

Influência da secagem na concentração de ácidos graxos do óleo das sementes de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.)

*Ramon Leite da Silva*¹, *Nazareno de Pina Braga*², *Francisco Célio Maia Chaves*³

Resumo

Sementes de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) têm grande potencial de ser utilizada em aplicações nas indústrias de alimentos e farmacêutica. Neste trabalho foram analisadas a influência da temperatura do ar de secagem na composição de ácidos graxos e rendimento de extração de seu óleo. As sementes forneceram bons rendimentos em óleo para temperaturas de 40 °C e 50 °C com velocidades constante do ar de secagem de 0,067 m/s (47% ± 2,545 e 48,15% ± 1,626, respectivamente). As análises de ácidos graxos revelaram que o ácido α -linolênico (58,22% m/v) foi o principal ácidos graxo presente no óleo das sementes de sacha inchi para a temperatura do ar de secagem de 60 °C. Os resultados indicam que a operação de secagem a 50 °C e velocidade do ar de 0,067 m/s foi a ideal para a retirada de umidade e posterior extração do óleo das sementes

Palavras-Chave: secagem, extração, ácidos graxos, sacha inchi.

Influence of drying on fatty acids concentration of sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seed oil. Sacha inchi seeds (*Plukenetia volubilis* L.) have great potential for use in the food and pharmaceutical industries. In this work we analyzed the influence of the drying air temperature on the fatty acid composition and its oil extraction yield. The seeds provided good oil yields at temperatures of 40 °C and 50 °C with constant drying air velocities of 0.067 m/s (47% ± 2.545 and 48.15% ± 1.626, respectively). Fatty acid analysis revealed that α -linolenic acid (58.22% m/v) was the main fatty acid present in sacha inchi seed oil for drying air temperature of 60 °C. The results indicate that the drying operation at 50 °C and air velocity of 0.067 m/s was ideal for moisture removal and subsequent oil extraction from seeds

Key-words: drying, extraction, fatty acids, sacha inchi.

¹ Bolsista CNPQ, Departamento de Engenharia Química, FT, UFAM, ramonlsilva@hotmail.com

² Professor do Departamento de Engenharia Química, FT, UFAM, nbraga@ufam.edu.br

³ Pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental, celio.chaves@embrapa.br



1. Introdução

Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) é uma espécie pertencente à família Euphorbiaceae, também conhecida como amendoim da Amazônia ou semente Lopo. Essa espécie é nativa da região andina, podendo ser encontrada em toda a região Amazônica, sendo no Brasil facilmente encontrada na região norte e alguns estados do sudeste. Como principais características, sua semente é oval com coloração marrom escura, rica em proteínas, além de apresentar na composição de seu óleo uma grande quantidade dos ácidos poli-insaturados ômega 3, 6 e 9. (Bordignon; Ambrosano & Rodrigues, 2012, Guillén *et al.*, 2003).

Quanto a sua composição química, já foram descritos para a semente de Sacha inchi um percentual de cerca de 40% de óleos poli-insaturados e 25% de proteínas. Entre os ácidos graxos, linoleico (ômega 6) e α -linolênico (ômega 3) representam 35% e 45% do total de ácidos, e o ácido oleico (ômega 9) está presente em uma quantidade um pouco menor. O óleo de sachá inchi também é constituído por tocoferóis, carotenos, polifenóis e fitoesteróis (Bondioli; Della Bella, & Rettke, 2006, Chirinos *et al.*, 2013, Follegatti-Romero, 2009, Hamaker *et al.*, 1992).

O cultivo das sementes de *Plukenetia volubilis* L. aumentou no sul da Colômbia com o passar dos anos, principalmente devido ao seu teor de óleos poli-insaturados, além de estar presente na dieta dos povos nativos da região Amazônica e na utilização na medicina tradicional. Os estudos das sementes vêm aumentando devido ao

seu potencial de produção de óleo, pois este é uma fonte de compostos bioativos e macronutrientes, sendo largamente utilizado nas indústrias peruanas para fins de produção de azeite (Bordignon; Ambrosano & Rodrigues, 2012, Kumar *et al.*, 2014).

Além disso, a secagem de sementes é um fator importante para a qualidade dos seus respectivos óleos vegetais, pois, se realizada de forma incorreta, pode alterar a composição química destes óleos. A secagem pode ser feita por método natural ou artificial (OLIVEIRA *et al.*, 2010, DELIBERALI *et al.*, 2010).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi extrair, a partir de diferentes temperaturas de secagem, o óleo da semente de sachá inchi e deste quantificar os ácidos oleico, linoleico e linolênico, além de fazer uma relação entre as temperaturas de secagem com as quantidades desses ácidos graxos encontrados.

2. Material e Método

2.1. Obtenção e limpeza das sementes

As sementes de sachá inchi foram cedidas pela EMBRAPA Amazônia Ocidental e selecionadas manualmente, sendo medido seu diâmetro médio, com aproximadamente 1,2 cm. Para retirar possíveis impurezas e microrganismos contidos, as sementes foram submetidas à lavagem com água corrente e higienização com hipoclorito de sódio a 1%.

2.2. Secagem e teor de umidade

As sementes de sachá inchi foram primeiramente descascadas e trituradas no liquidificador do Laboratório de Controle de Qualidade da UFAM. Foi calculado o



teor de umidade das sementes de sachá inchi antes do processo de secagem. A determinação da umidade se deu por meio de uma Balança Determinadora de umidade – Sist. de Aquecimento infravermelho, no LAMAT, UFAM.

O processo de secagem das sementes foi realizado em Estufa com Circulação e Renovação de ar da marca LimaTec® a 1100 W de potência e velocidade de ar 0,067 m/s, e ocorreu nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C.

Foram separados 100 g de semente triturada para a secagem em 40 °C por 2,5 h até que não ocorresse mais variação de massa. Ao final as sementes foram armazenadas a temperatura ambiente de aproximadamente 25 °C. O mesmo método foi realizado para secagem nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, sendo as secagens destas realizadas por 3 h.

Os dados de secagem foram adquiridos a cada 10 min do começo ao fim do experimento. Para obter o conteúdo de umidade, foram utilizados os dados de perda de massa, registrados por uma balança semi-analítica eletrônica digital de modelo Tavola 6 – visor simples e marca MICHELETTI®, e a massa seca da semente de sachá inchi em base seca, através da equação 1.

$$X_{bu} = \frac{m_{úmida} - m_{seca}}{m_{úmida}} \quad (1)$$

2.3. Extração sólido-líquido

Após a secagem, as sementes foram submetidas a uma extração por soxhlet utilizando o hexano como solvente extrator, com volume de 120 mL para cada amostra. A extração foi realizada em duplicata para todas as metodologias de

secagem (40 °C, 50 °C, 60°C e 70 °C) e a massa de semente utilizada para a extração do óleo foi de 10,0 g. Após a extração o óleo foi concentrado em um evaporador-rotatório em CNTP para a retirada total de hexano.

Os rendimentos em óleo foram obtidos através da equação 2, pesando-se a massa de óleo obtido pela massa de sementes secas utilizadas em cada extração.

$$Rendimento_{\text{óleo}}(\%) = \frac{m_{\text{óleo}}}{m_{ss}} \times 100 \quad (2)$$

2.4. Caracterização química do óleo fixo das sementes de sachá inchi

Para a caracterização química dos ácidos graxos presentes no óleo, foi realizada cromatografia líquida de alta eficiência. Para essa finalidade foi utilizado um cromatógrafo de separação analítica da marca Agilent, Modelo Agilent Infinity 1220 LC equipado com bomba para gradiente e comprimento de onda variável. O equipamento é constituído de uma bomba tipo hidráulica constituída de duplo pistão acoplada em série, acionada por um servomotor, apresenta um range de vazão (0,2-10 mL/min) e a pressão de operação 0 à 60 MPa a 5mL/min; uma bomba com degaseificador de duplo canal; injetor manual; autosampler ou autoamostrador opera com uma pressão de operação de (0 – 60 Mpa), taxa de injeção de (0,1 – 100 µL de 1 – 99 injeções em replicata.; coluna Eclipse XDB - C18 , com tamanho de partícula de 5 µm, 4,6 x 250 mm que suporta temperatura de 5 – 60 °C, volume interno 6 µL e detector do tipo fotômetro feixe duplo com fonte de luz utilizando lâmpada de deutério (190 – 600 nm) máxima taxa de transferência de dados 80 Hz. Saída

analógica de 100 milivolts e comunicação RC-232C.

Para identificação de compostos de ácidos graxos, utilizou-se acetonitrila como solvente extrator com 0,1 g de óleo e 1 mL de clorofórmio para facilitar o processo de solubilização do óleo em acetonitrila, e foi agitado manualmente formando uma emulsão. Obteve-se uma solução límpida que foi filtrada com auxílio de uma seringa graduada de 200 mL acoplada a um filtro de 0,45 μm e transferido a um béquer de 10 mL.

A solução foi injetada no cromatógrafo numa vazão de 1,5 mL.min⁻¹, temperatura ambiente de 25,4 \pm 1 °C, volume de injeção 10 μL , comprimento de onda de 205 nm, e fase móvel mantida em A:B 95:5 acetonitrila/água.

A curva de calibração foi obtida por análise de regressão linear, traçando-se um gráfico entre a concentração dos padrões usados e a área do pico cromatográfico. As soluções dos ácidos graxos foram preparadas diluindo-se 10 mg do padrão em 10 mL de acetonitrila. Soluções diluídas foram preparadas a partir da solução de 1,0 mg/mL. As concentrações preparadas para construção da curva de calibração foram: 1,0; 0,50; 0,25; 0,10; 0,05 mg/mL. As injeções de 10 μL foram realizadas utilizando como fase móvel uma mistura de acetonitrila/ácido fórmico (99,9/0,01) – A – e uma mistura de água/ácido fórmico (99,9/0,01) – B.

Após a injeção da curva padrão, foram injetadas as amostras de óleos a uma concentração de 1 mg/mL e foram obtidos os cromatogramas para as amostras secas a 40 °C, 50 °C, 60 °C e 70 °C

Os ácidos graxos analisados foram os principais encontrados na literatura estudada que são os ácidos graxos oleico, linoleico e α -linolênico. Para a confirmação da presença e quantificação desses ácidos foram utilizados os seus respectivos padrões cromatográficos fornecidos pela Sigma-Aldrich com pureza \geq 99%.

3. Resultados e Discussão

3.1. Processo de Secagem das sementes de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.)

Foi determinada a umidade inicial das sementes conforme metodologia do tópico 2.2 onde o resultado obtido foi de 14,40% em base úmida, próximo ao encontrado por GARCIA *et. al.*, (2019), que obteve 16,9%.

A perda de massa da semente de sachá inchi a partir do processo de secagem para diferentes temperaturas é apresentada na Tabela 1.

O comportamento da secagem denota o que já se esperava: quanto maior a temperatura do ar de secagem a que um material sólido úmido é submetido, maior e mais rápida será a perda de massa deste; bem como quanto menor a temperatura, menor e mais lenta sua perda de massa (INCROPERA; BERGMAN & DEWITT, 2008).

Com os dados de umidade em base úmida obtidos em função do tempo de secagem foi construído o gráfico da Figura 1 que mostra a influência da temperatura do ar de secagem na perda de umidade das sementes de sachá inchi.

Na Figura 1, é notório observar que as curvas de conteúdos de umidade em função do tempo têm velocidades diferentes

em função da temperatura do ar de secagem utilizada para cada ensaio. O teor de

umidade alcançado é menor quanto maior foi a temperatura de secagem.

Tabela 1 – Percentual de umidade em base úmida das sementes de sachá inchi em função do tempo para diferentes temperaturas do ar de secagem.

t (min)	Temperatura do ar de secagem (°C)							
	40 °C		50 °C		60 °C		70 °C	
	m (g)	X_{bu}	m (g)	X_{bu}	m (g)	X_{bu}	m (g)	X_{bu}
0	100,00	0,1440	100,00	0,1440	100,00	0,1440	100,00	0,1440
10	97,63	0,1203	99,15	0,1355	96,92	0,1132	96,25	0,1065
20	97,13	0,1153	97,52	0,1192	95,52	0,0992	94,40	0,0880
30	96,66	0,1106	96,82	0,1122	94,93	0,0933	93,70	0,0810
40	96,58	0,1098	96,22	0,1062	94,55	0,0895	93,00	0,0758
50	96,39	0,1079	95,96	0,1036	94,37	0,0877	92,80	0,0720
60	96,12	0,1052	95,88	0,1028	94,12	0,0852	92,55	0,0695
70	96,07	0,1047	95,74	0,1014	93,99	0,0839	92,41	0,0681
80	95,91	0,1031	95,67	0,1007	93,93	0,0833	92,17	0,0657
90	95,82	0,1022	95,61	0,1001	93,83	0,0823	92,11	0,0651
100	95,75	0,1015	95,50	0,0990	93,82	0,0820	92,00	0,0650
110	95,69	0,1009	95,30	0,0970	93,81	0,0812	91,97	0,0637
120	95,63	0,1003	95,06	0,0946	93,80	0,0821	91,95	0,0635
130	95,60	0,1000	94,74	0,0914	93,74	0,0814	91,91	0,0631
140	95,59	0,0999	94,64	0,0904	93,73	0,0814	91,85	0,0625
150	95,59	0,0999	94,60	0,0900	93,72	0,0813	91,81	0,0621
160	95,59	0,0999	94,59	0,0899	93,71	0,0811	91,77	0,0617
170	95,59	0,0999	94,59	0,0899	93,70	0,0810	91,76	0,0616
180	95,59	0,0999	94,59	0,0899	93,70	0,0810	91,76	0,0616

Por meio da Figura 1 é possível obter as umidades finais de cada secagem das sementes em função da temperatura do ar utilizada. Na secagem a 40 °C, a umidade de equilíbrio foi de 10,0% em 120 min de secagem; na temperatura de 50 °C a umidade de equilíbrio foi de 9,0% em 130 min; na temperatura de 60 °C as sementes tiveram 8,0% de umidade de equilíbrio em 90 min e na temperatura de 70 °C as sementes tiveram 6,5% de umidade de equilíbrio em 80 min de secagem. Todos os valores de redução de umidade são considerados bons em comparação com o valor inicial de umidade da semente, sendo a redução maior, portanto mais eficiente, para a

secagem na temperatura do ar de secagem de 70 °C, pois nessa temperatura é possível obter menor teor de umidade em menor tempo de operação.

3.2. Extração do óleo das sementes de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.)

Os rendimentos da extração do óleo das sementes secas de sachá inchi utilizando como metodologia a extração por solvente em soxhlet podem ser visualizadas na Tabela 2.

A partir dos resultados obtidos é possível observar que os melhores rendimentos em óleo ocorreram para a extração das sementes secadas a 40 e 50 °C, com uma

pequena vantagem para a extração realizada nas amostras secas na temperatura do ar de secagem de 50 °C, inclusive com menor desvio padrão.

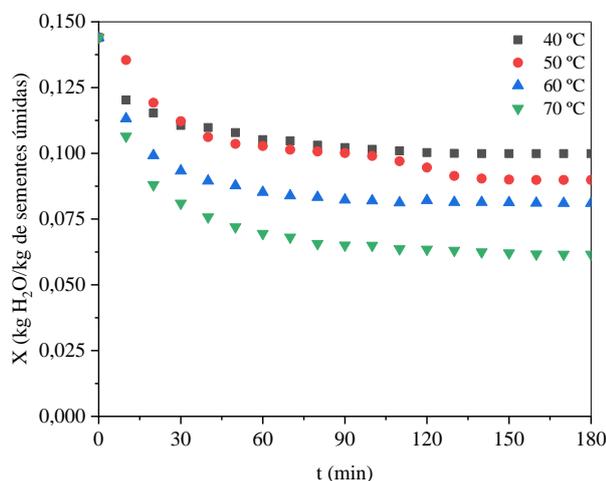


Figura 1 - Conteúdo de umidade variando-se a temperatura de secagem.

Tabela 2 - Dados relacionados a extração do óleo das sementes de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.)

Temperatura (°C)	Óleo (g)	Rendimento (%)
40	4,70 ± 0,254 ^a	47,00 ± 2,545 ^a
50	4,82 ± 0,162 ^a	48,15 ± 1,626 ^a
60	2,90 ± 0,021 ^a	28,95 ± 0,212 ^a
70	2,96 ± 0,014 ^a	29,60 ± 0,141 ^a

^a Valores são médias ± desvio padrão obtidos em duplicata.

Segundo dados de FOLLEGATI-ROMERO, (2009) os rendimentos que podem ser encontrados para os óleos das sementes de sacha inchi extraídos por soxhlet chegam a 54%, o que mostra que esse processo pode ser considerado eficiente, pois se aproxima do valor encontrado na literatura.

Para as temperaturas de 60 e 70 °C, o rendimento de óleo obtido esteve em uma faixa esperada, uma vez que nessas temperaturas o óleo, além da água removida,

pode ter sido degradado (REDA & CARNEIRO, 2007).

3.3. Obtenção, identificação e quantificação dos ácidos oleico, linoleico e alfa-linolênico

Para a determinação das concentrações dos ácidos oleico, linoleico e alfa-linolênico nos óleos das sementes de sacha inchi foi obtida, primeiramente, uma curva de calibração do padrão de ácido nas concentrações determinadas e injetadas no CLAE. As curvas obtidas encontram-se nas Figuras 2, 3 e 4.

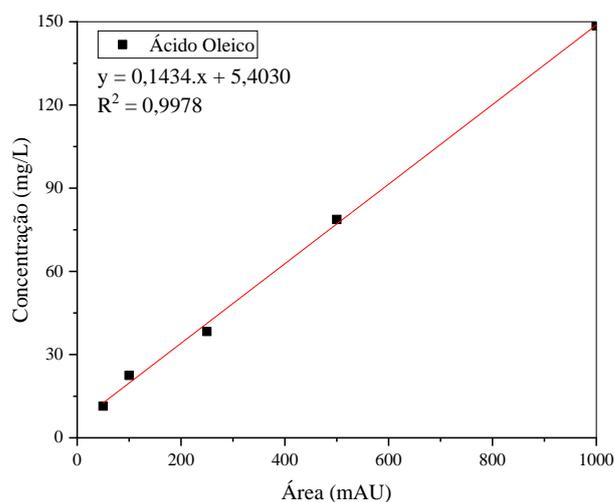


Figura 2 - Curva padrão do ácido oleico.

Pelas Figuras 2, 3 e 4 é possível observar que o comportamento das curvas é linear, sendo possível realizar a quantificação através da equação obtida. As curvas foram feitas usando a ferramenta software OriginPro 2018[®] e se obteve valores de R iguais a 0,9984; 0,9975; e 0,995 para os ácidos oleico, linoleico e α -linolênico respectivamente, sendo esses valores aceitáveis para os critérios da ANVISA (Brasil, 2017).

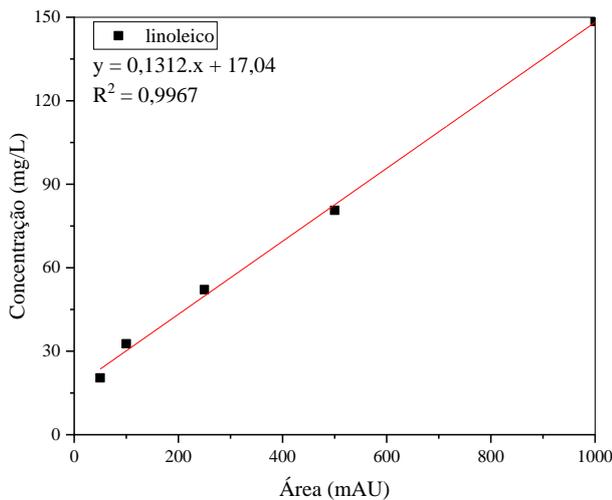


Figura 3 - Curva padrão do ácido linoleico

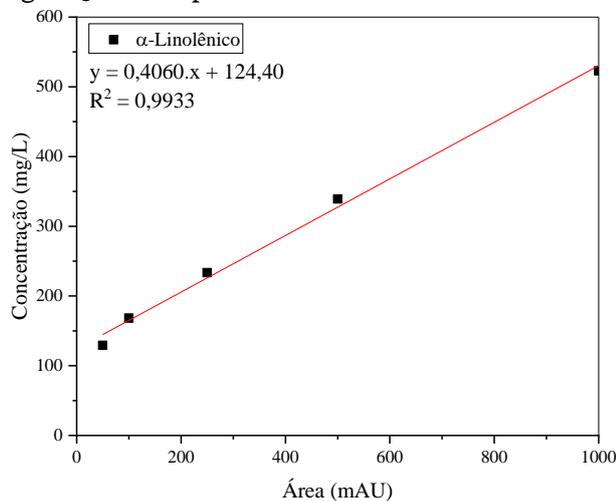


Figura 4 - Curva padrão do ácido alfa-linolênico.

O tempo de retenção do ácido oleico (ômega 9) encontrado foi de $1,908 \pm 0,05$ min para os quatro cromatogramas nas quatro diferentes temperaturas. Para a

área do cromatograma à secagem de $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ foi encontrada a concentração de $59,3\text{ mg/L}$ no óleo; para a área da secagem a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ a concentração foi de 81 mg/L no óleo; para a área da secagem a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ a concentração encontrada foi de $109,8\text{ mg/L}$; já a concentração encontrada deste pico para a secagem a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ foi de $72,2\text{ mg/L}$.

O pico corresponde à identificação do ácido α -linolênico (ômega 3) teve tempo de retenção de $3,15 \pm 0,37$ min. Suas concentrações para cada secagem realizada são de $133,2\text{ mg/L}$; $193,4\text{ mg/L}$; $168,8\text{ mg/L}$; $142,8\text{ mg/L}$ para as temperaturas de secagem a $40, 50, 60$ e $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente.

Para a leitura do ácido linoleico (ômega 6), o tempo de retenção encontrado foi de $4,162 \pm 0,65$ min. As concentrações para as secagens a $40, 50, 60$ e $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ foram, respectivamente, $17,9\text{ mg/L}$; $20,5\text{ mg/L}$; $24,7\text{ mg/L}$; e $21,3\text{ mg/L}$.

Na Tabela 3 são mostrados os valores de concentração dos ácidos graxos em porcentagem em relação a quantidade de óleo para cada extração, bem como as áreas dos picos para cada ácido graxo respectivo.

Tabela 3 - Dados de concentração e área dos picos cromatográficos para cada ácido graxo.

Ácido Oleico		Ácido α -Linolênico		Ácido Linoleico	
Área do gráfico (mAU)	Concentração (%)	Área do gráfico (mAU)	Concentração (%)	Área do gráfico (mAU)	Concentração (%)
375,94	1,26	21,68	28,34	6,34	3,80
527,30	1,68	169,94	40,12	26,6	4,26
728,03	3,78	109,46	58,22	58,23	8,51
465,95	2,44	45,42	48,26	32,15	7,18

As concentrações de ácido oleico presente nas sementes de sacha inchi apresentam resultados satisfatórios. Valores de concentração semelhantes

foram obtidos por de GUTIÉRREZ *et. al.*, (2011), que encontrou $9,1\%$ e por CHIRINOS *et. al.*, (2013), que obteve valores próximos a 4% .

Para o ácido α -linolênico, os valores são muito satisfatórios por apresentarem concentrações altas, mesmo quando comparados a trabalhos de sucesso como de GUTIÉRREZ; ROSADA e JIMENEZ, (2011) que obtiveram 50,8%. Para este ácido graxo, a secagem a 60 °C mostrou um resultado mais significativo. O mesmo ocorreu para a concentração de ácido linoleico. No entanto, para este ácido graxo, os resultados foram pouco relevantes quando comparados aos estudos de HAMAKER *et. al.*, (1992) e FOLLEGATTI-ROMERO *et. al.*, (2009). Os autores encontraram 36,08 e 34,08%, respectivamente.

Verifica-se uma congruência nos dados em relação à influência da temperatura de secagem: os ácidos graxos identificados apresentam maiores concentrações na temperatura de secagem de 50 °C e 60 °C e estão mais próximos de dados encontrados na literatura.

Valores de concentração abaixo dos encontrado pela literatura podem ter sido influenciados pela qualidade dos grãos coletados ou pelo armazenamento inadequado das sementes, o que ocasiona em mudanças bioquímicas e fisiológicas, após a maturidade, gerando reflexos negativos na qualidade dos grãos. Qualquer fator ambiental afeta a qualidade das sementes pós colheita e do lote armazenado junto (MARCO-FILHO, 2015).

4. Conclusão

As sementes de sachá inchi apresentaram resultados satisfatórios de secagem para diferentes temperaturas,

sobretudo para as temperaturas de 60 e 70 °C, as quais tiveram comportamentos gráficos de perda de massa e de conteúdo de umidade mais eficientes por apresentarem maior perda de água em menor tempo de operação. Os rendimentos de óleo extraído a partir de cada temperatura de secagem mostraram melhores valores para as temperaturas de 40 °C (47,00% \pm 2,545) e 50 °C (48,15% \pm 1,626), o que denota alta quantidade de óleo nas sementes de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) A maior eficiência para estas duas operações podem ser obtida a partir da secagem da semente a 50 °C para posterior extração de seu óleo vegetal.

As mesmas sementes foram caracterizadas com quantidades significativas de ácidos graxos, em especial o ω -3, o qual foi obtido até 58,22% do total de ácidos graxos. Este alto valor de ω -3 dá a possibilidade de uso da semente de sachá inchi em empreendimentos importantes, para o uso de capsulas contendo ácidos graxos essenciais, e até mesmo começar um projeto futuro de pesquisa para produzir ácido linoleico e linolênico conjugados, os quais já tem evidências de excelentes propriedades para a saúde humana, por isso, sachá inchi também pode ser usada na indústria farmacêutica e em produtos nutricionais.

Agradecimentos

Agradeço à oportunidade de realização de pesquisa e desenvolvimento de inovação tecnológica ao meu orientador, Professor Doutor Nazareno de

Pina Braga. Agradeço ainda ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo fomento e incentivo à pesquisa. Ainda agradeço à Universidade Federal do Amazonas (UFAM), ao Laboratório de Controle de Qualidade pelos espaços e equipamentos oferecidos, e à EMBRAPA por fornecer a matéria-prima necessária realizar a pesquisa.

Divulgação

Este artigo é inédito e não está sendo considerado para qualquer outra publicação. O(s) autor(es) e revisores não relataram qualquer conflito de interesse durante a sua avaliação. Logo, a revista *Scientia Amazonia* detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão dos autores para divulgação, deste artigo, por meio eletrônico.

Referências

BONDIOLI, P.; BELLA, L. D.; RETRKE, P. Alpha linolenic acid rich oils. Composition of *Plukenetia volubilis* (Sacha Inchi) oil from Peru. *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, v. 83, n. 3, p. 120, 2006.

BORDIGNON, S. R.; AMBROSANO, G. M. B.; RODRIGUES, P. H. V. In vitro propagation of Sacha inchi. *Ciência Rural*, v. 42, n. 7, p. 1168-1172, 2012.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). RDC, nº 166 de 24 de Julho de 2017 – Resolução que estabelece critérios para a validação de métodos analíticos.

CHIRINOS, R.; ZULOETA, G.; PEDRESCHI, R.; MIGNOLET, E.; LARONDELLE, Y.; CAMPOS, D. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*): a seed source of polyunsaturated fatty acids, tocopherols, phytosterols, phenolic compounds and antioxidant capacity. *Food chemistry*, v. 141, n. 3, p. 1732-1739, 2013.

DELIBERALI, J.; OLIVEIRA, M.; DURIGON, A.; DIAS, A. R. G.; GUTKOSKI, L. C.; ELIAS, M. C. Efeitos de processo de secagem e tempo de

armazenamento na qualidade tecnológica de trigo. *Ciênc. agrotec.*, v. 34, n. 5, p. 1285-1292, 2010.

FOLLEGATTI-ROMERO, L. A.; PIANTINO, C. R.; GRIMALDI, R.; CABRAL, F. A. Supercritical CO₂ extraction of omega-3 rich oil from Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds. *The Journal of Supercritical Fluids*, v. 49, n. 3, p. 323-329, 2009.

GARCIA, L. C.; SOUSA, S. G. A.; MARAJÓ, L. Y. B.; CHAVES, F. C. M. Tolerância à secagem em sementes de sachá-inchi (*Plukenetia volubilis* L. Euphorbiaceae). Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2019. 6 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Comunicado técnico, 137).

GUILLÉN, M. D.; RUIZ, A.; CABO, N.; CHIRINOS, R.; PASCUAL, G. Characterization of sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil by FTIR spectroscopy and ¹H NMR. Comparison with linseed oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v. 80, n. 8, p. 755-762, 2003.

GUTIÉRREZ, L. F.; ROSADA, L. M.; JIMÉNEZ, A. Chemical composition of Sachá Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and characteristics of their lipid fraction. *Grasas y Aceites*, v. 62, n. 1, p. 76-83, 2011.

HAMAKER, B. R.; VALES, C.; GILMAN, R.; HARDMEIER, R. M.; CLARK, D.; GARCIA, H. H.; GONZALES, A. E.; KOHLSTAD, I.; CASTRO, M.; VALDIVIA, R.; RODRIGUEZ, T.; LESCANO, M. Amino acid and fatty acid profiles of the Inca peanut (*Plukenetia volubilis*). *Cereal Chem*, v. 69, n. 4, p. 461-463, 1992.

INCROPERA, F.P., BERGMAN, T.L., DEWITT, D.P. Fundamentos de transferência de calor e de massa. 6ª ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2008. 643p.

KUMAR, B.; SMIA, K.; CUMBAL, L.; DEBUT, A. Sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil for one pot synthesis of silver nanocatalyst: an eco-friendly approach. *Industrial Crops and Products*, v. 58, p. 238-243, 2014.

MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Londrina: Editora Abrates, 2015. 659 p.

OLIVEIRA, L. C.; GUTKOSKI, L. C.; ELIAS, M. C.; MAZZUTTI, S.; AOSANI, E.; ROCHA, J. C. Efeito da temperatura de secagem na qualidade de grãos de aveia branca. *Ciênc. agrotec.*, v. 34, n. 2, p. 313-319, 2010.



Engenharia

Scientia Amazonia, v. 9, n.3, E1-E10, 2020

Revista on-line <http://www.scientia-amazonia.org>

ISSN:2238.1910

REDA, S. Y.; CARNEIRO, P. I. B. Óleos e gorduras: aplicações e implicações. Revista Analytica. v. 27, p. 60-67, 2007.

RODRIGUES, P. H. V.; BORDIGNON, S. R.; AMBROSANO, G. M. Bovi Horticultural performance of in vitro propagated plants of Sacha inchi. Ciência Rural, v. 44, n. 6, p. 1050-1053, 2014.