

Extração de LCC por Prensagem da Casca da Castanha de Caju Originária de Minifábrica para a Obtenção de Ácidos Anacárdicos



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agroindústria Tropical
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
157**

**Extração de LCC por Prensagem da Casca
da Castanha de Caju Originária de Minifábrica
para a Obtenção de Ácidos Anacárdicos**

Jefferson Malveira Cavalcante
Adriano Lincoln Albuquerque Mattos
Kirley Marques Canuto
Guilherme Julião Zocolo
Edy Sousa de Brito

***Embrapa Agroindústria Tropical
Fortaleza, CE
2018***

Unidade responsável pelo conteúdo e edição:

Embrapa Agroindústria Tropical
Rua Dra. Sara Mesquita 2270, Pici
CEP 60511-110 Fortaleza, CE
Fone: (85) 3391-7100
Fax: (85) 3391-7109
www.embrapa.br/agroindustria-tropical
www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Agroindústria Tropical

Presidente
Gustavo Adolfo Saavedra Pinto

Secretária-executiva
Celli Rodrigues Muniz

Secretária-administrativa
Eveline de Castro Menezes

Membros
*Janice Ribeiro Lima, Marlos Alves Bezerra,
Luiz Augusto Lopes Serrano, Marlon Vagner
Valentim Martins, Guilherme Julião Zocolo, Rita
de Cassia Costa Cid, Eliana Sousa Ximendes*

Supervisão editorial
Ana Elisa Galvão Sidrim

Revisão de texto
José Cesamildo Cruz Magalhães

Normalização bibliográfica
Rita de Cassia Costa Cid

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Ariilo Nobre de Oliveira

Foto da capa
Jéfferson Malveira Cavalcante

1ª edição
On-line (2018)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Agroindústria Tropical

Extração de LCC por prensagem da casca de castanha de caju originária de minifábrica
para a obtenção de ácidos anacárdicos / Jefferson Malveira Cavalcante et al. – Fortaleza:
Embrapa Agroindústria Tropical, 2018.

20 p. : il. ; 16 cm x 22 cm. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa
Agroindústria Tropical, ISSN 1679-6543; 157).

Publicação disponibilizada on-line no formato PDF.

1. Alquil fenol. 2. Fluido newtoniano. 3. MSR. 4. Viscosidade. I. Cavalcante, Jefferson
Malveira. II. Mattos, Adriano Lincoln Albuquerque. III. Canuto, Kirley Marques. IV. Zocolo,
Guilherme Julião. V. Brito, Edy de Sousa. VI. Série.

CDD 661.82

© Embrapa, 2018

Sumário

Resumo	4
Abstract	5
Introdução.....	6
Material e Métodos	7
Resultados e Discussão	9
Conclusão.....	12
Referências	12

Extração de LCC por Prensagem da Casca da Castanha de Caju Originária de Minifábrica para a Obtenção de Ácidos Anacárdicos

Jefferson Malveira Cavalcante¹
Adriano Lincoln Albuquerque Mattos²
Kirley Marques Canuto³
Guilherme Julião Zocolo⁴
Edy Sousa de Brito⁵

Resumo - O líquido da casca da castanha de caju (LCC) é um subproduto agroindustrial que apresenta características específicas devido à sua rica composição em alquilfenóis. O presente estudo tem como objetivo avaliar o efeito de pressão e temperatura na extração de LCC e seu teor de ácidos anacárdicos. As amostras utilizadas foram o LCC técnico, o LCC extraído com hexano e o LCC obtido por prensagem, este último empregando-se um delineamento experimental 3² variando pressão e temperatura. Ocorreu uma predominância dos ácidos anacárdicos C15:3, C15:2 e C15:1 nas amostras obtidas por prensagem e com solvente orgânico, com concentrações variando de 44 a 62% de ácidos anacárdicos totais. O LCC proveniente da casca de castanha de caju de minifábrica obtido por prensagem, mesmo aquecido nas temperaturas de 40 a 100 °C, é uma fonte de ácidos anacárdicos. O LCC se apresentou como um fluido Newtoniano em todas as amostras, com viscosidade variando entre 222 e 450 cP.

Palavras-chave: Alquil fenol, Fluido Newtoniano, MSR, Viscosidade.

¹ Engenheiro de Alimentos, Ph.D. em Engenharia Química, professor da Unichristus, Fortaleza, CE

² Agrônomo, MSc. em Economia Aplicada, analista da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

³ Farmacêutico, Ph.D. em Química, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

⁴ Químico, Ph.D. em Química Analítica, pesquisador da Embrapa Agroindústria tropical, Fortaleza, CE

⁵ Químico Industrial, Ph.D. em Tecnologia de Alimentos, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

Extraction of CNSL by Pressing of Cashew Shells from Mini-factory for the Obtention of Anacardic Acid

Abstract - Cashew nut shell liquid (CNSL) is an agroindustrial byproduct that has specific characteristics due to its rich composition in alkylphenols. The present study aims to evaluate the effect of pressure and temperature on the extraction of CNSL and its anacardic acids content. The samples used were the technical CNSL, the CNSL extracted with hexane and the CNSL obtained by pressing, the latter using a 3^2 experimental design varying pressure and temperature. A predominance of C15:3, C15:2 and C15:1 anacardic acids occurred in press and organic solvent samples, with concentrations ranging from 44 to 62% of total anacardic acids. The CNSL from the cashew mini-factory obtained by pressing, even when heated at temperatures of 40 to 100 °C, is a source of anacardic acids. The LCC was presented as a Newtonian fluid in all samples, with viscosity varying between 222 and 450 cP.

Index terms: Alquil phenol, newtonian fluid, RSM, viscosity.

INTRODUÇÃO

O fruto do cajueiro, o caju, é formado por um pedúnculo comestível, ou pseudofruto, que se forma junto à castanha, o verdadeiro fruto. A diferença na composição do pedúnculo é atribuída principalmente ao tipo de solo, às condições climáticas, ao estágio de maturação e ao cultivar (NAKA et al., 2015). A castanha de caju é um aquênio que apresenta casca coriácea lisa, mesocarpo alveolado, repleto de um líquido escuro, conhecido por líquido da casca da castanha do caju (LCC) ou *cashew nut shell liquid* (CNSL), como é conhecido internacionalmente, representando aproximadamente 25% do peso da castanha e é considerado um subproduto de agronegócio do caju (MAZZETO et al., 2009).

O LCC apresenta como principal característica a ocorrência de compostos fenólicos, constituídos pelos ácidos anacárdicos, derivados do ácido salicílico, seguidos pelos cardois, derivados do resorcinol, e menores teores de cardanois, derivados dos ácidos anacárdicos. Todos estes compostos fenólicos apresentam um interesse potencial na área de produção de materiais biologicamente ativos, surfactantes, polímeros e aditivos (AGOSTINI-COSTA et al., 2000; KUMAR et al., 2002; CORREIA et al., 2006; MAZZETO et al., 2009; BONATTO; SILVA, 2014; BALGUDE et al., 2017; LADMIRAL et al., 2017). Dentre as atividades biológicas, os ácidos anacárdicos apresentam atividades antitumoral (CORREIA et al., 2006; WU et al., 2011), antioxidante (KUBO et al., 2006; TREVISAN, et al., 2006; STASIUK; KOZUBEK, 2010; ABREU et al., 2014; TAN; CHAN, 2014) antiacne (KUBO et al., 1994), antibacteriana (PARASA et al., 2011), e inibição das enzimas CYP3A4 do citocromo P450 (SUO et al., 2012), tirosinase e urease (HEMSHEKHAR et al., 2012), prostaglandina sintase e lipoxigenase (PARAMASHIVAPPA et al., 2001).

O LCC pode ser classificado como natural, por conter uma grande quantidade de ácido anacárdico e não apresentar material polimérico em sua composição; o LCC técnico que apresenta um elevado percentual de cardanol; e a presença de material polimérico (GEDAM; SAMPATHKUMARAN, 1986).

Na obtenção do LCC, podem ser utilizados diferentes processos, como extração com solvente ou fluido supercrítico, prensagem e processo térmico-mecânico (PATEL et al., 2006; MAZZETO et al., 2009). Na produção de

amêndoa de castanha de caju em larga escala industrial, é empregado o processo térmico-mecânico, em que o próprio LCC é utilizado para o cozimento (temperatura aproximada 200 °C) das castanhas *in natura*, favorecendo o rompimento da casca externa, liberando os alquilfenóis presentes no mesocarpo. Já a pequena indústria (minifábrica) utiliza o vapor na operação de cocção, o que acarreta a necessidade de uma etapa posterior para extração do LCC. Além disso, na minifábrica, devido à preocupação com os trabalhadores, o contato com o LCC é evitado por sua causticidade. Os efeitos nocivos associados à queima artesanal da castanha de caju se apresenta como um problema ocupacional grave (GALVAO et al., 2017), pois a casca torrada da castanha de caju apresenta os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) fenantreno, benzo(g,h,i)perileno, pireno e benzo(a)pireno com potencial carcinogênico, além do alérgeno 3-pentadecilfenol (GALVAO et al., 2014). Na indústria ou minifábrica, as cascas são utilizadas como combustível sólido para alimentar as fornalhas/caldeiras, e a adoção de medidas relacionadas com segurança do trabalho é fundamental na garantia da saúde e integridade física dos trabalhadores.

O conhecimento sobre os processos de obtenção e comportamento reológico do LCC na agroindústria de beneficiamento de caju é essencial no dimensionamento, na escolha e no projeto de equipamentos; ou seja, a reologia permite analisar quantitativamente o comportamento de um fluido em interação com um sistema de processamento, por meio da formulação e resolução de equações que descrevem o processo (BARNES, 2000; KRAUSE, 2005; MUNSON et al., 2009).

Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar as propriedades do comportamento reológico, os componentes fenólicos e o rendimento de extração do líquido da casca da castanha de caju originário de minifábricas obtido por prensagem, em comparação com o LCC técnico e um controle obtido por extração com solvente.

MATERIAL E MÉTODOS

Matéria-prima

Foi utilizada a casca de castanha de caju como matéria-prima agroindustrial, fornecida pela minifábrica de beneficiamento de castanha de caju do Campo

Experimental de Pacajus/CE da Embrapa Agroindústria Tropical, para a obtenção do LCC durante a operação de prensagem (Prensa Hidráulica Marconi MA/098/50A/I) e com utilização de solvente orgânico, Hexano P. A. (Vetec). O LCC técnico foi fornecido pela Companhia Industrial de Óleos do Nordeste (CIONE).

Delineamento experimental

A extração do LCC por prensagem foi realizada utilizando-se um delineamento fatorial completo com duas variáveis, pressão e temperatura, em três níveis (CALADO; MONTGOMERY, 2003), resultando em nove pontos experimentais (Tabela 1) com replicatas, totalizando 27 extrações.

Tabela 1. Matriz do delineamento fatorial completo 3².

Ensaio	Pressão (MPa)	Temperatura (°C)	Pressão (MPa)	Temperatura (°C)
	Codificadas		Decodificadas	
A	-1	-1	15	40
B	-1	0	15	70
C	-1	+1	15	100
D	0	-1	29	40
E	0	0	29	70
F	0	+1	29	100
G	+1	-1	43	40
H	+1	0	43	70
I	+1	+1	43	100

A extração utilizando-se solvente orgânico foi realizada na proporção 1:10 (m/v, g/mL) com imersão das cascas em um erlenmeyer contendo hexano, em temperatura ambiente e sem agitação por 24 h. Em seguida, o extrato hexânico foi filtrado, evaporado e aquecido por 1 h em estufa. Por fim, foi calculado o rendimento. As extrações foram realizadas em triplicata e em série para remoção integral do LCC.

Alquilfenóis

Os alquilfenóis foram analisados em cromatógrafo líquido Varian 250 acoplado a detector de arranjo de diodos (DAD) e um espectrômetro de massas 500-MS IT (Varian). Foi utilizada uma coluna analítica Symmetry C18 (5 μm , 4.6 mm x 250 mm), com um fluxo de 600 mL/min, um volume de injeção de 20 μL e um tempo total de corrida de 40 min. A fase móvel utilizada foi água/ácido fórmico 0,1% e acetonitrila/ácido fórmico 0,1% (v/v). O espectro de massas foi simultaneamente adquirido usando-se ionização por *electrospray* nos modos positivo e negativo (PI e NI) em uma voltagem de fragmentação de 80 V para uma faixa de massas de 100 – 2000 u.m.a. A pressão do gás de secagem foi de 35 psi, a pressão do nebulizador de 40 psi, a temperatura do gás de secagem de 370 °C, voltagens de 3500 V para PI e 3500 V para NI e a voltagem de campo do spray de 600 V.

As análises foram realizadas em duplicata. A identificação dos compostos foi primariamente baseada no espectro de massas. A quantificação dos ácidos anacárdicos foi feita a 280 nm utilizando-se o ácido anacárdico (15:3) como padrão.

Reologia

Na caracterização do comportamento reológico, costuma-se utilizar a Equação (1), que representa a Lei da Potência, modelo de Ostwald de Waele, onde τ é a tensão de cisalhamento (Pa), K é o índice de consistência do fluido ($\text{Pa}\cdot\text{s}^n$), $\dot{\gamma}$ é a taxa de deformação (s^{-1}) e n é o índice de comportamento do fluido (adimensional) (BARNES, 2000; FOX et al., 2006; STEFFE, 1996).

$$\tau = K.(\dot{\gamma})^n \quad (1)$$

A Lei de Newton da Viscosidade diz que a relação entre a tensão de cisalhamento e o gradiente local de velocidade é definida por meio de uma relação linear, para $n = 1$, a Equação (2) se reduz à lei da viscosidade de Newton com $K = \mu$ onde μ é a viscosidade dinâmica ou absoluta (BARNES, 2000; STEFFE, 1996).

$$\tau = \mu(\dot{\gamma}) \quad (2)$$

O comportamento reológico do líquido da casca da castanha de caju foi determinado utilizando-se um reômetro AR 550 da TA *Instruments*, com geometria do tipo cone e placa (40 mm de diâmetro e ângulo de 0° 59' 1") sob temperatura de 25 °C. A viscosidade de fluxo contínuo foi determinada em várias concentrações na faixa de 0 a 300 s⁻¹.

As análises estatísticas e o cálculo dos parâmetros das equações 1 e 2 foram realizados utilizando-se o módulo de Estimção Não linear do *software Statistica 7.0*, método dos mínimos quadrados. A adequação do ajuste das funções foi avaliada por meio do coeficiente de correlação (R²) e do coeficiente de determinação (R), com um intervalo de confiança de 90%.

RESULTADOS

Rendimento de extração de LCC

Na Figura 1 são apresentados os efeitos padronizados do diagrama de Pareto para o rendimento na extração do LCC. Observa-se que, para o nível de 90% de confiança ($p \leq 0,10$), os termos lineares das variáveis pressão/temperatura e o termo quadrático da pressão foram estatisticamente significativos. As interações entre as variáveis não foram estatisticamente significativas ($p > 0,10$).

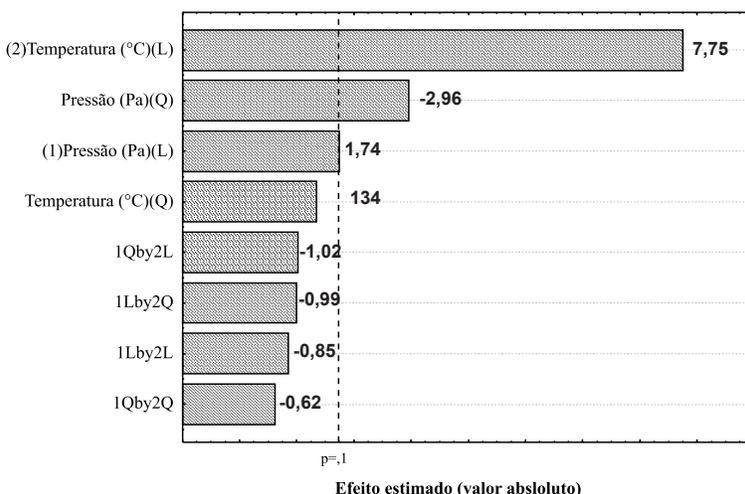


Figura 1. Diagrama de Pareto: nível de 90% de confiança ($p \leq 0,10$).

Na Tabela 2 podemos observar que a variável temperatura exerce uma maior influência no rendimento de extração do LCC.

Tabela 2. Rendimento de extração de LCC variando temperatura e pressão.

Temperatura (°C)	Pressão (MPa)	Rendimento (%)
40	15	26,37 ± 1,96
	29	26,84 ± 1,75
	43	28,92 ± 2,29
70	15	31,76 ± 0,70
	29	29,44 ± 0,16
	43	32,00 ± 1,70
100	15	33,34 ± 1,39
	29	31,46 ± 1,19
	43	34,37 ± 1,69

O rendimento total na extração de LCC da casca da castanha de caju, com a utilização de hexano (LCC CTL – amostra controle), foi de $27,9 \pm 1,8\%$, sendo 50% do conteúdo não polar retirado na primeira das nove extrações necessárias para retirada integral do LCC (Figura 2).

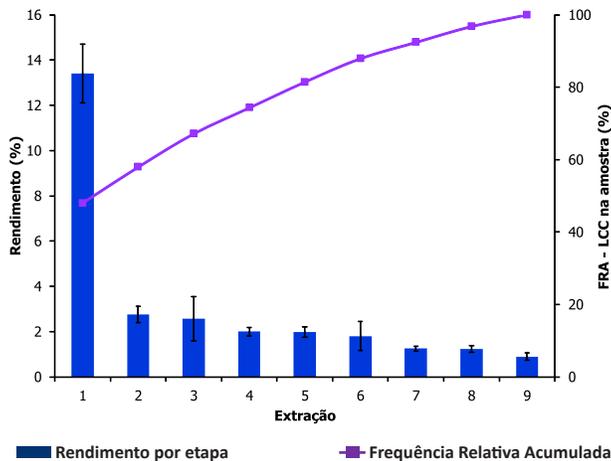


Figura 2. Curva de Pareto para extração de LCC com hexano.

Tyman et al. (1989) obtiveram em torno de 34% de rendimento total em duas séries de extração, mas utilizaram os éteres etílico e de petróleo como solventes somados com os métodos estático, Soxhlet e utilização de ultrassom. Yuliana et al. (2012) removeram 60% de LCC em cascas secas utilizando metanol em duas etapas extrativas e rendimento abaixo de 25% usando dióxido de carbono supercrítico e água subcrítica. De acordo com Di Giovacchino et al. (2002), óleos em geral obtidos por prensagem apresentam melhor qualidade, teores de polifenóis e estabilidade oxidativa mais elevados, quando comparados com outros óleos extraídos envolvendo solvente.

Alquilfenóis

Foram identificados 12 alquilfenóis, dentre eles cardanol, cardol e ácido anacárdico (Tabela 3). As massas foram comparadas com relatos prévios (JERZ et al., 2012).

Tabela 3. Componentes fenólicos do LCC em diferentes processos.

Pico	t (min)	[M-H] ⁺ /[M-H] ⁺	Alquilfenol	LCC ⁽¹⁾		
				P	S	TEC
1	19.71	301/	Cardanol C15:2	+	+	+
2	20.98	315/	Cardol C15:1	+	+	+
3	21.21	/361	Ácido Anacárdico C16:0	+	+	n.d
4	21.72	/357	Ácido Anacárdico C16:2	+	+	n.d
5	22.99	317/	Cardol C15:2	+	+	+
6	23.90	/383	Ácido Anacárdico C15:4	+	+	n.d
7	25.31	343/341	Ácido Anacárdico C15:3	+	+	+
8	27.81	345/343	Ácido Anacárdico C15:2	+	+	+
9	29.16	/369	Ácido Anacárdico C17:3	+	+	n.d
10	32.02	347/345	Ácido Anacárdico C15:1	+	+	+
11	33.53	/371	Ácido Anacárdico C17:2	+	+	n.d
12	39.27	/373	Ácido Anacárdico C17:1	+	+	n.d

⁽¹⁾P: Prensagem; S: Solvente; TEC: técnico; +: presente; e n.d.: não detectado.

Em relação ao conteúdo de alquifenóis, observou-se a predominância dos ácidos anacárdicos C15:3, C15:2 e C15:1 (Figura 3) nas amostras obtidas por prensagem e com a utilização de solvente orgânico, apresentando uma concentração na faixa de 44 a 62% de ácidos anacárdicos totais no LCC natural.

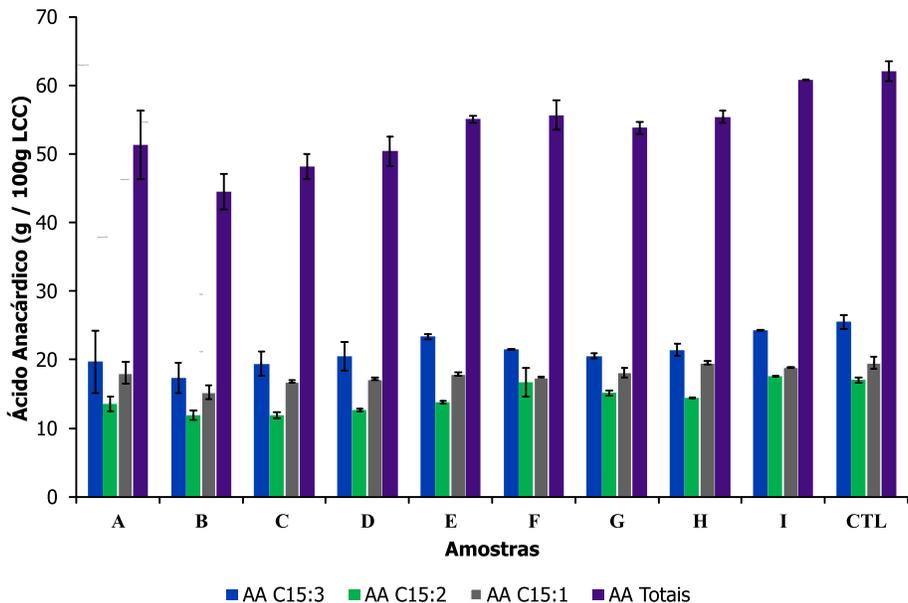


Figura 3. Teor de ácidos anacárdicos obtido por prensagem em função da pressão (MPa) e da temperatura (°C) e com solvente (AA: ácido anacárdico; A - 15/40; B - 15/70; C - 15/100; D - 29/40; E - 29/70; F - 29/100; G - 43/40; H - 43/70; I - 43 MPa/100 °C; CTL: controle).

Yuliana et al. (2012) reportaram que a extração de LCC apresentou alta seletividade para cardanol monoinsaturado com a utilização de água subcrítica, enquanto o dióxido de carbono em estado supercrítico resultou em elevada concentração de ácido anacárdico monoinsaturado. Em relação à purificação e recuperação de ácido anacárdico, obtiveram 98,8 e 82,4%, respectivamente (YULIANA et al., 2014).

O LCC técnico apresentou quantidades de ácidos anacárdicos abaixo do limite de quantificação, devido à sua conversão em cardanol por reação de

descarboxilação em elevadas temperaturas, em cerca de 200 °C (MAZZETO et al., 2009). A utilização de altas temperaturas durante o cozimento no processamento industrial da castanha de caju acarreta a diminuição de 75% no conteúdo de ácidos anacárdicos na amêndoa (MATTISON et al., 2018).

Reologia

Os resultados experimentais comprovaram que todas as amostras do líquido da casca da castanha de caju apresentam comportamento reológico Newtoniano (Figura 4) na temperatura de 25 °C, pois os índices de comportamento do fluido preditos pela Equação (2) apresentaram valores próximos a um. Rodrigues et al. (2011) reportaram pequeno grau de pseudoplasticidade do LCC na temperatura de 25 °C, utilizando outro modelo de reômetro, Brookfield modelo DV-III. Este fato não foi visualizado no presente trabalho, provavelmente pelo modelo do reômetro ou grau de polimerização da matéria-prima.

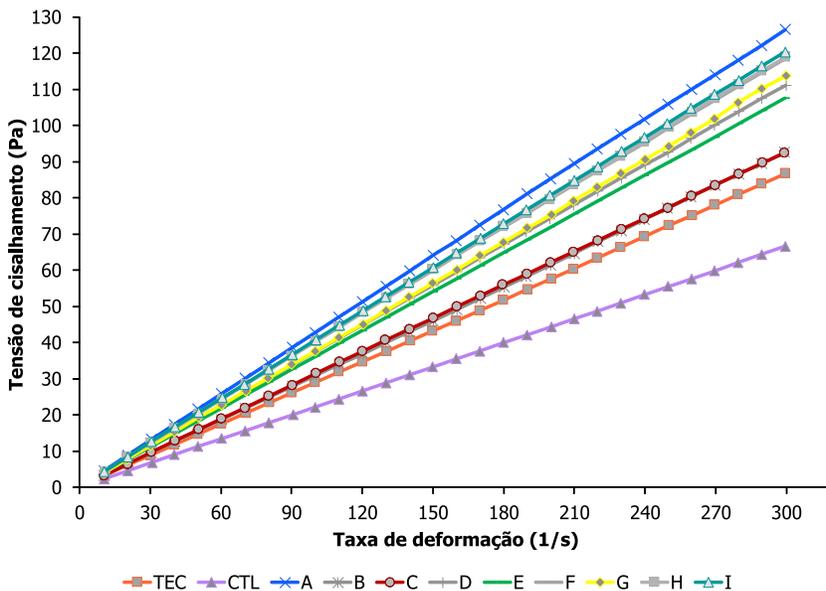


Figura 4. Reogramas do LCC a 25 °C.

AA: ácido anacárdico; TEC: LCC técnico; CTL: LCC controle A - 15/40; B - 15/70; C - 15/100; D - 29/40; E - 29/70; F - 29/100; G - 43/40; H - 43/70; I - 43 MPa/100 °C.

Katz (2010) relata que um fluido que se comporta como este é chamado um fluido newtoniano, indicando uma relação linear entre a tensão e a deformação. Ex.: água, leite, óleos vegetais, soluções de sacarose (FOX et al., 2006).

Na Tabela 4 são apresentados os índices de comportamento e de consistência estimados pela equação (3) e os erros (Erro Padrão) obtidos a partir de cada ajuste, juntamente com os parâmetros estatísticos calculados. Todos os coeficientes de correlação e determinação ficaram em torno da unidade, indicando uma forte correlação e valores preditos praticamente idênticos aos valores experimentais com erros tendendo a zero.

Tabela 4. Parâmetros do comportamento reológico do LCC.

LCC	μ (cP)	Parâmetros (\pm Erro Padrão)		R	R ²
		K (Pa.s ⁿ)	n		
A	455,75	0,46 \pm 0,00	0,99 \pm 0,00	1,00	1,00
B	304,31	0,30 \pm 0,00	1,00 \pm 0,00	1,00	1,00
C	333,15	0,33 \pm 0,00	0,99 \pm 0,00	1,00	1,00
D	392,47	0,39 \pm 0,00	0,99 \pm 0,00	1,00	1,00
E	375,33	0,38 \pm 0,00	0,99 \pm 0,00	1,00	1,00
F	434,70	0,43 \pm 0,00	0,98 \pm 0,00	1,00	1,00
G	365,59	0,37 \pm 0,00	1,01 \pm 0,00	1,00	1,00
H	428,40	0,43 \pm 0,00	0,99 \pm 0,00	1,00	1,00
I	427,42	0,43 \pm 0,00	0,99 \pm 0,00	1,00	1,00
TEC	290,12	0,29 \pm 0,00	1,00 \pm 0,00	1,00	1,00
CTL	222,68	0,22 \pm 0,00	1,00 \pm 0,00	1,00	1,00

Os valores das viscosidades (Tabela 4) foram plotados na Figura 6, podendo-se observar que para o LCC obtido por prensagem (A a I) o valor de μ foi superior a 300 cP (mPa.s), ficando bem próximo do reportado por Rodrigues et al. (2011), por volta de 400 cP. As amostras LCC técnico e controle (CTL - LCC extraído com hexano) apresentaram viscosidade abaixo de 300 cP. Kasiraram, Geo e Nagalingam (2016) utilizaram o LCC como

combustível no motor de ignição por compressão de cilindro, mas a elevada viscosidade do LCC se apresentou como desvantagem que foi superada pela transesterificação e mistura com combustíveis secundários.

Akinhami *et al.* (2008) avaliaram o LCC de duas variedades de castanha de caju, brasileira e africana, as quais apresentaram a viscosidade de 56 e 41 cP, respectivamente. Já Chaudhari *et al.* (2012) estudaram as propriedades físico-químicas do LCC obtido por prensagem em temperatura ambiente, prensagem a 90 °C e em banho térmico, processo térmico-mecânico, com o próprio LCC, e para a viscosidade obtiveram $57,43 \pm 0,83$, $28,96 \pm 0,74$ e $37,69 \pm 0,73$, respectivamente. A viscosidade aumentou a partir de 70 °C, em qualquer pressão avaliada, devido ao início da polimerização do LCC, e esse material polimerizado apresenta viscosidade muito superior aos materiais de massa molar inferior (RODRIGUES *et al.*, 2011). Os valores de μ diminuíram, com exceção da condição de 15 MPa e 40 °C, sucessivamente quando se aumentava a pressão, muito provavelmente por não ocorrer polimerização de algum constituinte do LCC e favorecer a extração de componentes de baixo peso molecular.

Kumar *et al.* (2009) utilizaram os solventes orgânicos acetona, hexano, tolueno e metanol na extração de LCC de casca de castanha de caju maceradas, obtendo os valores de viscosidade 575, 565, 545 e 521 cP, respectivamente.

A viscosidade das substâncias orgânicas de baixa massa molar, em uma temperatura constante, depende dos parâmetros massa molecular e da soma das interações intermoleculares entre seus grupos constituintes; conseqüentemente, quanto maior a massa molecular e a interação entre os grupos, maior será a viscosidade (MARRERO-MOREJÓN; PARDILLO-FONTDEVILA, 2000).

Conclusão

A prensagem como operação unitária de extração do LCC apresenta resultados semelhantes ao da extração utilizando-se solventes orgânicos, o que permite o seu uso como uma tecnologia limpa. O LCC proveniente da casca de castanha de caju de minifábrica obtido por prensagem, mesmo aquecido nas temperaturas de 40 a 100 °C, é uma fonte de ácidos anacárdicos.

Agradecimentos

À FUNCAP pela bolsa de estudos de JMC.

Referências

- ABREU, V. K. G.; PEREIRA, A. L. F.; FREITAS, E. R.; TREVISAN, M. T. S.; COSTA, J. M. C. Effect of anacardic acid on oxidative and color stability of spray dried egg yolk. **LWT – Food Science and Technology**, v. 55, p. 466-471, 2014.
- AGOSTINI-COSTA, T. S.; SANTOS, J. R.; GARRUTI, D. S.; FEITOSA, T. Caracterização, por cromatografia em camada delgada, dos compostos fenólicos presentes em pedúnculos de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 18, p. 129-137, 2000.
- AKINHANMI, T. F.; AKINTOKUN, P. O. Chemical composition and physicochemical properties of cashew nut (*Anacardium occidentale*) oil and cashew nut shell liquid. **Journal of Agricultural, Food, and Environmental Sciences**, v. 2, n. 1, p. 1-10, 2008.
- BALGUDE, D.; SABNIS, A.; GHOSH, S. K. Synthesis and characterization of cardanol based reactive polyamide for epoxy coating application. **Progress in Organic Coatings**, v. 104, p. 250-262, 2017.
- BARNES, H. A. **A Handbook of elementary rheology**. Aberystwyth: Institute of Non-Newtonian Fluid Mechanics, 2000.
- BONATTO, C. C.; SILVA, L. P. Higher temperatures speed up the growth and control the size and optoelectrical properties of silver nanoparticles greenly synthesized by cashew nutshells. **Industrial Crops and Products**, v. 58, p. 46-54, 2014.
- CHAUDHARI, A. P.; THAKOR, N. J.; MAHALE, D. M.; HALDANKAR, P. M.; SONAWANE, S. P. Physical Properties of Cashew Nut Shell Liquid. **Internacional Journal of Application or Innovation in Engineering & Management**, v. 1, p. 172-175, 2012.
- CALADO, V.; MONTGOMERY, D. **Planejamento de experimentos usando o Statística**. Rio de Janeiro: E-Papers, 2003.
- CORREIA, S. J.; DAVID, J. P.; DAVID, J. M. Metabólitos secundários de espécies de anacardiaceae. **Química Nova**, v. 29, p. 1287-1300, 2006.
- DI GIOVACCHINO, L.; SESTILI, S.; DI VINCENZO, D. Influence of olive processing on virgin olive oil quality. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 104, p. 587-601, 2002.

FOX, R. W.; MCDONALD, A. T.; PRITCHARD, P. J. **Introdução à mecânica dos fluidos**, 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

GALVAO, M. F. O.; CABRAL, T. M.; ANDRE, P. A.; ANDRADE, M. F.; MIRANDA, R. M.; SALDIVA, P. H. N.; VASCONCELLOS, P. C.; MEDEIROS, S. R. B. Cashew nut roasting: chemical characterization of particulate matter and genotoxicity analysis. **Environmental Pollution**, v. 131, p. 145-152, 2014.

GALVAO, M. F. O.; QUEIROZ, J. D. F.; DUARTE, E. S. F.; HOELZEMANN, J. J.; ANDRE, P. A.; SALDIVA, P. H. N.; MENEZES FILHO, J. A.; MEDEIROS, S. R. B. Characterization of the particulate matter and relationship between buccal micronucleus and urinary 1-hydroxypyrene levels among cashew nut roasting workers. **Environmental Pollution**, v. 220, p. 659-671, 2017.

GEDAM, P. H.; SAMPATHKUMARAN, P. S. Cashew nut shell liquid: extraction, chemistry and applications. **Progress in Organic Coatings**, v. 14, p. 115-157, 1986.

HEMSHEKHAR, M.; SANTHOSH, M. S.; KEMPARAJU, K.; GIRISH, K. S. Emerging Roles of Anacardic Acid and Its Derivatives: a pharmacological overview. **Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology**, v. 110, p. 122-132, 2012.

JERZ, G.; MURILLO-VELÁSQUEZ, J. A.; SKRJABIN, I.; GÖK, R.; WINTERHALTER, P. Anacardic Acid Profiling in Cashew Nuts by Direct Coupling of Preparative High-Speed Countercurrent Chromatography and Mass Spectrometry (prepHSCCC-ESI/APCI-MS/MS). **Recent Advances in the Analysis of Food and Flavors**, v. 1098, p. 145-165, 2012.

KASIRAMAN, G.; GEO, V. E.; NAGALINGAM, B. Assessment of cashew nut shell oil as an alternate fuel for CI (Compression ignition) engines. **Energy**, v. 101, p. 402-410, 2016.

KATZ, J. **Introductory fluid mechanics**. New York: Cambridge University Press, 2010.

KRAUSE, E. **Fluid mechanics**. Berlin: Springer, 2005.

KUBO, I.; MASUOKA, N.; HA, T. J.; TSUJIMOTO, K. Antioxidant activity of anacardic acids. **Food Chemistry**, v. 99, p. 555-562, 2006.

KUBO, I.; MUROI, H.; KUBO, A. Naturally occurring antiacne agents. **Journal of Natural Products**, v. 57, p. 9-17, 1994.

KUMAR, P. P.; PARAMASHIVAPPA, R. VITHAYATHIL, P. J.; RAO, P. V. S.; RAO, S. Process for Isolation of Cardanol from Technical Cashew (*Anacardium occidentale* L.) Nut Shell Liquid. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 4705-4708, 2002.

- KUMAR, P. S.; KUMAR, N. A.; SIVAKUMAR, R.; KAUSHIK, C. Experimentation on solvent extraction of polyphenols from natural waste. **Journal of Materials Science**, v. 22, p. 5894-5899, 2009.
- LADMIRAL, V.; JEANNIN, R.; LIZARAZU, K. F.; LAI-KEE-HIM, J.; BRON, P.; LACROIX-DESMAZES, P.; CAILLOL, S. Aromatic biobased polymer latex from cardanol. **European Polymer Journal**, v. 93, p. 785-794, 2017.
- MARRERO-MOREJÓN, J.; PARDILLO-FONTDEVILA, E. Estimation of liquid viscosity at ambient temperature of pure organic compounds by using group-interaction contributions. **Chemical Engineering Journal**, v. 79, p. 69-72, 2000.
- MATTISON, C. P.; CAVALCANTE, J. M.; GALLAO, M. I.; BRITO, E. S. Effects of industrial cashew nut processing on anacardic acid content and allergen recognition by IgE. **Food Chemistry**, v. 240, p. 370-376, 2018.
- MAZZETO, S. E.; LOMONACO, D.; MELE, G. Óleo da castanha de caju: oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial. **Química Nova**, v. 32, p. 732-741, 2009.
- MUNSON, B. R.; YOUNG, D. F.; OKIISHI, T. H.; HUEBSCH, W. W. **Fundamentals of Fluid Mechanics**, 6. ed. Danvers: Wiley, 2009.
- NAKA, T.; KOUAKOU, M. D.; SOUMAILA, D.; PATRICE, K. L. Assessment of some bio-Chem. Parameters of apples juices from two cashew varieties as affected by three regions of Côte d'Ivoire. **Journal of Advances in Agriculture**, v. 5, p. 621-633, 2015.
- PARAMASHIVAPPA, R.; KUMAR, P. P.; VITHAYATHIL, P. J.; RAO, A. S. Novel Method for Isolation of Major Phenolic Constituents from Cashew (*Anacardium occidentale* L.) Nut Shell Liquid. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 2548-2551, 2001.
- PARASA, L. S.; TUMATI, S. R.; CYRIL ARUN KUMAR, L.; CHIGURUPATI, S. P.; RAO, G. S. In vitro antimicrobial activity of cashew (*Anacardium occidentale* L.) nuts Shell liquid against methicillin resistant staphylococcus aureus (MRSA) clinical isolates. **Internacional Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v. 3, p. 436-440, 2011.
- PATEL, R. N.; BANDYOPADHYAY, S.; GANESH, A. Economic appraisal of supercritical fluid extraction of refined cashew nut shell liquid. **Journal of Chromatography A**, v. 1124, p. 130-138, 2006.
- RODRIGUES, F. H. A.; FRANÇA, F. C. F.; SOUZA, J. R. R.; RICARDO, N. M. P. S.; FEITOSA, J. P. A. Comparison Between Physico-Chemical Properties of the Technical Cashew Nut Shell Liquid (CNSL) and those Natural Extracted from Solvent and Pressing. **Polímeros**, v. 21, p. 156-160, 2011.

STASIUK, M.; KOZUBEK, A. Biological activity of phenolic lipids. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 67, p. 841-860, 2010.

STEFFE, J. F. **Rheological methods in food process engineering**. 2. ed. East Lansing: Freeman, 1996.

SUO, M.; ISAO, H.; ISHIDA, Y.; SHIMANO, Y.; BI, C.; KATO, H.; TAKANO, F.; OHTA, T. Phenolic lipid ingredients from cashew nuts. **Journal of Natural Medicines**, v. 66, p. 133-139, 2012.

TAN, Y. P.; CHAN, W. C. Antioxidant, antityrosinase and antibacterial properties of fresh and processed leaves of *Anacardium occidentale* and *Piper betle*. **Food Bioscience**, v. 6, p. 17-23, 2014.

TREVISAN, M. T. S.; PFUNDSTEIN, B.; HAUBNER, R.; WURTELE, G.; SPIEGELHALDER, B.; BARTSCH, OWEN, R. W. Characterization of alkyl phenols in cashew (*Anacardium occidentale*) products and assay of their antioxidant capacity. **Food and Chemical Toxicology**, v. 44, p. 188-197, 2006.

TYMAN, J. H. P.; JOHNSON, R. A.; MUIR, M.; ROKHGAR, R. The extraction of natural cashew nut-shell liquid from the cashew nut (*Anacardium occidentale*). **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 66, p. 553-557, 1989.

WU, Y.; HE, L.; ZHANG, L.; CHEN, J.; YI, Z.; ZHANG, J.; LIU, M.; PANG, X. Anacardic Acid (6-Pentadecylsalicylic Acid) Inhibits Tumor Angiogenesis by Targeting Scr/FAK/Rho GTPases Signaling Pathway. **Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics**, v. 339, p. 403-411, 2011.

YULIANA, M.; NGUYEN-THI, B. T.; FAIKA, S.; HUYNH, L. H.; SOETAREDJO, F. E.; JU, Y. Separation and purification of cardol, cardanol and anacardic acid from cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut-shell liquid using a simple two-step column chromatography. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, v. 45, p. 2187-2193, 2014.

YULIANA, M.; TRAN-THI, N. Y.; JU, Y. H. Effect of extraction methods on characteristic and composition of Indonesian cashew nut shell liquid. **Industrial Crops and Products**, v. 35, p. 230-236, 2012.

Embrapa

Agroindústria Tropical

MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**

