sido recomendado. Tal fato tem incentivado pesquisas por novas fontes de óleos e azeites vegetais que atendam estas recomendações de composição (ALASALVAR; SHAHIDI, 2008; MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2010; SALAS-SALVADÓ et al., 2008).

Os compostos fenólicos têm recebido atenção nos últimos anos por sua ação antioxidante, inibindo a peroxidação lipídica e a lipoxigenase *in vitro*. Estes compostos desempenham um papel importante, agindo tanto na etapa de iniciação como na propagação do processo oxidativo. Antioxidantes fenólicos funcionam como sequestradores de radicais livres, doando um átomo de hidrogênio a um radical lipídico, e algumas vezes como quelantes de metais. Os produtos intermediários, formados pela ação destes antioxidantes, são relativamente estáveis devido à ressonância do anel aromático apresentado por estas substâncias. A eficiência do antioxidante fenólico é determinada pelos grupos funcionais presentes e pela

posição que ocupam no anel aromático (HUBER; HOFFMANN-RIBANI; RODRIGUEZ-AMAYA, 2009; HUNG et al., 2009; PYRZYNSKA; BIESAGA, 2009).

Os tocoferóis estão presentes de forma natural na maioria dos óleos vegetais. Existem quatro tipos: α -, β -, γ -, e δ -tocoferol, sendo o α -tocoferol o mais abundante nos alimentos e o de maior atividade biológica como vitamina E. A atividade antioxidante dos tocoferóis se deve principalmente à sua capacidade de doar seus hidrogênios fenólicos aos radicais livres lipídicos, inibindo a oxidação. Contudo, tem sido notado que a atividade dos tocoferóis *in vitro* depende também de muitas outras possíveis reações paralelas que são drasticamente afetadas pelas suas concentrações, temperatura e luz, tipo de substrato e por outras espécies químicas atuando como pró-oxidante e sinergista no sistema (ADHIKARI et al., 2008; LIU, 2007; YANG, 2009).

A flora brasileira é uma das mais ricas fontes de novas substâncias bioativas, e a vasta diversidade de tradições a ela associadas é apenas mais um reflexo deste imenso potencial, além de uma valiosa ferramenta no estudo e exploração de seus recursos (NOGUEIRA; CERQUEIRA; SOARES, 2010). Com isso, a castanha de Cotia (*Couepia edulis* Prance) pertencente à família Chrysobalanaceae é uma espécie endêmica da região central da Amazônia. Trata-se de um fruto fibroso, ovóide alongado, de cor pardo-escuro, formado de casca espessa, lisa, dura, mas esponjosa, que encerra uma castanha com envoltório escuro, quase preto, envolvendo a amêndoa de cor branca. O peso médio de um fruto é de 82 g, e o peso médio de uma amêndoa é de 15,5 g. As amêndoas têm sabor similar ao da castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*), ainda que a textura seja um pouco mais branda, sendo esta uma espécie promissora, notadamente, pelo seu potencial na produção de óleo. O óleo extraído das amêndoas é claro, inodoro e utilizado para cozinhar (CAVALCANTE, 1996; LEANDRO; YUYAMA, 2008; PESSOA; LEEUWEN, 2006).

Com a escassez de informações sobre esta oleaginosa, o estudo detalhado da composição do óleo extraído das castanhas de Cotia irá contribuir com os profissionais da área de alimentos para uma adequada orientação dietética, bem como na obtenção de dados que possam ser utilizados em tabelas de ácidos graxos, compostos fenólicos e tocoferóis de sua fração lipídica. A obtenção de dados referentes à composição de alimentos amazônicos tem sido estimulada com o

objetivo de reunir informações atualizadas, confiáveis e adequadas à realidade nacional.

O presente trabalho teve como objetivo determinar, no óleo extraído das castanhas de Cotia (*Couepia edulis*), as características físico-químicas, perfil de ácidos graxos, teores de tocoferóis e compostos fenólicos totais, visando uma possível utilização para fins alimentícios ou industriais.

2. Material e métodos

2.1. Material

No presente trabalho foram utilizadas as castanhas de Cotia provenientes das regiões Norte do Brasil. Dois lotes da amostra foram adquiridos em Manaus, no estado do Amazonas, no mês de março de 2010.

Imediatamente após o recebimento, as castanhas foram descascadas, selecionadas para remover sujidades provenientes das cascas e separadas as que sofreram injúrias. Em seguida foram secas por, aproximadamente, 72 horas, em bandejas, à temperatura ambiente para redução do teor de umidade (abaixo de 10%). Os lotes de castanhas foram homogeneizados, acondicionados, em embalagens a vácuo, devidamente rotulados e armazenados sob refrigeração ($\pm 5^{\circ}\text{C}$).

Os óleos foram obtidos por meio de processo físico de extração a frio por prensa hidráulica Tecnal, Modelo TE-098, em temperatura ambiente, e com pressão inicial de 3 e final de 12 toneladas. Depois foram acondicionados em vidro âmbar, inertizados com nitrogênio gasoso e armazenados em freezer (-18°C) para análises posteriores.

2.2. Métodos

- Ácidos graxos livres, expressos como ácido oleico, pelo método Cd 3d-63 da AOCS (2009).
- Índice de acidez, expresso em mg NaOH/g, calculado multiplicando-se a quantidade de ácidos graxos livres por 1,99 (ROSSELL, 1986).
- Índice de peróxidos, expressos em milequivalentes de oxigênio ativo contidos em um quilograma de óleo, conforme método Cd 8b-90 proposto pela AOCS (2009).

- Índice de iodo, expresso em gramas de iodo absorvido por 100 gramas de amostra, determinado pelo método Cd 1-25 AOCS (2009).
- Índice de refração, de acordo com o método Cc 7-25 AOCS (2009). A leitura foi feita na escala que resulta diretamente o índice de refração absoluto a 40°C.
- Índice de saponificação, definido pela quantidade em miligramas de hidróxido de potássio necessária para saponificar um grama de óleo ou gordura, segundo método Cd 3c-91 AOCS (2009).
- Matéria insaponificável, que corresponde à quantidade total de substâncias dissolvidas nos óleos e gorduras, que após saponificação com álcalis são insolúveis em solução aquosa, mas solúveis em solventes, de acordo com o método Ca 6b-53 AOCS (2009).
- Índice de estabilidade oxidativa, conforme método Cd 12b-92 proposto pela AOCS (2009) utilizando o Rancimat a 100°C, com fluxo de ar de 20 L/h, 3 g de amostra e volume de água destilada de 60 mL nos frascos contendo os eletrodos.
- Perfil de ácidos graxos, por cromatografia gasosa a partir das amostras transesterificadas com hidróxido de potássio metanólico e n-hexano, segundo método Ce 2-66 da AOCS (2009). Foi utilizado um cromatógrafo gasoso equipado com detector de ionização de chama, sistema de injeção *split* de aproximadamente 1:30 e amostrador automático. Os compostos foram separados em coluna capilar de sílica fundida CP-Sil 88 de 60 m de largura, com diâmetro interno de 0,25 mm e espessura de filme de 0,20 µm. A temperatura inicial da coluna foi de 90°C (durante quatro minutos) e programada para alcançar 195°C com incremento de 10°C/min, sendo, então, mantida em isoterma por 16 minutos. A temperatura do injetor foi de 230°C e a do detector de 250°C. O gás de arraste foi o hidrogênio. Os ácidos graxos foram identificados de acordo com os tempos de retenção e a quantificação foi feita por normalização da área (%). Utilizou-se como padrão uma mistura composta de 37 ésteres metílicos de ácidos graxos (Supelco, Bellefonte, USA), de C4:0 a C24:1, com pureza entre 99,1 e 99,9%.
- Composição de tocoferóis foi determinada pelo método AOCS Ce 8-89 (2009). A análise foi realizada em cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), com detector de fluorescência. Os valores das concentrações foram calculados em base da área dos picos de excitação da leitura e expressos em valores de cada isômero separadamente.

- Atividade de vitamina E, representada como equivalente de α -tocoferol, foi calculada utilizando-se fator de correção 1,0 para o teor de α -tocoferol, enquanto as concentrações de β - e γ -tocoferol foram multiplicadas por 0,25 e para a quantidade de δ -tocoferol foi utilizada o fator de correção 0,01. Os isômeros β -, γ - e δ - tocoferóis foram calculados com menor fator de correção, afim de, evitar a supervalorização do equivalente de α -tocoferol (KORNSTEINER; WAGNER; ELMADFA, 2006).
- Compostos fenólicos totais, por espectrofotometria utilizando reagente de Folin-Ciocalteu e curva padrão de ácido gálico conforme método descrito por Singleton e Rossi (1965). Este método baseia-se na redução dos ácidos fosfomolibdico e fosfotúngstico em solução alcalina, e é o mais utilizado para a determinação de compostos fenólicos totais em alimentos. A cor azul produzida pela redução do reagente de Folin-Ciocalteu pelos fenólicos foi medida espectrofotometricamente, no comprimento de onda de 765 nm e os resultados expressos em mg de equivalentes de ácido gálico por grama de óleo (mg EAG/g). A extração dos compostos fenólicos foi realizada de acordo com o método proposto por Parry et al. (2005).

3. Resultados e discussão

Os valores médios obtidos das análises físico-químicas realizadas no óleo extraído da castanha de Cotia são mostrados na Tabela 1. A porcentagem de ácidos graxos livres e índice de acidez estão relacionadas com o desenvolvimento de reações hidrolíticas no óleo. É comumente utilizada uma simples relação entre estes dois parâmetros: índice de acidez = 0,503% dos ácidos graxos livres (ROSSELL, 1986). A porcentagem de ácidos graxos livres apresentada pelo óleo da castanha de Cotia foi de 0,35%, valor este inferior ao limite de 5% adotado para alguns óleos vegetais brutos, como os óleos de milho, coco, babaçu e palma, conforme a resolução RDC n° 270 da ANVISA (BRASIL, 2005), que estabelece o regulamento técnico para óleos vegetais.

A Comissão do *Codex Alimentarium Commission* (2009) determina como parâmetro de qualidade para óleos brutos acidez máxima de 4,0 mg KOH/g, enquanto que a Resolução RDC n° 270 da ANVISA determina para óleos refinados

o máximo de 0,6 mg KOH/g (BRASIL, 2005). No óleo analisado, observou-se índice de acidez de 0,69 mg NaOH/g, apresentando valor dentro do permitido tanto para óleos brutos quanto para refinados, indicando a boa qualidade do mesmo.

Tabela 1 - Características físico-químicas do óleo da castanha de Cotia.

Característica	Óleo de Cotia
Ácidos graxos livres (%)	0,35 ± 0,01
Índice de acidez (mg NaOH/g)	0,69 ± 0,01
Índice de peróxidos (meq/kg)	0,02 ± 0,01
Índice de iodo (g I ₂ /100 g)	90,67 ± 1,09
Índice de refração (40°C)	1,4763 ± 0,0002
Índice de saponificação (mg KOH/g)	187,73 ± 0,89
Matéria insaponificável (%)	0,38 ± 0,01
Estabilidade oxidativa (horas)	1,54 ± 0,02

Valores médios ± erro padrão da média de determinações em triplicata.

Em óleos extraídos de castanha do Brasil, Ferreira et al. (2006) obtiveram baixos valores de índice de acidez (0,207 mg KOH/g) e ácidos graxos livres (0,104%), indicando um mínimo grau de lipólise desenvolvida nestes óleos devido à atividade enzimática. Queiroga Neto et al. (2009) analisaram o óleo da castanha do Gurguéia, obtendo valores de ácidos graxos livres de 0,6%.

A medida do índice de peróxidos em óleos é utilizada como um indicador dos estágios iniciais de oxidação lipídica. A Comissão do *Codex Alimentarium Commission* (2009) estipula para óleos refinados e brutos valores máximos de índice de peróxidos de 10 e 15 meq/kg, respectivamente. O teor de peróxidos encontrado para o óleo da castanha de Cotia foi de 0,02 meq/kg, valor inferior ao limite, mostrando tratar-se de um óleo de boa qualidade.

Em estudo realizado com a castanha do Gurguéia, Queiroga Neto et al. (2009) encontraram teor de peróxidos de 0,72 meq/kg enquanto Vanhanen e Savage (2006), analisando óleo industrializado de nozes, encontraram índice de peróxidos de 0,97 meq/kg.

Os índices de iodo e refração, ambos relacionados como grau de insaturação do óleo, foram de 90,67 g I₂/100 g e 1,4763, respectivamente. Esses

valores são semelhantes aos do óleo de arroz, cujo índice de iodo está entre 90 e 115 g I₂/100 g, e o de refração, a 40°C, entre 1,467 e 1,477 (CODEX ALIMENTARIUM COMMISSION, 2009). Chaves et al. (2004) encontraram índice de iodo de 66,3 g I₂/100 g para a amêndoa de chichá (*Sterculia striata*).

O índice de saponificação foi de 187,73 mg KOH/g, o que indica que o óleo da castanha de Cotia é formado por ácidos graxos de peso molecular semelhantes a maioria dos óleos vegetais, como os de soja, canola, girassol, cujos índices de saponificação, segundo a ANVISA, são superiores a 181 mg KOH/g (BRASIL, 2005).

Com relação ao teor de matéria insaponificável, a porcentagem encontrada para o óleo da castanha de Cotia foi de 0,38%, inferindo pequenas quantidades de substâncias naturais como esteróis, tocoferóis, pigmentos e hidrocarbonetos.

Kornsteiner, Wagner e Elmadfa (2006) estudaram as características dos óleos de diferentes castanhas e nozes, reportando teores de matéria insaponificável desde 0,27% para o óleo da avelã até 0,52% para castanha do Brasil, enquanto que os óleos da Noz e da noz Pecã continham 0,33 e 0,38%, respectivamente.

Pela Comissão do *Codex Alimentarium Commission* (2009), o limite máximo de matéria insaponificável para os óleos de girassol, soja, coco e algodão é de 1,5%. Já para os óleos de canola e uva, 2% e para o óleo de milho, 2,8%. Tendo por bases esses valores, o óleo analisado corrobora com valor aceito para óleos comestíveis.

Ainda de acordo com a Tabela 1, verifica-se que a estabilidade oxidativa do óleo da oleaginosa foi de 1,54 horas, valor muito inferior ao encontrado por Arain et al. (2009) para o óleo de arroz (3,62 horas), sob as condições de 110°C de temperatura e fluxo de ar de 20 L/h. Amaral et al. (2003) caracterizando o óleo de 6 cultivares de nozes (*Juglans regia*), obtiveram estabilidade oxidativa, sob as mesmas condições de estudo, oscilando entre 2,7 e 3,4 horas.

Os ácidos graxos constituem os principais componentes de grande parte dos lipídios presentes na dieta humana. São definidos como cadeias de hidrocarbono terminando em um grupo carboxila numa extremidade e um grupo metila na outra. Geralmente, são cadeias com um número par de carbonos, que variam de 4 a 26 átomos (KAMAL-ELDIN, 2006).

A Tabela 2 apresenta o perfil de ácidos graxos do óleo da castanha de Cotia, e a Figura 1 apresenta o cromatograma correspondente. O óleo mostrou-se composto principalmente por ácidos graxos insaturados (52,78%), dos quais 40,39%

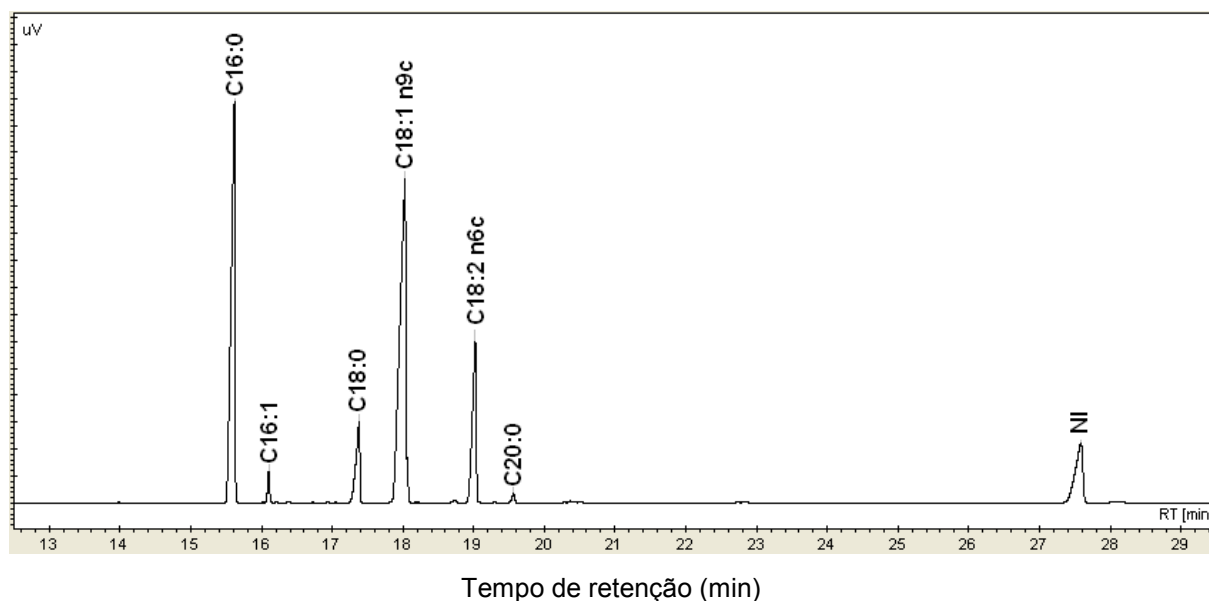
são monoinsaturados e 12,39% poli-insaturados. Dentre os monoinsaturados, destacou-se o ácido oleico com 39,04%. Os ácidos graxos monoinsaturados relacionam-se com a melhora do perfil lipídico, sendo utilizados no tratamento e prevenção de várias doenças (MARTIN et al., 2006). Já entre os ácidos graxos poli-insaturados, houve predominância do linoleico (12,39%). Entre os ácidos graxos saturados, o palmítico apresentou quantidades significativas (31,20%). No entanto, há uma quantidade significativa (9,2%) de ácidos graxos não identificados, podendo estar incluídos neste percentual componentes que justificariam a baixa estabilidade oxidativa encontrada.

A qualidade e digestibilidade de óleos vegetais comestíveis são determinadas pela quantidade e composição em ácidos graxos insaturados. A presença de ácido linoleico em teores adequados é fundamental, uma vez que se trata de um ácido graxo essencial. Conforme a Tabela 2, o óleo de castanha de Cotia apresentou relação ácido oleico/linoleico (Ole/Lin) de 1/0,32 próximo ao valor encontrado por Luzia, Bertanha e Jorge (2010) para o óleo de pitanga (1/0,35).

Tabela 2 - Perfil de ácidos graxos do óleo da castanha de Cotia.

Ácidos Graxos (%)	Óleo de Cotia
C16:0 (palmítico)	31,20 ± 0,13
C18:0 (esteárico)	6,36 ± 0,01
C20:0 (araquídico)	0,54 ± 0,01
Total de saturados	38,1 ± 0,05
C16:1	1,27 ± 0,01
C18:1 (oleico)	39,04 ± 0,03
Total de monoinsaturados	40,39 ± 0,02
C18:2 (linoleico)	12,39 ± 0,03
Total poli-insaturados	12,39 ± 0,03
NI	9,20 ± 0,09
Saturados/insaturados	1/1,39
Ácido oleico/linoleico	1/0,32

Valores médios ± erro padrão da média de determinações em triplicata. NI: não identificados.



Palmítico (C16:0); Palmitoleico (C16:1); Estearico (C18:0); Oleico (C18:1 n9c); Linoleico (C18:2 n6c); Araquídico (20:0); NI (não identificado).

Condições cromatográficas: coluna capilar de sílica fundida CP-Sil 88 (60 m x 0,25 mm x 0,20 µm); temperatura do injetor: 230°C; razão de divisão da amostra 1:30; programação de temperatura da coluna: 90°C por 4 min, 10°C/min até 195°C, 195°C por 16 min; detector de ionização de chama (250°C); gás de arraste: hidrogênio (fluxo de 30 mL/min).

Figura 1 - Cromatograma de análise, por cromatografia gasosa, de ácidos graxos do óleo extraído da castanha de Cotia.

A composição em ácidos graxos apresentada está de acordo com o estudo de Chaves et al. (2004), realizado com o óleo da amêndoa de Chichá (*Sterculia striata*) e de Luzia, Bertanha e Jorge (2010) com óleo de sementes de pitanga (*Eugenia uniflora* L.). Nos referidos trabalhos, os conteúdos de ácido oleico foram de 35,9 e 38,01%, e de linoleico de 12,0 e 13,61%, respectivamente. Esses valores se assemelham muito com o perfil de ácidos graxos do óleo de palma, que apresenta teores de ácido oleico entre 36-44% e ácido linoleico entre 9-12% (CODEX ALIMENTARIUM COMMISSION, 2009).

Comparando-se a relação entre o total de ácidos graxos saturados e insaturados analisados neste trabalho (1/1,39) com aquela encontrada por Borges et al. (2007) (1/2,20) para o óleo de sementes de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam), verificou-se que estes óleos podem ser utilizados em frituras, uma vez que a

instabilidade e rancidez oxidativa estão relacionadas à quantidade de ácidos graxos insaturados .

A Tabela 3 apresenta as médias para os isômeros α -, β -, γ -, δ -tocoferóis e tocoferóis totais (mg/kg) e atividade de vitamina E (equivalente de α -tocoferol) do óleo de castanha de Cotia. Enquanto o α -tocoferol apresenta a maior atividade biológica como vitamina E, o γ - e o δ -tocoferol possuem maior atividade antioxidante (SCHMIDT; POKORNÝ, 2005). Desta maneira, o α -tocoferol foi o isômero encontrado em maior quantidade neste óleo, seguido pelo γ -tocoferol, representando 56,6 e 40,7% do total de tocoferóis, respectivamente. O valor médio do teor de tocoferóis totais para o óleo de castanha de Cotia foi de 484,50 mg/kg, o que significa em comparação com outros óleos vegetais, que o óleo desta castanha constitui uma boa fonte de tocoferóis. A Figura 2 apresenta o cromatograma dos teores de tocoferóis do óleo extraído de castanha de Cotia.

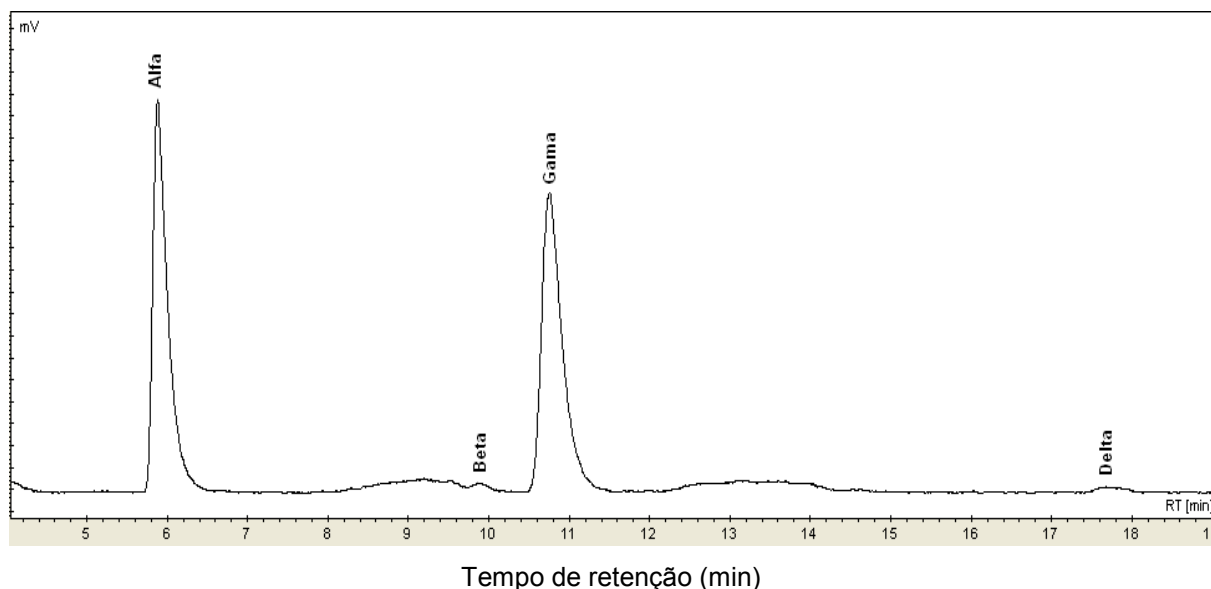
Tabela 3 - Médias de tocoferóis do óleo da castanha de Cotia.

Tocoferóis	mg/kg
α -Tocoferol	274,27 $\pm$ 2,02
β -Tocoferol	2,47 $\pm$ 0,29
γ -Tocoferol	197,10 $\pm$ 1,93
δ -Tocoferol	10,67 $\pm$ 0,11
Tocoferol Total	484,50 $\pm$ 0,93
Vitamina E*	249,31 $\pm$ 1,84

Valores médios $\pm$ erro padrão da média de determinações em triplicata;

*Atividade de vitamina E expressa como α -tocoferol.

Alasalvar e Shahidi (2008) analisaram a composição de tocoferóis em óleos extraídos de diversas castanhas e nozes. Foram encontrados teores de 259,0 mg/kg de α -tocoferol para o óleo extraído das amêndoas e 226,0 mg/kg de γ -tocoferol para o óleo de pistache. Quanto à composição de tocoferóis em óleos vegetais comuns, o óleo de algodão apresenta os isômeros α - e γ -tocoferóis como majoritários, com valores oscilando entre 136-674 e 138-746 mg/kg, respectivamente. O óleo de colza também apresenta essa característica, com teores oscilando entre 100 a 386 e 189 a 753 mg/kg de α - e γ -tocoferóis, respectivamente (CODEX ALIMENTARIUM COMMISSION, 2009).



Condições cromatográficas: Coluna Microsorb 100 Si (0,5 μm , 250 mm x 4,6 mm); eluição isocrática de fase móvel n-hexano:isopropanol (95,5:0,5%) com fluxo de 1,2 mL/min; detector de fluorescência (excitação 290 nm e emissão 330 nm).

Figura 2 - Cromatograma do teor de tocoferóis do óleo extraído da castanha de Cotia.

Quanto à atividade de vitamina E, o teor encontrado foi de 249,31 equivalentes de α -tocoferol. Kornsteiner, Wagner e Elmadfa (2006), estudando óleos extraídos de castanhas e nozes, encontraram teor de 33,1 equivalentes de α -tocoferol para óleo de avelã. Segundo os autores, baixos níveis de vitamina E na alimentação pode ser associado à maiores riscos de desenvolvimento de doenças degenerativas, como a aterosclerose. A ingestão adequada desta vitamina exerce efeito cardioprotetor por inibir a oxidação de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), o que é um papel-chave no processo aterogênico.

A concentração de compostos fenólicos totais encontrada foi de 2,02 mg de equivalentes de ácido gálico por grama (mg EAG/g) de óleo de castanha de Cotia. A extração de compostos fenólicos de produtos naturais é fortemente influenciada pelo solvente utilizado. Tem-se observado que quanto maior a polaridade do solvente de extração, maior a quantidade de compostos fenólicos extraídos (PARRY et al, 2005). Em óleos de soja, girassol, milho, canola e arroz, extraídos a frio, a quantidade de fenólicos totais variou de 1,26 a 1,48 mg/100 g, em equivalentes de ácido caféico

(SIGER; NOGALA-KALUCKA; LAMPART-SZCZAPA, 2008) e em óleos de oliva de 135 a 440 mg/kg, em equivalentes de ácido caféico (KOSKI et al., 2002). Enquanto que em óleos extraídos de castanhas do Brasil, castanha de caju e macadâmia, a concentração de compostos fenólicos totais foi de 3,10; 2,74 e 1,56 mg de EAG/g, respectivamente (ALASALVAR; SHAHIDI, 2009).

4. Considerações finais

As propriedades físico-químicas do óleo extraído da castanha de Cotia foram comparáveis às de óleos convencionais de boa qualidade, com considerável quantidade de compostos fenólicos totais. O óleo de castanha de Cotia obteve elevada porcentagem de ácidos graxos insaturados, destacando-se o ácido oleico. Este elevado grau de insaturação favorece seu uso para fins comestíveis, desde que comprovada a ausência de substâncias tóxicas ou alergênicas ou como matéria-prima para as indústrias farmacêutica e oleoquímica. Além disso, este óleo apresentou-se como fonte de tocoferóis, em especial dos isômeros α - e γ -tocopheróis.

5. Referências bibliográficas

ADHIKARI, P. et al. Tocols in caneberry seed oils. **Food Chemistry**, London, v. 111, n. 1, p. 687-690, 2008.

ALASALVAR, C.; SHAHIDI, F. Natural antioxidants in tree nuts. **European Journal of Lipid Science Technology**, Weinheim, v. 111, n. 11, p. 1056-1062, 2009.

ALASALVAR, C.; SHAHIDI, F. **Tree nuts**: composition, phytochemicals and health effects. Boca Raton: CRC Press, 2008.

AMARAL, J. S. et al. Determination of sterol and fatty acid compositions, oxidative stability, and nutritional value of six walnut (*Juglans regia* L.) cultivars grown in Portugal. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, n. 26, p. 7698-7702, 2003.

AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY (AOCS). **Official and tentative methods of the American Oil Chemists' Society**: including additions and revisions. 6. ed. Champaign, 2009.

ARAIN, S. et al. Oxidative stability assessment of *Bauhinia purpurea* seed oil in comparison to two conventional vegetable oils by differential scanning calorimetry

and Rancimat methods. **Thermochimica Acta**, Amsterdam, v. 484, n. 1-2, p.1-3, 2009.

BORGES, S. V. et al. Chemical composition of umbu (*Spondias Tuberosa* Arr. Cam) seeds **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 49-52, 2007.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC n. 270, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 23 set. 2005.

CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. 6. ed. Belém: CNPq; Museu Paraense Emílio Goeldi, 1996. 279 p. (Coleção Adolpho Ducke)

CHAVES, M. H. et al. Caracterização química do óleo da amêndoa de *Sterculia striata* ST. HIL. ET NAUD. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 404-408, 2004.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Codex-Stan 210**: codex standard for named vegetable oils. Rome, 2009.

COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. **Alimentos funcionais**: benefícios para a saúde. Viçosa: Varela, 2008. 298 p.

ETTINGER, S. Macronutrientes: carboidratos, proteínas e lipídeos. In: MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. (Ed.). **Alimentos, nutrição & dietoterapia**. 12. ed. São Paulo: Roca; 2010. p. 35-71.

FERREIRA, E. S. et al. Caracterização físico-química da amêndoa, torta e composição dos ácidos graxos majoritários do óleo bruto da castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 17, n. 2, p. 203-208, 2006.

HUBER, L. S.; HOFFMANN-RIBANI, R.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Quantitative variation in Brazilian vegetable sources of flavonols and flavones. **Food Chemistry**, London, v. 113, n. 1, p. 1278-1282, 2009.

HUNG, P. V. et al. Total phenolic compounds and antioxidant capacity of wheat graded flours by polishing method. **Food Research International**, Barking, v. 42, n. 1, p. 185-190, 2009.

KORNSTEINER, M.; WAGNER, K. H.; ELMADFA, I. Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types. **Food Chemistry**, London, v. 98, n. 2, p. 381-387, 2006.

KOSKI, A. et al. Oxidative stability and minor constituents of virgin olive oil and cold-pressed rapeseed oil. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 214, n. 4, p. 271-360, 2002.

LEANDRO, R. C.; YUYAMA, K. Enraizamento de estacas de castanha-de-cutia com uso de ácido indolbutírico. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 38, n. 4, p. 597-602, 2008.

LIU, R. H. Whole grain phytochemicals and health. **Journal of Cereal Science**, London, v. 46, n. 3, p. 207-219, 2007.

LUZIA, D. M. M.; BERTANHA, B. J.; JORGE, N. Sementes de pitanga (*Eugenia uniflora* L.): potencial antioxidante e perfil de ácidos graxos. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 69, n. 2, p. 00-00, 2010.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. **Krause**: alimentos, nutrição e dietoterapia. 12. ed. São Paulo: Roca, 2010. 1382 p.

MARTIN, C. A. et al. Ácidos graxos poliinsaturados omega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 6, p. 761-770, 2006.

NOGUEIRA, R. C.; CERQUEIRA, H. F.; SOARES, M. B. P. Patenting bioactive molecules from biodiversity: the Brazilian experience. **Expert Opinion on Therapeutic Patents**, London, v. 20, n. 2, p. 1-13, 2010.

PARRY, J. et al. Fatty acid composition and antioxidant properties of cold-pressed marionberry, boysenberry, red raspberry, and blueberry seed oils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 3, p. 566-573, 2005.

PESSOA, J. D. C.; LEEUWEN, J. V. Development of a shelling method to recover whole kernels of the cutia nut (*Couepia edulis*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 236-239, 2006.

PYRZYNSKA, K.; BIESAGA, M. Analysis of phenolic acids and flavonoids in honey. **Trends in Analytical Chemistry**, Crawford, v. 28, n. 7, p. 893-902, 2009.

QUEIROGA NETO, V. et al. *Dipteryx lacunifera* seed oil: characterization and thermal stability. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1601-1607, 2009.

ROSSELL, J. B. Classical analysis of oils and fats. In: HAMILTON, R. J.; ROSSELL, J. B. (Ed.) **Analysis of oils and fats**. London: Elsevier Applied Science, 1986. p. 1-90.

SALAS-SALVADÓ, J. et al. The effect of nuts on inflammation. **Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition**, Melbourne, v. 17, n. 1, p. 333-336, 2008. Supplement.

SCHMIDT, S.; POKORNÝ, J. Potential application of oilseeds as sources of antioxidants for food lipids - a review. **Czech Journal of Food Science**, Prague, v. 23, n. 3, p. 93-102, 2005.

SIGER, A.; NOGALA-KALUCKA, M.; LAMPART-SZCZAPA, E. The content and antioxidant activity of phenolic compounds in cold-pressed plant oils. **Journal of Food Lipids**, Trumbull, v. 15, n. 2, p. 137-149, 2008.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Jr. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SIRÓ, I. et al. Functional food: product development, marketing and consumer acceptance - a review. **Appetite**, London, v. 51, n. 3, p. 456-467, 2008.

VANHANEN, L. P.; SAVAGE, G. P. The use of peroxide value as a measure of quality for walnut flour stored at five different temperatures using three different types of packaging. **Food Chemistry**, London, v. 99, n. 1, p. 64-69, 2006.

YANG, J. Brazil nuts and associated health benefits: a review. **Food Science and Technology**, Wädenswil, v. 42, n. 1, p. 1573-1580, 2009.