

Estudo da vida útil das fibras da prensagem de dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.)

Marina Borges Guimarães¹, Paula Andrea Osorio Carmona², Débora Lo Sciuto³, Márcio Waluce P. R. de Santana⁴, Marcos Enê Chaves Oliveira⁵, Félix Gonçalves de Siqueira⁶, Simone Mendonça⁷

Resumo

O óleo de palma possui importância econômica relevante para as indústrias alimentícia, cosmética, farmacêutica e de biocombustíveis. Conforme a Organisation for Economic Co-Operation and Development (2015), na última década a produção mundial superou a de outros óleos vegetais, com um aumento do consumo global de 17,7 milhões de toneladas em 1997, para 52,1 milhões de toneladas em 2012, tornando-se o óleo mais consumido no mundo (EUROPEAN PALM OIL ALLIANCE, 2016). Durante sua produção, são gerados diversos resíduos, dentre os quais se destacam as fibras da prensagem normalmente queimadas em caldeiras para a geração de energia. Essas fibras contêm mais de 8% de óleo residual, que pode ser utilizado como fonte de β -caroteno, um pigmento lipossolúvel, precursor da vitamina A, que possui atividade antioxidante e ampla aplicação industrial. Entretanto, para que suas propriedades sejam mantidas, é importante que não se oxide durante o armazenamento da matéria-prima ou a extração do óleo. Este trabalho objetivou avaliar a vida útil das fibras, em função de fatores que afetam a qualidade do β -caroteno. Estudaram-se ao longo de seis semanas os efeitos da temperatura (25 e 40 °C) e da luz (incidência/ausência) sobre a concentração de carotenoides, a estabilidade oxidativa e a qualidade do óleo extraído. Independentemente do tempo de estocagem, os óleos extraídos das fibras armazenadas nas diferentes condições apresentaram alta acidez. A diminuição do teor de óleo no tempo pode indicar atividade metabólica de microrganismos, como fungos filamentosos, que puderam ser observados a olho nú. Esses microrganismos aparentemente favoreceram a produção de carotenoides a 25 °C na presença ou ausência de luz.

Palavras-chave: óleo de palma, fibras da prensagem do mesocarpo do fruto, β -caroteno.

¹ Farmacêutica, bolsista da Embrapa Agroenergia, marina.borges@colaborador.embrapa.br

² Engenheira de Alimentos, doutora em Agronomia, pós-doutoranda da Embrapa Agroenergia, paula.carmona@colaborador.embrapa.br

³ Bióloga, bolsista da Embrapa Agroenergia, debora.sciuto@colaborador.embrapa.br

⁴ Biotecnólogo, mestrando em Biociências, Universidade Federal da Bahia, marcio_waluce@hotmail.com

⁵ Engenheiro Químico, doutor em Engenharia Mecânica, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, marcos-ene.oliveira@embrapa.br

⁶ Biólogo, doutor em Ciências Biológicas (Biologia Molecular), pesquisador da Embrapa Agroenergia, felix.siqueira@embrapa.br

⁷ Farmacêutica, doutora em Saúde Pública, pesquisadora da Embrapa Agroenergia, simone.mendonca@embrapa.br

Introdução

A palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) ou dendezeiro, como é chamado no Brasil, é cultivado em mais de 45 países e sua área de plantio cobre aproximadamente 18,7 milhões de hectares (cerca de 10,2% de toda a área cultivada do mundo) (FAO, 2017). Dois tipos de óleo podem ser extraídos do processamento dos frutos do dendezeiro: o óleo de palma bruto, a partir do mesocarpo dos frutos e o óleo de palmiste, obtido do endosperma das sementes. Os óleos de palma e palmiste somam apenas 10% do dendezeiro, sendo os 90% restante basicamente constituído por biomassas residuais (torta de palmiste, engaços, fibras da prensagem do mesocarpo, cascas e efluentes líquidos). Apenas cerca de 20% dos resíduos da cultura do dendê são comercialmente empregados (OFORI-BOATENG; LEE, 2013). Em virtude do crescimento da área de cultivo da palma de óleo, a indústria vem gerando grandes quantidades de resíduos, estimadas em 184 milhões de toneladas anualmente em todo o planeta (VAKILI et al., 2015). Apenas uma pequena parte desses resíduos (fibras da prensagem, engaços e cascas) é utilizada como fonte de combustível em caldeiras para geração de bioeletricidade e vapor nas indústrias de óleo de palma, porém, a maior parte é geralmente vertida em áreas abertas ou incinerada, gerando gases nocivos para a atmosfera. Entretanto, o emprego desses resíduos como fonte de combustível nas indústrias pode não ser econômico devido à quantidade de energia necessária para queimá-los. Por outro lado, os resíduos da dendeicultura podem ser aproveitados para a obtenção de produtos de maior valor agregado (por exemplo, os fitoquímicos), além de nutrientes usados como aditivos em alimentos para melhorar a saúde pública (OFORI-BOATENG; LEE, 2013).

A fibra de prensagem do mesocarpo é um resíduo de destaque e representa aproximadamente 12% do cacho processado e contém entre 8% e 18% de óleo cru residual (em base seca). O óleo extraído a partir das fibras de prensagem é uma rica fonte de carotenoides (4.000 ppm – 6.000 ppm), sendo que α - e β -caroteno perfazem 90% do total. Esses carotenoides possuem atividade pró-vitamina A (CADENAS-TORO et al., 2014). Como as fibras de prensagem do mesocarpo geradas pela indústria de óleo de palma não são armazenadas em condições controladas, e também devido à escassez de dados na literatura, o presente estudo teve como objetivo investigar fatores físicos que podem interferir na concentração dos carotenoides e na qualidade do óleo residual extraído a partir dessas fibras. As condições de armazenamento foram incidência ou ausência de luz, temperatura e período de armazenamento e os parâmetros de qualidade considerados foram teor de carotenoides, estabilidade oxidativa (índice de substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico - TBARS) e acidez, simulando condições de estocagem que podem ser encontradas na indústria de óleo de palma.

Materiais e Métodos

As fibras de prensagem do mesocarpo do fruto de dendê (FPM) Tenera (*Elaeis guineensis* Jacq.) foram coletadas no dia 21/02/2017 na Empresa Marborges (Moju-PA), na saída do processo e congeladas no mesmo dia na Embrapa Amazônia Oriental (Belém, PA). Foram recebidas congeladas no dia 06/03/2017 na Embrapa Agroenergia (Brasília, DF). Após a recepção, as fibras foram acondicionadas em sacos plásticos transparentes, e parte delas foi recoberta com folhas de alumínio (para simular as

condições de armazenamento expostas ou protegidas contra a luz, respectivamente) e armazenadas em incubadoras tipo BOD a 25 °C ou 40°C contendo soluções saturadas de NaCl a fim de criar ambientes com umidades relativas de 74,3%. Amostras de FPMs de cada condição de armazenamento foram retiradas a cada 7 dias, durante um período de 42 dias, para as análises de qualidade. As FPMs correspondentes a cada tempo de estudo foram secas em estufa com circulação e renovação de ar por 24 h a 65 °C e posteriormente moídas em moinho de facas tipo Willye (STAR FT-60, Fortinox). Os óleos das FPMs foram extraídos em extrator por solvente acelerado (ASE-350, Dionex) com éter de petróleo a 70 °C e analisados quanto ao teor de ácidos graxos livres e índice de TBARS, determinados pelos métodos da American Oil Chemists' Society (AOCS methods ..., 2005) Cd 3d-63 e Cd 19-90, respectivamente.

Os carotenoides totais foram extraídos do óleo com acetona (ACHIR et al., 2010) acrescida de BHT (0,1% m/v) (RIVERA; CANELA, 2012) e quantificados por meio de curva padrão de β -caroteno em acetona, com leitura espectrofotométrica a 450 nm. O teor de extrato etéreo das FPMs foi determinado em equipamento tipo Ankon (AOCS methods ..., 2005) (método Am 5-04). Foi utilizado um delineamento inteiramente ao acaso, em esquema de fatorial, com 3 repetições. Foram avaliados os efeitos da temperatura (25 °C e 40 °C), da luz (incidência/ausência) e do tempo de armazenamento (tempo zero e 7, 14, 21, 28, 35 e 42 dias) das FPMs. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando-se o software SISVAR 5.6.

Resultados e Discussão

A comparação dos resultados das FPMs nas diferentes condições de estocagem, considerando luz, temperatura, foi estatisticamente significativa para todas as variáveis analisadas com $p < 0,05$ (Tabela 1), indicadas pelas letras maiúsculas (fixando-se condições de luz e temperatura), minúsculas (para comparar níveis de luz) e gregas (fixando-se fatores de luz e tempo).

Na estocagem das FPMs, a 25 °C, houve aumento na concentração de carotenoides totais na última semana de armazenamento, com relação ao tempo zero, independentemente da exposição ou da proteção das fibras contra a luz (Tabela 1). Para as FPMs armazenadas na ausência de luz, o teor de carotenoides foi superior apenas na sexta semana. Já na presença de luz, foi verificado um aumento significativo na concentração desses compostos a partir da quarta semana de armazenamento, atingindo valores máximos durante a quinta e a sexta semana de estocagem (5.674 $\mu\text{g/g}$ e 5.305 $\mu\text{g/g}$ de óleo, respectivamente). Entretanto, os carotenoides totais foram equivalentes na última semana de estudo para as duas condições de armazenamento (5.305 $\mu\text{g/g}$ e 5.196 $\mu\text{g/g}$ de óleo na presença e ausência de luz, respectivamente).

O aumento constatado no teor de carotenoides do óleo extraído das fibras armazenadas a 25 °C pode estar relacionado com a produção desses compostos pelos microrganismos observados a olho nu (fungos filamentosos) nas FPMs durante o tempo de experimentação. Vale destacar que a escolha da temperatura (25 °C e 40 °C) e da umidade relativa (74,3%) para conduzir o experimento foi realizada buscando simular as condições de estocagem das FPMs observadas nas agroindústrias processadoras de óleo de palma. Esse ambiente pode favorecer o crescimento de fungos filamentosos, por exemplo, que podem se desenvolver em biomassas vegetais com altas atividades de água. As FPMs chegaram da Agroindústria (Moju, PA) até o

laboratório (LQB – Embrapa Agroenergia, Brasília, DF) por meio de transporte terrestre (caminhão-refrigerado) e foram armazenadas conforme recebidas, ou seja, sem passar por processo de esterilização (autoclavagem). Desse modo, acredita-se que a flora microbiana (bactérias, fungos, leveduras, cultiváveis ou não) presente desde o processamento dos frutos até a geração das FPMs (após prensagem dos frutos para a extração do óleo), além do traslado, possa ter influenciado nos resultados da concentração de carotenoides totais observados. Também, é provável que alguns grupos de microrganismos, principalmente fungos filamentosos, tenham sido favorecidos pelas condições físicas de armazenamento testadas neste trabalho. Dentre os fungos filamentosos produtores de β -caroteno podem ser citados *Blakeslea trispora* e *Phycomyces blakesleenus*, que também geralmente produzem utiquinonas, ergosterol, ácidos orgânicos e outros carotenoides como licopeno, γ -caroteno e fitoeno.

Outros fungos filamentosos pertencentes aos gêneros *Monascus*, *Paecilomyces*, *Aspergillus* e *Penicillium*, também se destacam por produzir pigmentos em quantidades elevadas, que são aplicados na indústria de alimentos, por exemplo (DUFOSSÉ, 2006). Na Embrapa Agroenergia, alguns fungos filamentosos presentes nas FPMs já foram isolados (22 espécies diferentes) e identificados por técnicas de biologia molecular em um estudo semelhante ao descrito neste trabalho. Dentre eles, podem se citar os fungos *Aspergillus oryzae* e *Aspergillus flavus*, nas fibras armazenadas a 25 °C, na presença de luz (dados não publicados). Essas espécies são capazes de sintetizar pigmentos avermelhados (JOSHI et al., 2003; ASSANTE et al., 1981), entretanto também podem ser produtoras aflatoxinas. Nas FPMs mantidas a 40 °C, na presença de luz, foi observado incremento expressivo no teor de carotenoides nas duas primeiras semanas de armazenamento, com relação ao tempo zero. Após esse período, verificou-se um decréscimo na concentração desses compostos, que se manteve constante até a última semana de estocagem.

Já nas FPMs mantidas protegidas contra a luz a 40 °C, o conteúdo de carotenoides diminuiu significativamente na quarta, quinta e sexta semana de armazenamento. Independentemente da exposição ou da proteção das fibras contra a luz, a partir da terceira semana de estocagem, a concentração de carotenoides sempre foi inferior nas fibras mantidas a 40 °C com relação às conservadas a 25 °C, sendo a queda mais acentuada nas fibras armazenadas na ausência de luz. Tal resultado pode estar associado com a sensibilidade dos carotenoides ao calor.

O teor de extrato etéreo (lipídios totais) das FPMs diminuiu ao longo das semanas independentemente das condições de armazenamento (Tabela 1), indicando atividade metabólica de microrganismos, tais como os fungos filamentosos, já mencionados anteriormente. As FPMs mantidas a 25 °C, na presença de luz, apresentaram a queda mais acentuada e, paralelamente, o maior teor de carotenoides totais, corroborando com possibilidade do aumento desses pigmentos ocorrer devido à biossíntese de metabólitos secundários produzidos por microrganismos.

Fixando-se os níveis do tempo de armazenamento, a 25 °C, o índice de TBARS do óleo foi equivalente independentemente da exposição ou da proteção das FPMs contra a luz durante as três primeiras semanas de estocagem (Tabela 1). A mesma tendência foi observada para as FPMs mantidas a 40 °C, em um determinado tempo de armazenamento. Na quarta e quinta semana de estudo, para as duas temperaturas avaliadas, foi verificado um maior índice de TBARS no óleo extraído a partir das FPMs

armazenadas na presença de luz, enquanto na sexta semana de estocagem o índice de TBARS foi equivalente. Na presença de luz, a 25 °C e 40 °C, também se verificou a formação mais rápida de produtos estáveis (produtos secundários de oxidação, substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico), pois na sexta semana de armazenamento os valores foram equivalentes aos do tempo zero. De modo geral, a partir da terceira semana de armazenamento, as FPMs armazenadas na presença ou ausência de luz a 25 °C apresentaram óleos com índices de TBARS superiores aos verificados nas FPMs acondicionadas a 40 °C.

Tabela 1. Efeito da temperatura (25 °C e 40 °C) e da luz (incidência/ausência) sobre os teores de carotenoides, índice de acidez, extrato etéreo e TBARS ao longo de seis semanas de armazenamento da fibra de prensagem de dendê.

L	T °C	Tempo de armazenamento das fibras						
		T0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
CAROTENOIDES TOTAIS (µg/ g de óleo)								
P	25	2.051Caα	3.308Caα	3.232Caα	3.273Caα	4.227Baα	5.674Aaα	5.305Aaα
	40	2.051Baα	3.679Aaα	3.091Aaα	2.075Bbα	2.475Bbα	1.725Bbα	2.214Bbα
A	25	2.051Baα	3.251Baα	2.817Baα	3.495Baα	3.036Baβ	3.000Baβ	5.196Aaα
	40	2.051Aaα	3.225Aaα	2.341Aaα	1.875Abα	1.283Bbβ	1.000Bbα	767,5Bbβ
EXTRATO ETÉREO (% b.s.)								
P	25	11,23Aaα	9,50Aaα	7,41Baα	6,98Baα	4,65Caβ	3,17Cbβ	3,44Caβ
	40	11,23Aaα	6,93Bbβ	5,60Baβ	6,47Baα	4,35Baβ	5,43Baα	5,24Baβ
A	25	11,23Aaα	9,14Baα	8,47Baα	6,15Caα	8,99Baα	8,06Baα	6,32Cbα
	40	11,23Aaα	9,24Aaα	8,80Aaα	7,47Baα	7,47Baα	7,32Baα	9,75Aaα
ÍNDICE DE TBARS								
P	25	0,055Baα	0,050Baα	0,075Baα	0,105Aaα	0,112Aaα	0,129Aaα	0,076Baα
	40	0,055Baα	0,067Baα	0,069Baα	0,090Aaα	0,091Aaα	0,062Bbα	0,063Baα
A	25	0,055Baα	0,063Baα	0,062Baα	0,109Aaα	0,074Baβ	0,075Baβ	0,084Baα
	40	0,055Aaα	0,064Aaα	0,072Aaα	0,079Abα	0,060Abβ	0,055Aaα	0,036Abα
ACIDEZ (%)								
P	25	12,39Caα	16,78Baα	22,47Aaα	23,77Abα	18,36Bbβ	19,70Abβ	22,12Abβ
	40	12,39Caα	15,34Caα	20,99Baα	33,06Aaα	31,97Aaα	34,18Aaα	35,25Aaα
A	25	12,39Caα	18,59Baα	24,48Baα	26,55Bbα	26,15Bbα	31,17Aaα	29,59Abα
	40	12,39Caα	17,79Baα	22,20Baα	31,58Aaα	33,99Aaα	32,37Aaα	37,34Aaα

T0, S1, S2, S3, S4, S5, S6 = tempo zero e primeira, segunda, terceira, quarta, quinta e sexta semana de armazenamento, respectivamente; P e A = fibras armazenadas na presença e na ausência de luz, respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, no nível de 5% de significância. Para a comparação do tempo de estocagem das fibras (linha), fixados os níveis dos fatores luz e temperatura, empregaram-se letras maiúsculas; para a comparação da temperatura de armazenamento das fibras (coluna), fixados os níveis dos fatores luz e tempo, utilizaram-se letras minúsculas e para a comparação dos níveis de luz (coluna), fixados os níveis dos fatores temperatura e tempo, utilizaram-se letras gregas.

Independentemente da condição de armazenamento, houve aumento do índice de acidez dos óleos ao longo do tempo (Tabela 1). A partir da terceira semana de armazenamento, as FPMs armazenadas na presença ou ausência de luz, a 40 °C, apresentaram óleos com índices de acidez mais acentuados que os observados nos óleos das FPMs conservadas a 25 °C. Por sua vez, a 40 °C não houve interferência da proteção ou exposição à luz das fibras sobre o índice de acidez dos óleos, enquanto a 25 °C, analogamente ao índice de TBARS, depois da quarta semana de

armazenamento, as fibras protegidas contra a luz propiciaram óleos com maiores índices de acidez. A acidificação mais rápida observada nos óleos extraídos das FPMs mantidas a 40 °C pode estar relacionada com a alta temperatura de armazenamento associada à alta umidade relativa do ambiente (74,3%), que favorecem o crescimento de microrganismos e a degradação do óleo. A atividade microbiana e os altos teores de umidade, que servem como fonte de moléculas de água para desencadear uma série de reações químicas indesejáveis, ocasionam a hidrólise das moléculas de triacilglicerídeos dos óleos e conseqüentemente o aumento do teor de ácidos graxos livres. Os óleos extraídos a partir das FPMs armazenadas nas diferentes condições, indicaram baixa qualidade, não atendendo as especificações descritas na Resolução RDC nº 270 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2005). Esta RDC estabelece que o teor de ácidos graxos livres para óleos não refinados não deve exceder 10 mg KOH/g de óleo (5% de acidez).

Conclusões

No presente estudo, foram armazenadas as fibras resultantes da prensagem do dendê (FPMs) em diferentes condições de temperatura e luminosidade, ao longo de seis semanas, a fim de caracterizar o óleo residual. Os óleos indicaram instabilidade oxidativa e baixa qualidade em função do tempo. O índice de acidez foi o parâmetro que apresentou as mudanças mais significativas. O armazenamento das fibras a 25 °C, na presença ou ausência de luz, foi a condição que favoreceu a produção de carotenoides, como também a maior quantidade visível de fungos filamentosos, ao passo que, o armazenamento a 40 °C ocasionou um decréscimo na concentração desses compostos bioativos. Em estudos posteriores, seria interessante quantificar as densidades de bactérias, leveduras e fungos filamentosos associadas com as fibras durante o armazenamento para se ter um maior controle sobre as condições que favorecem o desenvolvimento desses microrganismos, além de identificar e avaliar quais são os microrganismos produtores de carotenoides e se são reconhecidos como seguros.

Apoio Financeiro

Embrapa Agroenergia, FINEP – Projeto DendePalm.

Referências

ACHIR, N.; RANDRIANATOANDRO, V. A.; BOHUON, P.; LAFFARGUE, A.; AVALLONE, S. Kinetic study of β carotene and lutein degradation in oils during heat treatment. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 112, n. 3, p. 349-361, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). de 22 de set. 2005. Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 set. 2005, p. 2134.

AOCS methods for biodiesel feedstock quality: official methods and recommended practices of the AOCS. Urbana: AOCS Press, 2005.

ASSANTE, G.; CAMARDA, L.; LOCCI, R.; MERLINI, L.; NASINI, G.; PAPADOPOULOS, E. Isolation and structure of red pigments from *Aspergillus flavus* and related species, grown on a differential medium. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 29, n. 4, p. 785-787, 1981.

CADENAS-TORO, F. P.; FORSTER-CARNEIRO, T.; ROSTAGNO, M. A.; PETENATE, A. J.; FILHO, F. M.; MEIRELES, M. A. A. Integrated supercritical fluid extraction and subcritical water hydrolysis for the recovery of bioactive compounds from pressed palm fiber. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 93, p. 42-48, 2014.

DUFOSSE, L. Microbial production of food grade pigments. **Food technology and Biotechnology**, v. 44, n. 3, p. 313-323, 2006.

EUROPEAN PALM OIL ALLIANCE. **El consumo de aceite de palma**. 2016. Disponível em: <<http://www.palmoilandfood.eu/es/el-consumo-de-aceite-de-palma>>. Acesso em: jun. 2017.

FAO. **FAOSTAT Statistic Database - Crops**. 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: jun. 2017.

JOSHI, V. K.; ATTRI, D.; BALA, A.; BHUSHAN, S. Microbial pigments. **Indian Journal of Biotechnology**, v. 2, n. 3, p. 362-369, 2003.

OFORI-BOATENG, C.; LEE, K. T. Sustainable utilization of oil palm wastes for bioactive phytochemicals for the benefit of the oil palm and nutraceutical industries. **Phytochemistry Reviews**, v. 12, n. 1, p. 173-190, 2013.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Semillas oleaginosas y sus productos**. 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i4738s/i4738s04.pdf>>. Acesso em: jun. 2017.

RIVERA, S.; CANELA, R. Influence of sample processing on the analysis of carotenoids in maize. **Molecules**, v. 17, n. 9, p.11255-11268, 2012.

VAKILI, M.; RAFATULLAH, M.; IBRAHIM, M. H.; SALAMATINIA, B.; GHOLAMI, Z.; ZWAIN, H. A review on composting of oil palm biomass. **Environment, Development and Sustainability**, v. 17, n. 4, p. 691-709, 2015.