

EXTRAÇÃO ASSISTIDA POR ULTRASSOM E CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DA CASTANHA-DO-BRASIL (*Bertholletia excelsa* H.B.K.)

Jessica Iara Schons, Karol Patel Fiori, Elton Brito Ribeiro, Carla Regina Andrighetti, Roberta Nogueira e Dênia Mendes de Sousa Valladão

RESUMO

A castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) é uma semente característica do bioma Amazônia, rico em ácidos graxos insaturados com aplicações na área cosmética e alimentícia. O objetivo deste estudo foi obter e verificar a qualidade do óleo extraído por ultrassom. O óleo foi extraído com hexano em ultrassom, por 2h à 45kHz. Foram avaliados os parâmetros umidade, cinzas, índice de refração, acidez total, índice de saponificação, índice de peróxido, ácido oleico, densidade e índice de iodo. O perfil de ácidos graxos foi determinado por cromatografia gasosa e os compostos fenólicos totais por espectrofotometria UV-VIS. O

rendimento foi de 37,38% e os resultados dos parâmetros avaliados mostraram boa qualidade do óleo obtido. Quanto à composição de ácidos graxos evidenciou-se maior percentual (~68,72%) de ácidos graxos insaturados. O óleo apresentou ainda quantidade relevante de compostos fenólicos totais. Os resultados obtidos foram comparáveis aos obtidos por prensagem e Soxhlet, demonstrando a eficiência da extração, além de utilizar quantidades reduzidas de reagentes. Assim, o método proposto para obtenção de óleo de castanha-do-Brasil utilizando extração assistida por ultrassom mostrou-se simples, rápido e de baixo custo.

Introdução

A castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) é uma das diversas frutas oleaginosas presentes no bioma Amazônia (Ferberg *et al.*, 2002; Santos *et al.*, 2011).

Nas sementes da castanha-do-Brasil estão presentes lipídios, proteínas, carboidratos e fibras, caracterizando-o como um alimento de nível energético elevado (Pacheco, 2007; Freitas *et al.*, 2007). Também são encontradas vitaminas (A, E, B1, B2 e B3) e minerais, como cálcio, sódio, ferro, potássio, magnésio e selênio, entre outros. Das vitaminas presentes, a vitamina E está em maior quantidade, o que pode estar relacionado ao seu teor de α -tocoferol, substância que quando associada aos compostos fenólicos, podem

agir como compostos funcionais com efeito preventivo contra o câncer e doenças coronarianas (Pacheco, 2007; Carvalho *et al.*, 2012; Nogueira *et al.*, 2014). A presença do selênio ganha destaque devido a suas qualidades antioxidantes, contribuindo na redução da geração de radicais livres (Santos *et al.*, 2011; Carvalho *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2013; Lima *et al.*, 2014).

O óleo da castanha-do-Brasil é constituído por diversos ácidos graxos, estando entre os principais o ácido palmítico (13,8%), ácido esteárico (8,7%), ácido oleico (31,4%) e ácido linoleico (45,2%). Em menor quantidade encontram-se os ácidos mirístico e palmítico (Freitas *et al.*, 2007; Chunhieng *et al.*, 2008; Camargo *et al.*, 2010; Carvalho *et al.*, 2012). Ainda, a presença des-

tes ácidos graxos colabora no funcionamento do organismo humano como veículo no transporte de vitaminas lipossolúveis (Penedo e Coelho, 1997; Reda e Carneiro, 2007; Chunhieng *et al.*, 2008; Santos *et al.*, 2015). É utilizado na fabricação de produtos cosméticos como cremes, condicionadores, óleos para massagem, sabonetes, loções, entre outros, devido a sua emoliência (Ferberg *et al.*, 2002; Freitas *et al.*, 2007; Chunhieng *et al.*, 2008; Santos *et al.*, 2015). A presença de vitaminas lipossolúveis no óleo (A e E), colaboram na ação antioxidante por atuarem contra o envelhecimento, aparecimento de rugas e flacidez na pele. Outro elemento encontrado no óleo são os fitoesteróis, usados topicamente em processos de cicatrização

(Chunhieng *et al.*, 2008; Lima *et al.*, 2011).

Para extração de óleos, os métodos tradicionais envolvem a prensagem e a extração com solvente Soxhlet, ou a combinação de ambos (Robbers *et al.*, 1997; Moretto e Fett, 1998; Chigozie *et al.*, 2014). A extração com fluido supercrítico e por ultrassom vem sendo utilizados como métodos alternativos na extração de óleos, já que a qualidade do óleo vegetal pode ser muito influenciada pela metodologia de extração utilizada.

A extração à frio consiste em colocar as amostras (sementes) inteiras em uma prensa hidráulica, onde será coletado o suco e óleo presente na amostra. Em seguida, o óleo é separado da emulsão formada com a água através da decantação, centrifugação

PALAVRAS CHAVE / *Bertholletia excelsa* / Castanha do Brasil / Extração / Óleo / Ultrassom /

Recebido: 27/11/2016. Modificado: 15/08/2017. Aceito: 17/08/2017.

Jessica Iara Schons. Graduação em Farmácia, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Brasil. e-mail: jeh.iara94@gmail.com

Karol Patel Fiori. Graduação em Farmácia, UFMT, Brasil. e-mail: fiori_karol@hotmail.com

Elton Brito Ribeiro. Doutor em Nanociência e Nanobiotecnologia, Universidade de Brasília, Brasil. Professor, UFMT, Brasil. e-mail: eltonbr8@hotmail.com

Carla Regina Andrighetti. Doutora em Química, Universidade Federal de Santa Cata-

rina, Brasil. Professora, UFMT, Brasil. e-mail: crandre20@yahoo.com.br

Roberta Nogueira. Doutora em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Brasil. Professora, UFMT, Brasil. e-mail: robertamnogueira@gmail.com

Dênia Mendes de Sousa Valladão (Autor para correspondência). Doutora em Química, Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Brasil. Professora, UFMT, Brasil. Endereço: Avenida Alexandre Ferronato, 1200. Sinop/MT, CEP 78557-267, Brasil. e-mail: deniavalladao@gmail.com

ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION AND CHARACTERIZATION OF OIL FROM BRAZIL NUT (*Bertholletia excelsa* H.B.K.)

Jessica Iara Schons, Karol Patel Fiori, Elton Brito Ribeiro, Carla Regina Andrighetti, Roberta Nogueira and Dênia Mendes de Sousa Valladão

SUMMARY

Brazil nut (Bertholletia excelsa H.B.K.) is a characteristic seed of the Amazon biome, rich in unsaturated fatty acids with applications in the cosmetic and alimentary area. The aim of this study was to obtain and verify the quality of the oil extracted by ultrasound. The oil was extracted with hexane on ultrasound for 2h at 45kHz. Humidity, ashes, refractive index, acidity, saponification index, peroxide index, oleic acid, density and iodine index were evaluated. The fatty acid profile was analyzed by gas chromatography, and total phenolic compounds by UV-VIS spectrophotometry. The

extraction yield was of 37,38% and the results of the evaluated parameters showed good quality of the obtained oil. As for the fatty acid chemical composition, a high percentage (~68,72%) of unsaturated fatty acid was observed. The oil also showed a relevant total phenolic compound content. The results obtained were comparable to those obtained by pressing and Soxhlet, demonstrating the extraction efficiency, besides using reduced amounts of reagents. The proposed method for obtaining Brazil nut oil using ultrasonic assisted extraction was simple, fast and inexpensive.

EXTRACCIÓN ASISTIDA POR ULTRASONIDO Y CARACTERIZACIÓN DE ACEITE DE NUEZ DE BRASIL (*Bertholletia excelsa* H.B.K.)

Jessica Iara Schons, Karol Patel Fiori, Elton Brito Ribeiro, Carla Regina Andrighetti, Roberta Nogueira y Dênia Mendes de Sousa Valladão

RESUMEN

La nuez de Brasil (Bertholletia excelsa H.B.K.) es una semilla característica del bioma Amazonia, rico en ácidos grasos insaturados con aplicaciones en la industria cosmética y alimentaria. El objetivo de este estudio fue obtener y verificar la calidad del aceite extraído por ultrasonido. El aceite se extrajo con hexano en un baño ultrasónico durante 2h a 45kHz. Los parámetros evaluados fueron humedad, cenizas, índice de refracción, índice de acidez, índice de saponificación, índice de peróxidos, ácido oleico, índice de yodo y la densidad. El perfil de ácidos grasos se determinó por cromatografía de gases y fenoles totales por espectrofotometría UV-

VIS. El rendimiento fue de 37,38% y los resultados de los parámetros evaluados mostró una buena calidad del aceite obtenido. En cuanto a la composición de ácidos grasos, mostró un mayor porcentaje (~68,72%) de ácidos grasos insaturados. El aceite también presenta gran cantidad de fenoles totales. Los resultados obtenidos fueron comparables a los obtenidos por prensado y Soxhlet, lo que demuestra la eficacia de la extracción, además de utilizar menores cantidades de reactivos. El método propuesto para la extracción de aceite de nuez de Brasil asistida por ultrasonido demostró ser simple, rápido y económico.

ou destilação fracionada (Simões *et al.*, 2007). Já para a extração com solventes pode ser utilizado um ou mais solventes e o método mais utilizado é a extração por Soxhlet, no qual as amostras são extraídas com solventes apolares com ponto de ebulição de até 70°C. O aumento desta temperatura pode ser responsável pela formação de ácidos graxos livres, devido à quebra de ligações entre ácidos graxos e glicerol (Robbers *et al.*, 1997; Moretto e Fett, 1998; Freitas *et al.*, 2007; Cavalcante *et al.*, 2011; Silveira *et al.*, 2012).

A extração com fluido supercrítico é empregado em condições de temperatura e pressão acima do ponto crítico, propiciando elevado poder de solvatação e coeficiente de difusão,

baixa tensão superficial e viscosidade (Penedo e Coelho, 1997; Freitas *et al.*, 2007; Silveira *et al.*, 2012; Tian *et al.*, 2013; Santos *et al.*, 2013).

A extração assistida por ultrassom não é comumente usada para extração de óleos vegetais, entretanto já existem relatos na literatura de seu uso (Thoe *et al.*, 1998). Baseia-se na propagação das ondas ultrassônicas e das forças de cavitação resultantes, onde as bolhas geradas podem se chocar de forma intensa e gerar pressão local causando a ruptura dos tecidos, favorecendo a liberação de substâncias intracelulares no solvente (Knorr *et al.*, 2004; Shalmashi *et al.*, 2009; Goula, 2013).

As vantagens do ultrassom estão na simplicidade do equi-

pamento, na redução da quantidade dos reagentes utilizados, na possibilidade de usar diferentes solventes para a extração, bem como diminuir o tempo necessário para realizá-las (Thoe *et al.*, 1998; Mulet *et al.*, 2002; Freitas, 2007; Cardoso *et al.*, 2014).

O objetivo deste trabalho foi estudar um método alternativo de obtenção de óleo de castanha-do-Brasil, bem como avaliar sua qualidade.

Material e Métodos

Equipamentos e reagentes

Os equipamentos utilizados foram: balança analítica (Shimadzu®- ATX224), banho ultrassom (Cristófoli®), bomba a vácuo (Logen Scientific®),

chapa de aquecimento (Thelga® - TD3040-A), cromatógrafo gasoso (CG) (Varian®-GC 3900), espectrofotômetro UV/VIS (PG Instruments Ltda®/ T80), estufa de secagem (Lucadema®), estufa de circulação forçada (Ethik Technology®), liquidificador industrial (Arno), manta aquecedora (Hydrosan), refratômetro (Polax®), e evaporador rotativo (Fisatom®).

Os reagentes utilizados para realização do trabalho foram: ácido acético, ácido clorídrico, água destilada, álcool, amido solúvel, bicarbonato de sódio, cloreto de cálcio anidro, clorofórmio, éter etílico, hexano, hidróxido de potássio, hidróxido de sódio, iodeto de potássio, iodo, metanol, tetracloreto de carbono, tiossulfato de sódio, todos de grau analítico, da

marca Synth, solução de Wijs (Splabor) e reagente de Folin-Ciocalteu (Vetec).

Local da coleta

As sementes da castanha-do-Brasil foram cedidas pela indústria Borello Alimentos, município de Sinop, Mato Grosso, e transportadas para o laboratório de controle de qualidade, Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Sinop.

Preparo das sementes para extração

As castanhas (sementes) foram retiradas manualmente do ouriço com o auxílio de um martelo, e então trituradas em liquidificador industrial. Após trituração, as amostras foram armazenadas em frascos âmbar.

Extração do óleo

O óleo foi extraído por ultrassom, utilizando-se como solvente o hexano. A mistura (castanha/solvente) foi colocada em um balão de fundo chato de 250ml, na proporção de 1:5, sendo em seguida levado para 'sonicar' durante 2h com frequência de 45kHz a uma temperatura média de 35°C. Após esta etapa, a mistura (óleo/solvente) foi filtrada e evaporada em evaporador rotativo a 50°C. Após a evaporação, obteve-se o óleo bruto que foi pesado em balança analítica.

Caracterização físico-química do óleo

O conteúdo de água, cinzas, índice de refração, acidez total, índice de saponificação, índice de peróxido, ácido oleico, densidade e índice de iodo foram determinados segundo metodologias estabelecidas nas Normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

A composição dos ácidos graxos foi determinada por cromatografia em fase gasosa, sendo empregado um cromatógrafo da Varian, modelo 3900 com detector de ionização em

chama. Os compostos foram separados em coluna capilar de sílica fundida CP-Si 88 de 60m de comprimento, com diâmetro interno de 0,20mm e espessura do filme de 0,20µm. Foram obedecidas as seguintes condições de operação: temperatura programada da coluna: 90°C (4min), taxa de aquecimento 10°C/min até 190°C (15min); temperatura do injetor 220°C; temperatura do detector 230°C; gás de arraste: hidrogênio; fluxo do gás de arraste: 30ml·min⁻¹; razão de divisão da amostra: 1:30. O volume de injetado foi de 1,0µl.

Determinação de fenóis

A extração dos compostos fenólicos foi realizada segundo Parry (2006) com modificações. A 2g de óleo foi adicionado 5ml de metanol 60% (v/v) e 2ml de hexano, o qual foi agitado em vortex durante 10min. Após agitação, a mistura ficou em repouso por 10min e em seguida foi submetida a centrifugação por 10min à 3000rpm. A fase hidroalcolica procedeu-se a determinação do teor de fenóis totais por meio da espectrofotometria na região visível, utilizando o método adaptado de Folin-Ciocalteu (Jayaprakasha *et al.*, 2001). A mistura permaneceu em repouso ao abrigo da luz por 1h e as absorvâncias foram medidas a 750nm. Para elaboração da curva de calibração foi utilizado o ácido gálico nas concentrações de 1 a 10µg·ml⁻¹ e os valores de fenóis totais expressos como equivalente de ácido gálico (µg de equivalentes de ácido gálico/g de óleo - µgEAG/g). O ensaio foi realizado em triplicata.

Resultados e Discussão

A extração do óleo da castanha-do-Brasil realizado pelo método de ultrassom forneceu um rendimento de 37,38% de óleo, apresentando um melhor rendimento em relação aos outros métodos de extração (Robbers *et al.*, 1997; Moretto e Fett, 1998; Torres *et al.*, 2012), porém, foi inferior a Freitas (2007), que efetuou a

extração por Soxhlet usando éter de petróleo durante 12h. Sabe-se que a metodologia escolhida para a extração de óleos pode afetar a quantidade extraída e, neste estudo, o óleo extraído apresentou rendimento semelhante a outros estudos com a vantagem de ser obtido num tempo menor, de 2h.

Os resultados dos parâmetros físico-químicos do óleo permitiram avaliar a qualidade do produto e encontram-se na Tabela I.

O valor de umidade encontrado foi de 0,300%, caracterizando uma vantagem, uma vez que valores altos de umidade favorecem a oxidação hidrolítica. O percentual de cinzas de 0,086% ± 0,010 mostrou que a amostra quando queimada a 550 ± 25°C tem destruição praticamente completa da matéria orgânica.

O índice de refração de 1,460 e a densidade de 0,9165g·ml⁻¹ foram concordantes com outros autores (Ferreira *et al.*, 2006; Queiroga Neto *et al.*, 2009).

O índice de acidez não deve ultrapassar o limite máximo de 4,0mg NaOH/g segundo a Resolução RDC n° 270, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Brasil, 2005). O óleo obtido por ultrassom apresentou valor inferior ao limite preconizado (2,57 mgNaOH/g), o que caracteriza uma vantagem, já que altos índices de acidez indicam uma amostra de baixa qualidade, que possam ter sofrido tratamento e armazenamento impróprios, afetando assim a sua qualidade (Moretto e Feet, 1998; Pereira *et al.*, 2008; Thode Filho, *et al.*, 2014; Santos, *et al.*, 2015). O percen-

tual de ácido oleico encontrado foi de 1,29%. Este valor foi superior ao encontrado por Ferreira *et al.* (2006) e Queiroga Neto *et al.* (2009), que encontraram valores de 0,104 e 0,710%.

O índice de peróxido visa verificar uma possível deterioração oxidativa do óleo e o valor máximo estabelecido pela legislação brasileira (Brasil, 2005) é de 15meq·kg⁻¹. O valor encontrado foi de 5,74meq·kg⁻¹, sugerindo o bom estado de conservação e qualidade do óleo sem processos de purificação.

O índice de saponificação é inversamente proporcional ao peso molecular médio dos ácidos graxos dos glicerídeos presentes em amostras de óleos e gorduras, e o valor encontrado foi de 191,62mg KOH/g, ligeiramente inferior ao encontrado por Ferreira *et al.* (2006) e superior a Araújo (2008). Já para o índice de iodo, foi encontrado o valor de 85,8g I₂/100g. Índices elevados de iodo sugerem presença de quantidades significativas de ácidos graxos insaturados. Queiroga Neto *et al.* (2009), utilizando extração por prensaagem, obteve índice de iodo no valor de 97,8g I₂/100g e Araújo (2008) encontrou o valor de 93,5g I₂/100g. O fato de o método ter apresentado valor inferior a outros métodos de extração sugere que algumas insaturações foram degradadas, diminuindo os valores de absorção de iodo.

A Tabela II mostra os resultados da composição de ácidos graxos do óleo de castanha obtido por ultrassom através da cromatografia gasosa (CG). Os

TABELA I
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DO
ÓLEO DE EXTRAÍDO DE CASTANHA-DO-BRASIL
(*Bertholletia excelsa*) PELO MÉTODO DE ULTRASSOM

Parâmetros avaliados	Óleo obtido por ultrassom
Acidez total (mgNaOH/g)	2,57
Ácido oleico (%)	1,29
Cinzas (% m/m)	0,086
Densidade (gm·l ⁻¹)	0,9165
Índice de iodo (g I ₂ /100g)	85,8
Índice de peróxido (meq·kg ⁻¹)	5,74
Índice de refração	1,46
Índice de saponificação (mg KOH/g)	191,62
Umidade (%)	0,30

TABELA II
COMPOSIÇÃO DOS
ÁCIDOS GRAXOS DO
ÓLEO DE CASTANHA
OBTIDO POR ULTRASSOM

Ácido Graxo	Porcentagem por peso*
Palmitico, C16:0	15,3 ±0,09
Estearico, C18:0	12,1 ±0,07
Oleico, C18:1	32,1 ±0,12
Linoleico, C18:2	36,5 ±0,08
Linolenico, C 18:3	0,12 ±0,16
Araquídico, C 20:0	0,20 ±0,11

*Os valores na tabela representam a média ±desvio padrão.

ácidos oleico e linoleico são os predominantes e os valores encontrados são concordantes com dados da literatura obtidos por prensagem e Soxhlet (Ferreira *et al.*, 2006; Freitas, 2007; Araújo, 2008; Queiroga Neto *et al.*, 2009; Castelo Branco *et al.*, 2016).

A cromatografia gasosa permitiu verificar que o óleo extraído é constituído em sua maior porção por ácidos graxos insaturados (68,72%), o que o caracteriza como sendo de excelente qualidade. Ainda, o resultado está de acordo com o índice de saponificação e iodo calculado para o óleo de castanha.

Na determinação de compostos fenólicos foi encontrado 0,185mg EAG/g. O teor de fenóis totais depende de fatores como clima, solo, grau de maturidade do fruto durante a colheita. O solvente utilizado também apresenta papel importante no processo extrativo de fenóis totais, uma vez que a polaridade do solvente interfere no tipo de composto extraído; ou seja, quanto maior a polaridade do solvente de extração, maior a quantidade de compostos fenólicos totais extraídos. Em estudos semelhantes com óleo de castanha-do-Brasil, Miraliakbari e Alasalvar (2008) obtiveram valores próximos ao resultado obtido neste estudo, sendo 0,153mg EAG/g com extração com hexano e 0,429mg EAG/g na extração com clorofórmio/metanol. Ainda, segundo Alasalvar e Shahidi (2008) e John e Shahidi (2010), variações nos teores de fenóis em castanha-do-Brasil devem-se a presença

ou não de sua casca, que influencia na quantidade de antioxidantes.

Assim, o método proposto de extração assistida por ultrassom para obtenção do óleo de castanha-do-Brasil mostrou-se ser uma boa opção de processo extrativo, além de ser simples e possibilitar a utilização de diferentes solventes para extração num curto período de tempo.

Conclusões

O método proposto para obtenção de óleo de castanha-do-brasil utilizando extração assistida por ultrassom mostrou-se simples, rápido e de baixo custo. Os resultados obtidos foram comparáveis aos obtidos por prensagem e Soxhlet, demonstrando a eficiência da extração, além de utilizar quantidades reduzidas de reagentes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Borello Alimentos Ltda. que forneceu a castanha-do-brasil, e à Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil pelo auxílio à pesquisa.

REFERÊNCIAS

Alasalvar C, Shahidi F (2009) Natural antioxidants in tree nuts. *Eur. J. Lipid. Sci. Tech.* 111: 1056-1062.

Araújo LA (2008) *Estudo das Propriedades Físicas, Químicas e Termofísicas de Óleos Regionais e Suas Misturas*. Tese. Universidade Federal do Pará. Brasil. 127 pp.

Brasil (2005) *Resolução RDC nº 270, de 22 de Setembro de 2005. Aprova o Regulamento Técnico para Óleos Vegetais, Gorduras Vegetais e Creme Vegetal*. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Diário Oficial da União, Brasília, 23/09/2005. http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_270_2005.pdf/c27660a1-b6ac-4a38-aadc-956929c80b7b (Cons. 20/06/2016).

Camargo FF, Costa RB, Resende MDV, Roa RAR, Rodrigues NB, Santos LV, Freitas ACA (2010) Variabilidade genética para caracteres morfométricos de matrizes de castanha-do-brasil da Amazônia Matogrossense. *Acta Amaz.* 40: 705-710.

Cardoso WA, Almeida WB, Gremias R, Puckoski AG, Angiolleto E (2014) Comparação entre métodos de extração de óleo de microalgas. *Rev. Inic. Cient.* 12: 1-12.

Carvalho IMM, Queiroz JH, Brito LF, Toledo RCL, Souza AL (2012) O consumo de castanhas pode reduzir o risco de processos inflamatórios e doenças crônicas. *Encicl. Biosfera* 8(15): 1977-1996.

Castelo Branco VN, Santana I, Di-Sarli VO, Freitas SP, Torres AG (2016) Antioxidant capacity is a surrogate measure of the quality and stability of vegetable oils. *Eur. J. Lipid. Sci. Tech.* 118; 224-235.

Cavalcante AK, Sousa LB, Hamawaki OT (2011) Determinação e avaliação do teor de óleo em sementes de soja pelos métodos de ressonância magnética nuclear e Soxhlet. *Biosci. J.* 27: 8-15.

Chigozie FU, Onukwuli OD, Nwabanne JT (2014) Characterization, kinetics and screening analysis of gmelina seed oil extraction process. *Mater. Renew. Sustain. Energy* 3: 38-49.

Chunhieng T, Hafidi A, Pioch D, Brochier J, Montel D (2008) Detailed study of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) oil micro-compounds: phospholipids, tocopherols and sterols. *J. Braz. Chem. Soc.* 19: 1374-1380.

Ferberg I, Cabral LC, Gonçalves EB, Deliza R (2002) Efeito das condições de extração no rendimento e qualidade do leite de castanha-do-brasil despelucada. *B. CEPPA* 20: 75-88.

Ferreira ES, Silveira CS, Lucien VG, Amaral AS (2006) Caracterização físico-química da amêndoa, torta e composição dos ácidos graxos majoritários do óleo bruto de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.). *Alim. Nutr.* 17: 203-208.

Freitas SP, Freitas-Silva O, Miranda IC, Coelho MAS (2007) Extração e fracionamento simultâneo de óleo castanha-do-brasil com etanol. *Rev. Ciênc. Tecnol. Alim.* 27: 14-17.

Goula AM (2013) Ultrasound-assisted extraction of pomegranate seed oil - Kinetic modeling. *J. Food Eng.* 117: 492-498.

IAL (2008) *Normas Analíticas do IAL: Métodos Químicos e Físicos para a Análise de Alimentos*. 5a ed. São Paulo, Brasil. 1020 pp.

Jayaprakasha GK, Singh RP, Instituto Adolfo Lutz Sakariah KK (2001) Antioxidant activity of grape seed (*Vitis vinifera*) extracts on

peroxidation models in vitro. *Food Chem.* 73: 285-290.

John J, Shahidi F (2010) Phenolic compounds and antioxidant activity of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*). *J. Func. Foods* 2:196- 209.

Knorr D, Zenker M, Heinz V, Lee DU (2004) Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends Food Sci. Technol.* 15: 261-266.

Lima BR, Silva FMA, Koolen HHH, Almeida RA, Souza ADL (2014) Solid phase extraction of phospholipids from Brazil Nut (*Bertholletia excelsa*) and their characterization by mass spectrometry analysis. *MSL* 5(4): 115-119.

Lima CRRC, López-García P, Tavares VF, Almeida MM, Zanolini C, Aurora-Prado MS, Santoro MIRM, Kedor-Hackmann ERM (2011) Separation and identification of fatty acids in cosmetic formulations containing Brazil nut oil by capillary electrophoresis. *Ciênc. Farm. Bás. Apl.* 32: 341-348.

Miraliakbari H, Shahidi F (2008) Antioxidant activity of minor components of tree nut oils. *Food Chem.* 111: 421-427.

Moretto E, Fett R (1998) *Tecnologia de Óleos e Gorduras Vegetais na Indústria de Alimentos*. Varela. São Paulo, Brasil. 150 pp.

Mulet A, Benedito J, Golas Y, Carcel JA (2002) Noninvasive ultrasonic measurements in the food industry. *Food Rev. Int.* 18: 123-133.

Nogueira RM, Álvares VS, Ruffato S, Lopes RP, Silva JS (2014) Physical properties of Brazil nuts. *Rev. Eng. Agric.* 34: 963-971.

Pacheco AM, Scussel V (2007) Selenium and aflatoxin levels in raw Brazil nut from the Amazon Basin. *J. Agric. Food Chem.* 55: 11087-11092.

Parry J, Hao Z, Luther M, Su L, Zhou K, Yu L (2006) Characterization of cold-pressed onion, parsley, cardamom, mullein, roasted pumpkin, and milk thistle seed oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 83(10): 847-854.

Penedo PLM, Coelho GLV (1997) Purificação de óleos vegetais por extração com CO₂ supercrítico. *Ciênc. Tecnol. Alim.* 17(4): 380-383.

Pereira AFC, Pontes MJC, Gambarra Neto FF, Santos SRB, Galvão RKH, Araújo MCU (2008) NIR spectrometric determination of quality parameters in vegetable oils using iPLS and variable selection. *Food Res Int.* 41: 341-348.

- Queiroga Neto V, Bakk AO, Ramos CMP, Bora OS, Letelier JC, Conceição MM (2009) Brazil nut (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) seed kernel oil: characterization and thermal stability. *BioFar* 3: 33-42.
- Reda SY, Carneiro PIB (2007) Óleos e gorduras: aplicações e implicações. *Análitica* 27: 60-67.
- Robbers JB, Speedie MK, Tuler VE (1997) *Farmacognosia e Farmacobiotechnologia*. Premier. São Paulo, Brasil. 372 pp.
- Santos OV, Corrêa NC, Lannes SCS (2011) Caracterização físico-química, microbiológica e micotoxicológica da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.). *Illuminart* 7: 48-59.
- Santos OV, Corrêa NCF, Junior RNC, Costa CEF, Lannes SCS (2013) Yield, nutritional quality, and thermal-oxidative stability of Brazil nut oil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) obtained by supercritical extraction. *J. Food Eng.* 17: 499-504.
- Santos AL, Kunrath NF, Souza IS, Carvalho CEG, (2015), Avaliação físico-química do óleo residual da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) e sua conversão em biodiesel. *Rev. Encicl. Bras.* 11(22): 3550-3561.
- Shalmashi A (2009) Ultrasound-assisted extraction of oil from tea seeds. *J. Food Lip.* 16: 465-474.
- Silva AA, Santos MKV, Gama JRV, Leão S (2013) Potencial do extrativismo da Castanha-do-Pará na geração de renda em comunidades da mesorregião do baixo Amazonas, Pará. *Floresta Ambient.* 20: 500-509.
- Silva RF, Ascheri JLR, Souza JML (2010) Influência do processo de beneficiamento na qualidade de amêndoas de castanha-do-brasil. *Ciênc. Agrotec.* 34: 445-450.
- Silveira JC, Busato NV, Costa AOS, Junior EFC (2012) Levantamento e análise de métodos de extração de óleos essenciais. *Enciclopédia Biosfera* 8(15); 2038-2052.
- Simões CMO (2007) *Farmacognosia: da Planta ao Medicamento*. 6ª ed. Universidade Federal de Santa Catarina. Brasil. 1104 pp.
- Thode Filho ST, Cabral GB, Maranhão FS, Sena MFM, Silva ER (2014) Deterioração de óleos vegetais expostos a diferentes condições de armazenamento. *REGET* 18: 7-13.
- Thoe TB, Aspinwall DK, Wise MLH (1998) Review on ultrasonic machining. *Int. J. Mach. Tool. Manuf.* 38: 239-255.
- Tian Y, Xu Z, Zheng B, Lo YM (2013) Optimization of ultrasonic-assisted extraction of pomegranate (*Punica granatum* L.) seed oil. *Ultrason. Sonochem.* 20: 202-208.
- Torres MPR, Doroteu K, Valladão DMS, Glusczyk L, Agostini JS (2012) Características físicas e nutricionais do pequi e comparação de diferentes métodos para extração de seus lipídeos. *Sci. Eletr. Arch.* 1: 6-10.