

Efeito da adição de óleo de palma bruto nanoencapsulado na estabilidade oxidativa de molho para salada em teste de oxidação acelerada

Effect of nanoencapsulated crude palm oil addition on the oxidative stability of salad dressing in an accelerated oxidation test

Efecto de la adición de aceite de palma crudo nanoencapsulado sobre la estabilidad oxidativa de la salsa para ensaladas en una prueba de oxidación acelerada

Recebido: 24/08/2020 | Revisado: 02/09/2020 | Aceito: 01/10/2020 | Publicado: 02/10/2020

Marcela Donato

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1152-6249>

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

E-mail: marceladonato@gmail.com

Camila Duarte Ferreira Ribeiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2968-5739>

Universidade Federal da Bahia, Brasil

E-mail: camiladuartef@ufba.br

Jane Mara Block

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3781-3366>

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

E-mail: janeblock@gmail.com

Itaciara Larroza Nunes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1098-7139>

Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil

E-mail: itaciara.nunes@ufsc.br

Resumo

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da adição de óleo de palma bruto nanoencapsulado (OPB-NE) como antioxidante em molho para salada em teste de oxidação acelerada (*Schaal Oven Test*). O OPB-NE foi caracterizado quanto a eficiência de encapsulamento (EE), tamanho de partícula (TP), potencial Zeta (pZ) e índice de polidispersibilidade (PDI). O Óleo de palma bruto livre (OPB-L) e OPB-NE foram avaliados quanto aos carotenoides totais (CT) e atividade antioxidante (AA). Foram desenvolvidos três molhos para salada sabor mostarda (A-molho base controle/B-molho base + OPB-NE/C-

molho base + BHA e BHT). Nos molhos foram determinadas a composição centesimal e o teor de CT. OPB-L, OBP-NE e os molhos foram submetidos ao *Schaal Oven Test* em estufa ($60 \pm 5^\circ \text{C}/15$ dias/circulação de ar). Após este período os índices de acidez (IA), peróxidos (IP) e dienos (DC) e trienos (TC) conjugados foram determinados. O OPB-NE apresentou EE de 95,66%, TP de $0,29 \mu\text{m}$, heterogeneidade de tamanhos de partícula (PDI 1,00), pZ de $-41,80 \text{ mV}$, e 12,11% de AA. O OPB-NE e o molho B apresentaram teor de CT de $561,77 \pm 10,97$ e $442,31 \pm 12,14 \mu\text{g.g}^{-1}$, respectivamente. Os molhos não tiveram diferença na composição centesimal. OPB-NE apresentou maior IA do que o OPB-L, valores de IP e DC inferiores, e TC semelhantes ao final de 15 dias. Nos molhos houve diferença apenas no IP, com maior estabilidade do molho C, seguido pelo B, mais estável que o A. Concluiu-se que o OPB-NE pode ser uma alternativa aos antioxidantes sintéticos BHA e BHT em molhos para salada.

Palavras-chave: Molho para salada; *Elaeis guineensis*; Antioxidante natural; Encapsulamento.

Abstract

The effect of the addition of nanoencapsulated crude palm oil (NE-CPO) as antioxidant in a salad dressing using accelerated oxidation (Schaal Oven Test) was evaluated. The encapsulation efficiency (EE), particle size (PS), Zeta potential (Zp) and polydispersity index (PDI) was determined. Crude palm oil (CPO) and NE-CPO were evaluated for total carotenoids (TC) and antioxidant activity (AA) using the ABTS method. Analysis of the centesimal composition and TC in three developed mustard salad dressings (A control/B - control + NE-CPO/C -control + BHA and BHT) were carried out. OPB-L, OBP-NE e os molhos foram submetidos ao *Schaal Oven Test* em estufa ($60 \pm 5^\circ \text{C}/15$ dias/circulação de ar). OPB-L, OBP-NE and sauces were evaluated by Schaal Oven Test in an oven ($60 \pm 5^\circ \text{C}/15$ days/air circulation). After 15 days, the acidity value (AV), peroxides value (PV) and conjugated dienes (CD) and trienes (CT) were determined. NE-CPO presented EE of 95.66%, PS of $0.29 \mu\text{m}$, particle size heterogeneity (PDI 1.00), Zp of -41.80 mV , indicating good stability of the particles, and 12.11% of AA. The NE-CPO and the dressing B presented $561.77 \pm 10.97 \mu\text{g.g}^{-1}$ and $442.31 \pm 12.14 \mu\text{g.g}^{-1}$ of TC, respectively. The dressings had no difference in the centesimal composition. NE-CPO showed greater increase in acidity than CPO, PI and lower CD, and similar CT after 15 days. The dressing C presented a greater stability when compared to dressings A and B, followed by dressing B, which was more

stable than dressing A. It was concluded that NE-CPO can be an alternative to the synthetic antioxidants BHA and BHT in salad dressings.

Keywords: Salad dressing; *Elaeis guineensis*; Natural antioxidant; Encapsulation.

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la adición de aceite de palma crudo nanoencapsulado (APC-NE) como antioxidante en salsa para ensaladas en una prueba de oxidación acelerada (Schaal Oven Test). OPB-NE se caracterizó en términos de eficiencia de encapsulación (EE), tamaño de partícula (TP), potencial Zeta (pZ) e índice de polidispersidad (PDI). Se evaluó el total de carotenoides (CT) y la actividad antioxidante (AA) del aceite de palma crudo libre (APC-L) y APC-NE. Se desarrollaron tres aderezos para ensalada de mostaza (A- aderezo base control/B aderezo base + APC-NE/C- aderezo base + BHA y BHT). En las salsas estudiadas se determinó la composición centesimal y el contenido de CT. APC-L, APC-NE y las salsas fueron evaluó en *Schaal Oven Test* ($60 \pm 5^\circ \text{C}/15$ días/circulación de aire). Después de este período, se determinaron los índices de acidez (IA), peróxidos (IP) y dienos (DC) y trienales (TC). El APC-NE presentó un EE de 95,66%, TP de $0,29 \mu\text{m}$, heterogeneidad de tamaño de partícula (PDI 1,00), pZ de $-41,80 \text{ mV}$ y 12,11% de AA. APC-NE y salsa B tenían un contenido de TC de $561,77 \pm 10,97$ y $442,31 \pm 12,14 \mu\text{g.g}^{-1}$, respectivamente. Las salsas no tuvieron diferencia en la composición próxima. APC-NE tenía una IA más alta que APC-L, valores de IP y DC más bajos y CT similar al final de los 15 días. En las salsas solo hubo diferencia en PI, con mayor estabilidad de la salsa C, seguida de B, más estable que A. Se concluyó que APC-NE puede ser una alternativa a los antioxidantes sintéticos BHA y BHT en aderezos para ensaladas.

Palabras clave: Salsa para ensaladas; *Elaeis guineensis*; Antioxidante natural; Encapsulación.

1. Introdução

O óleo de palma bruto (OPB) ou azeite de dendê é o óleo extraído da polpa do fruto de palmeiras das espécies *Elaeis oleifera* e *Elaeis guineensis* (Prado & Block, 2012), sendo um dos óleos mais produzidos e consumidos no mundo. Em 2019, a produção mundial foi de aproximadamente 75 milhões de toneladas (Foreign Agricultural Service, 2020). Porém, em sua forma bruta, mais rica em nutrientes, possui consumo limitado somente ao Brasil e a África (Almeida et al., 2013).

O OPB apresenta alto teor de carotenoides com atividade de pró-vitamina A, tocoferóis e tocotrienóis, (Gee, 2007; Almeida et al., 2013), que juntos conferem elevada atividade antioxidante ao óleo tornando-o menos susceptível à oxidação lipídica (Jędrkiewicz et al., 2016; Macmahon; Begley; Diachenko, 2013).

A principal causa de deterioração química de óleos é a oxidação, podendo causar sabor rançoso e perda de compostos bioativos. Durante a oxidação, os ácidos graxos sofrem decomposição e se transformam em diferentes aldeídos reativos que propagam a oxidação (Si et al., 2018; Farvin; Surendraraj, 2018). Como forma de ampliar e preservar os compostos bioativos do OPB da degradação, aumentando sua vida útil, o óleo pode ser encapsulado. No processo, este é isolado em pequenas partículas revestidas por um material de parede que lhe fornece proteção e, caso o tamanho dessas partículas seja inferior a 1 µm, elas podem ser consideradas de tamanho nanométrico (Ahn et al., 2008; Domian et al., 2014; Batycky et al., 1997; Food and Drug Administration, 2020).

Diversos trabalhos têm utilizado o encapsulamento com o intuito de proteger os compostos bioativos e/ou óleos funcionais, como Ricaurte et al. (2016), que produziram nanopartículas de super oleína de palma com *whey protein* como material de parede e Esquerdo et al. (2018), que elaboraram nanoemulsões de ácidos graxos concentrados de óleo de carpa utilizando quitosana e gelatina como materiais de parede. O OPB foi encapsulado pela técnica de *spray-drying* utilizando goma arábica, *whey protein* e fécula de mandioca como materiais de parede (Ferreira et al., 2016). A fécula de mandioca e a goma arábica são boas opções de material de parede, por serem polímeros de origem natural, biodegradáveis e terem uso permitido em alimentos (Paraskevopoulou; Boskou; Paraskevopoulou, 2007).

Nanoemulsão de extrato de folhas de oliva foi eficaz no controle da estabilidade oxidativa de óleo de soja, com melhores resultados nos níveis de peróxido do óleo, comparado ao extrato sem encapsulamento (Mohammadi et al., 2016). O potencial antioxidante do OPB nanoencapsulado poderia ser testado em diferentes tipos de alimentos, mas considerando que o mercado global de molhos para salada resultou em um faturamento de \$17,600 milhões de dólares em 2019 e deve ter um crescimento de 6,13% até 2025 e, dentre os produtos, o maior crescimento deve ser de molhos com *clean label* (livres de aditivos artificiais) (Mordor, 2019; Fior Markets, 2020), essa categoria de produtos é uma opção bastante viável.

Além disso, apesar de serem artificiais (sintéticos) e apresentarem potencial carcinogênico quando consumidos em elevada quantidade, os antioxidantes BHA (Butil hidroxianisol) e BHT (Butil hidroxitolueno) são os mais utilizados em molhos para retardar as

reações de oxidação lipídica (Perrechil et al., 2010; Farvin & Surendraraj, 2018). Estabilizantes também são adicionados para prevenção da separação de fases, sendo que as opções mais utilizadas são as gomas xantana, arábica, carragena, entre outras (Perrechil et al., 2010). A fécula de mandioca, possui baixo valor e pode ser utilizada para reduziro custo de produção das nanopartículas de OPB, viabilizando seu uso como aditivo.

Ao considerar a elevada produção do OPB, seu restrito consumo na forma bruta e sua relevante composição de bioativos, aliados a busca da população por alternativas alimentares saudáveis e da indústria por substitutos para antioxidantes artificiais, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adição de óleo de palma bruto nanoencapsulado (OPB-NE) como antioxidante em molho para salada em teste de oxidação acelerada (*Schaal Oven Test*).

2. Metodologia

Trata-se de um estudo experimental, quantitativo (Pereira et al., 2018), de caráter exploratório, científico e tecnológico, conforme descrito abaixo.

2.1 Matérias-primas

O óleo de palma bruto foi cedido pela empresa Agropalma, a fécula de mandioca pela empresa Cargill, o óleo de canola pela Bunge, a goma arábica pela empresa Nexira e o BHA e BHT (diluídos em óleo de canola) pela Danisco. Demais ingredientes alimentícios e reagentes químicos foram adquiridos em estabelecimentos comerciais.

2.2 Preparo do OPB-NE e dos molhos para salada

O óleo de palma bruto (OPB-L) foi nanoencapsulado de acordo a metodologia descrita por Ferreira et al. (2016), com modificações. Os materiais de parede (fécula de mandioca e goma arábica 1:1) foram adicionados na proporção de 40% p/v em água destilada a 25 °C e misturados até completa dissolução. Em seguida, o OPB-L (20% p/v) foi adicionado à solução contendo os materiais de parede e homogeneizado a 4000 rpm em Ultra-Turrax (Ika T25 digital), durante 20 minutos.

Foram preparados três molhos sabor mostarda amarela (Tabela 1). No caso do molho adicionado dos conservantes artificiais BHA e BHT, foram considerados os limites de adição permitidos pela legislação vigente, de 0,02% e 0,01% sobre o teor de óleo do molho,

respectivamente (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2007). No preparo dos molhos, os grãos de mostarda amarela foram triturados e padronizados em peneira granulométrica de 35 *mesh* e foram homogeneizados manualmente com os demais ingredientes.

Tabela 1 - Composição dos molhos para salada desenvolvidos.

Ingrediente (%)	Molho	Molho com	Molho com
	base (A)	OPB-NE (B) ¹	BHA e BHT (C)
Óleo de canola ²	30,0	25,0	29,9
Água	28,3	28,3	28,3
Mostarda amarela em pó	17,0	17,0	17,0
Vinagre	12,0	12,0	12,0
Óleo de palma bruto	0,0	5,0	0,0
Fécula de mandioca	5,0	5,0	5,0
Goma arábica	5,0	5,0	5,0
Açúcar	2,0	2,0	2,0
Sal	0,5	0,5	0,5
Goma xantana	0,2	0,2	0,2
BHA	0,0	0,0	0,03
BHT	0,0	0,0	0,02

¹O OPB, a fécula de mandioca, a goma arábica e a água destilada, foram homogeneizados previamente para o nanoencapsulamento. ²Óleo de canola refinado livre de antioxidantes. Fonte: Próprio autor.

2.3 Caracterização do OPB-NE

Para a determinação da eficiência do encapsulamento foi utilizada a metodologia de Aghbashlo et al. (2013), com modificações. Adicionou-se 15 mL de hexano a aproximadamente 4 g do OPB-NE e essa mistura foi mantida durante 2 min em agitação magnética. Em seguida, a suspensão foi filtrada em papel filtro Whatman nº 1 e lavada 4 vezes com 20 mL de hexano. A solução resultante foi então transferida para um frasco previamente pesado, sendo realizada a evaporação completa do solvente, seguida de pesagem para a determinação da quantidade de óleo superficial, a qual foi dada pela diferença do peso inicial e final. O cálculo da eficiência de encapsulamento foi realizado de acordo com a Equação 1:

$$EE = \left(\frac{O_t - O_s}{O_t} \right) \times 100 \quad (1)$$

Onde:

EE = eficiência de encapsulamento

Ot = óleo total

Os = óleo de superfície

Para a determinação do tamanho de partícula, do potencial Zeta e do índice de polidispersibilidade, o OPB-NE foi diluído em água ultrapura para a concentração final de 1:100 (v/v) e analisado no equipamento ZetaSizer® (Nano ZS, Malvern Panalytical – Malvern/GBR).

2.4 Determinação da atividade antioxidante do OPB-NE

A atividade antioxidante foi determinada pelo método do sequestro do cátion do radical 2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolína-6-ácido sulfônico (ABTS⁺), utilizando a metodologia de Chew et al., (2016), com modificações. Primeiramente, 5mL da solução de ABTS 7mM foram misturados a 88μL da solução de persulfato de potássio 140mM. Esta mistura foi armazenada por 16h no escuro à temperatura ambiente, resultando na solução de ABTS⁺, a qual foi diluída em etanol até a absorbância de $0,700 \pm 0,005$ a 734 nm em espectrofotômetro UV-Vis (Spectro S-2000, Bel Engineering– São Paulo/BR).

O OPB-L (300mg) foi diluído em 5mL de hexano e homogeneizado por 1 minuto em Vórtex. No caso do OPB-NE e de seu controle (contendo apenas água e os materiais de parede) houve uma etapa posterior de centrifugação de 10 min a 4000rpm (80- 2B, Daiki – Georgia/USA).

Para a reação, 200μL do extrato das amostras foram misturados a 2,8mL da solução ABTS⁺ e mantidos no escuro a temperatura ambiente durante 6 minutos, seguido da leitura da absorbância a 734 nm no espectrofotômetro. A porcentagem da inibição (%) foi calculada com base na Equação 2.

$$\% \text{ inibição} = \frac{\text{Abs c} - \text{Abs a}}{\text{Abs c}} \times 100 \quad (2)$$

Sendo:

Abs c = absorbância controle

Abs a = absorbância amostra

2.5 Determinação de carotenoides totais do OPB-NE e dos molhos

A análise dos carotenoides do OPB-NE (0,5g) e dos molhos (2,0g) foi realizada utilizando o método adaptado de Yi et al. (2014). A extração, realizada com uma mistura de hexano e metanol (2:1 v/v), foi realizada cinco vezes, sendo que na primeira foi utilizado 7,5mL da mistura e nas outras quatro, a quantidade foi reduzida pela metade. Após cada adição da mistura de solventes, os tubos foram agitados por 30 segundos em vórtex e centrifugados (80- 2B, Daiki – Georgia/USA) por 10 minutos a 4000 rpm. Após a centrifugação, os sobrenadantes foram transferidos para frascos previamente pesados e o solvente evaporado com gás nitrogênio. Então, os frascos foram pesados novamente para o cálculo da massa dos extratos.

Para a realização da leitura das absorvâncias dos extratos, o conteúdo dos frascos foi dissolvido com hexano e o volume completado para 25mL em balão volumétrico. A leitura foi realizada em espectrofotômetro UV-Vis (Spectro S-2000, Bel Engineering– São Paulo/BR) no comprimento de onda de 444nm. O total de carotenoides em $\mu\text{g.g}^{-1}$ foi calculado como β -caroteno (Equação 3).

$$\text{CT } (\mu\text{g/g}) = \frac{\text{Abs.Vol.10}^4}{E_{1\text{cm}}^{1\%} \cdot P} \quad (3)$$

Sendo:

CT = Carotenoides totais

Abs = absorvância no $\lambda_{\text{máximo}}$

Vol = Volume da diluição (mL)

$E_{1\text{cm}}^{1\%} = 2590$

P = Massa da amostra (g)

O teor de carotenoides do OPB-L (0,125g) foi determinado como controle. Para tal, o mesmo foi dissolvido em hexano em balão volumétrico de 25 mL e a leitura da absorvância e cálculo de carotenoides foram realizados nas mesmas condições descritas acima.

2.6 Composição centesimal dos molhos

As análises físico-químicas foram realizadas segundo metodologias da *Association of Official Analytical Chemists* logo após o preparo, sendo: teor de umidade, lipídios, proteínas e cinzas. Os carboidratos foram quantificados por diferença (AOAC, 2000).

2.7 Teste de oxidação acelerada (*Schaal Oven Test*)

As amostras foram mantidas em estufa com circulação de ar, em temperatura de 60 ± 5 °C durante 15 dias. Neste teste, cada dia é equivalente a um mês de armazenamento a temperatura ambiente (Ng et al., 2014). As determinações dos índices de acidez e peróxidos, dienos e trienos conjugados, de acordo com as metodologias Ca 5a-40, Cd 8-53, e Ch 5-91 da AOCS (2004), respectivamente, foram realizadas nos óleos (OPB-L, OPB-NE e óleo de canola usado como ingrediente nos molhos) e molhos nos dias 0, 5, 10, 13 e 15. Antes da realização das análises, os óleos das amostras de OPB-NE e molhos foram extraídos utilizando a metodologia de Jacobsen & Timm (2001), com modificações. As amostras foram centrifugadas por 10 min a 4000 rpm, congeladas a -20°C por 24h para quebra da emulsão, descongeladas em banho-maria (30°C) e centrifugadas novamente para finalizar a separação do óleo.

2.8 Análise estatística

As análises foram realizadas em triplicata e os resultados obtidos (expressos em média \pm desvio padrão) foram avaliados por análise de variância (ANOVA) a 5% de significância ($p < 0,05$), e a comparação entre as médias pelo teste de Tukey. O tratamento de dados foi realizado com auxílio do *software* Statistica[®] versão 13.3 (StatSoft Inc., Tulsa, EUA).

3. Resultados e Discussão

3.1 Caracterização do OPB-NE

O encapsulamento foi realizado a fim de preservar as características do OPB-L, principalmente seus compostos bioativos. Ao realizar o encapsulamento, é essencial analisar a eficiência do processo, ou seja, determinar o grau de proteção do óleo (Gallardo et al., 2013) com a técnica empregada, além de avaliar o tamanho de partícula, e se a emulsão obtida é estável.

A eficiência de encapsulamento obtida foi de $95,66 \pm 0,03\%$, indicando que a cápsula possuía pouco óleo na superfície. Estes valores foram inferiores aos obtidos por Ferreira et al. (2016), que microencapsularam OPB com goma arábica e fécula de mandioca e obtiveram eficiência de encapsulamento de $96,53 \pm 0,50\%$ logo após o preparo. No entanto, nesse estudo a emulsão foi submetida a secagem em *spray dryer* (Tabela 2).

Tabela 2 – Eficiência do encapsulamento, tamanho de partícula, potencial Zeta, PDI, carotenoides totais e atividade antioxidante do OPB-NE e do OPB-L.

Determinações	OPB-NE	
Eficiência do encapsulamento (%)	95,66 ± 0,03	
Tamanho de partícula (µm)	0,29 ± 0,02	
Potencial Zeta (mV)	-41,80 ± 0,28	
Índice de polidispersibilidade	1,00 ± 0,00	

Determinações	OPB-L	OPB-NE
Carotenoides totais (µg.g ⁻¹)	566,80 ± 4,37 ^a	561,77 ± 10,97 ^a
Atividade antioxidante (%)	77,41 ± 0,60 ^a	13,92 ± 1,21 ^b

Diferentes letras na mesma linha indicam diferença estatística ($p < 0,05$). OPB-NE: Óleo de palma bruto nanoencapsulado; OPB-L: Óleo de palma bruto livre. Fonte: Próprio autor.

Gallardo et al. (2013) e Tontul & Topuz (2013) encapsularam óleo de linhaça e relataram valores inferiores aos observados no presente trabalho, de $90,5 \pm 0,10\%$ utilizando somente goma arábica como material de parede e de $87,47 \pm 1,66\%$ utilizando uma mistura de amido de milho modificado e goma arábica (1:3 p/p), respectivamente. Em ambos os casos, a emulsão foi preparada por homogeneização de alto cisalhamento (9000 rpm/ 5 minutos e 19000 rpm/ 9 minutos, respectivamente) seguida de secagem em *spray dryer*.

Segundo a *Food and Drug Administration* (FDA), nanopartículas são as partículas com dimensões menores que $1\mu\text{m}$ (Food and Drug Administration, 2020). Portanto, o tamanho das partículas obtidas neste trabalho, de $0,29 \pm 0,02\mu\text{m}$, pode ser considerado de tamanho nano (Tabela 2). Ricaurte et al. (2016), que avaliaram nanoemulsões de super oleína de palma homogeneizadas em microfluidizador (9000 rpm/ 10 minutos), obtiveram tamanhos de partícula próximos de $0,281\mu\text{m}$, porém, com uma concentração de óleo muito inferior a do presente trabalho (1% de óleo e 20% de *whey protein*).

O resultado foi superior ao de Campo et al. (2017), que obtiveram tamanho das partículas de óleo de chia nanoencapsulado com a sua mucilagem em Ultra Turrax (8000 rpm /15 minutos) de $0,205\mu\text{m}$. Os autores utilizaram o equipamento Ultra-Turrax a uma velocidade de 6000 rpm por 5 min para o preparo da emulsão, secagem em *spray dryer* e determinaram o tamanho de partícula por microscopia eletrônica de varredura, enquanto nesse trabalho, apesar de utilizar o mesmo equipamento para o preparo, o tempo e a velocidade diferiram (4000 rpm/20 minutos), além de a amostra não ter sido submetida à secagem,

fatores que podem ter contribuído para as diferenças entre os tamanhos de partícula nos dois estudos.

Tontul & Topuz (2013) nanoencapsularam óleo de linhaça utilizando amido de milho modificado e *whey protein* concentrado (4:1) como materiais de parede e avaliaram o tamanho de partícula pelo método de dispersão da luz (Mastersizer 2000). Os autores obtiveram tamanhos médios das nanopartículas de 0,28 µm utilizando o equipamento Ultra-Turrax (19.000 rpm/9 min) para o preparo da emulsão e de 0,44 µm usando o ultrassom, os dois tamanhos de partícula estão dentro da faixa encontrada neste trabalho.

O potencial Zeta corresponde à carga das partículas e pode ser influenciado pela composição do meio (Campo et al., 2017). Segundo Couvreur et al. (2002), valores próximos ou acima de 30 mV (em módulo) indicam uma boa estabilidade das partículas. Portanto, as partículas obtidas na encapsulação do OPB estavam estáveis após o preparo, com valor de $-41,80 \pm 0,28$ mV (Tabela 2). Ricaurte et al. (2016), para a elaboração da nanoemulsão contendo 1% de super oleína de palma e 20% de *whey protein*, obtiveram pZ inferior (em módulo)(-31,41), em relação do presente trabalho.

O índice de polidispersibilidade obtido foi de $1,00 \pm 0,00$ (Tabela 2). Valores abaixo de 0,3 indicam alta homogeneidade no tamanho das partículas presentes no meio (Zhang & Kosaraju, 2007). Portanto, apesar da estabilidade das partículas, o PDI de 1,00 demonstra que havia uma grande variação de tamanho. Ricaurte et al. (2016), também obtiveram PDI de 1,0 em nanoemulsões de oleína de palma homogeneizadas em microfluidizador que continham altas concentrações de óleo (15%) e pequena concentração do encapsulante *whey protein* (1%). Neste trabalho, o teor de óleo utilizado no preparo da emulsão foi de 20% (p/v) e o de materiais de parede 40% da mistura de encapsulantes (goma arábica e fécula de mandioca 1:1 p/v em água destilada).

De modo geral, as diferenças encontradas nos parâmetros avaliados em comparação com os outros trabalhos podem ter ocorrido em função da variação no tempo e na velocidade de homogeneização, no tipo de equipamento utilizado, diferentes tipos e concentrações de óleo, pelos materiais de parede utilizados no encapsulamento e pela posterior secagem em *spray dryer*, realizada em alguns trabalhos.

3.2 Carotenoides totais e atividade antioxidante

O OPB-L apresentou $566,80 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de carotenoides totais enquanto o OPB-NE $561,77 \pm 10,97 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Tabela 2), indicando que o processo de encapsulamento preservou o conteúdo

($p > 0,05$), e que o valor encontrado está dentro da faixa estabelecida pelo *Codex Alimentarius* (2019), de 500 a 2000 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Para o OPB-L, o valor encontrado foi similar ao encontrado por Choo et al. (2005) (550,00 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), e inferior aos resultados descritos por Ferreira et al. (2016) e Tan et al. (2009), de 608,39 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ e 668 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, respectivamente. Para o OPB-NE, o valor também foi inferior ao de Ferreira et al. (2016), de 600,52 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Essas diferenças são esperadas por se tratar de matérias-primas de origem vegetal, as quais possuem grande variabilidade em seus constituintes de acordo com a variedade, região, clima, nutrientes do solo, entre outros.

A porcentagem de inibição determinada pelo método ABTS⁺⁺ foi de $77,41 \pm 0,60$ % para o OPB-L e de $13,92 \pm 1,21$ % para o óleo na forma encapsulada. O método utilizado quando comparado a outros métodos químicos, apresenta diversas vantagens como rapidez, reprodutibilidade e boa solubilidade, permitindo a análise tanto de compostos hidrofílicos quanto de compostos lipofílicos, como no caso da matéria-prima utilizada neste trabalho (Kuskoski et al., 2005).

Alfrecha & Nyam (2018) encapsularam OPB com pectina de alta metoxilação e solução de alginato de sódio (1,50% e 1,50% p/p, respectivamente) como materiais de parede e preparo da emulsão realizado em Ultra-Turrax a 12000 rpm por 2 min e a 7200 rpm por 1 minuto. Em seguida, foi preparada uma solução com cloreto de sódio, quitosana e o emulsificante Tween 80[®] para seguir com a etapa de extrusão (Encapsulator B-390, Buchi-Suíça). Os autores também usaram o método ABTS⁺⁺ para determinação da atividade antioxidante, obtendo um resultado de 28% para o óleo livre e de 13% para o óleo encapsulado, sendo este último similar ao do presente estudo.

3.3 Composição centesimal dos molhos

Os valores médios obtidos para a composição dos molhos foram 41,51% de umidade, 38,26% de lipídios, 14,56% carboidratos (valores obtidos por diferença), 4,51% de proteína e 1,35% de cinzas, não sendo observada diferença significativa ($p > 0,05$) entre os parâmetros analisados entre os molhos base (A), com OPB-NE (B) e adicionados de BHA e BHT (C).

A legislação brasileira não determina o teor mínimo de lipídios que molhos para salada devem conter, enquanto a *Food and Drug Administration* (FDA), nos EUA, determina que contenham no mínimo 30% de óleos de origem vegetal. Dessa forma, os molhos desenvolvidos cumprem esse requisito.

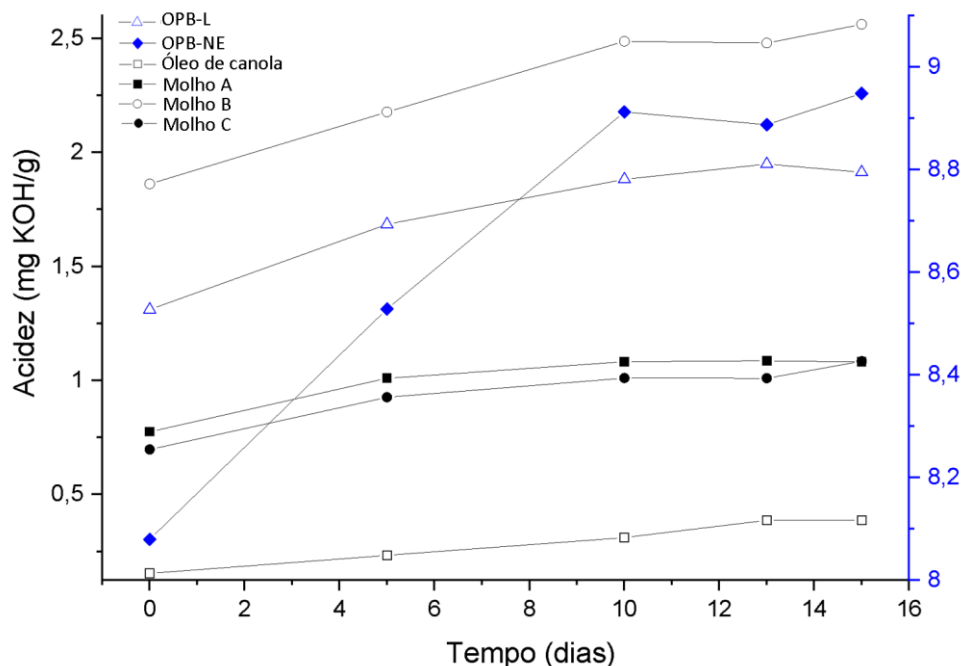
Na composição de molhos para salada os teores de água e lipídios adicionados são similares e constituem a base dos ingredientes, o que varia são os outros ingredientes adicionados para dar sabor, aroma, corpo e estabilidade ao produto, como temperos, adoçantes, aromatizantes, conservantes, antioxidantes, espessantes e estabilizantes. Os teores de umidade e de carboidratos dos molhos desenvolvidos neste estudo foram próximos aos de Rashed et al. (2017), já o teor de lipídios foi superior ao descrito pelos autores, que avaliaram seis marcas de cada tipo de molhos comerciais encontrados em mercados de uma região da Malásia e obtiveram uma média 44,07% de umidade, 12,36% de carboidratos e 29,85% de lipídios.

Todos os parâmetros foram similares aos encontrados por Perrechil et al. (2010), que avaliaram molho para salada do tipo italiano e obtiveram 47,12% de umidade, 34,50% de lipídios e 14,40% de carboidratos para uma das amostras analisadas. Já os teores de proteínas e cinzas dos autores citados foram bem distintos aos dos molhos deste trabalho. Para os dois parâmetros, respectivamente, Perrechil et al. (2010) obtiveram 0,00% e 4,65%, enquanto Rashed et al. (2017) obtiveram 1,06 % e 2,32 %, respectivamente. O teor de proteína encontrado neste trabalho (média de 4,51%) foi superior ao dos referidos trabalhos e inferior ao de Costa (2015), de 7,31% em molho de iogurte com óleo essencial de manjerição. Esse teor proteico importante encontrado no presente trabalho pode ser justificado pela adição de mostarda nos molhos preparados (17%), que possui 23,1% de proteína em sua composição (Bhattacharya; Vasudha & Murthy, 1999).

3.4 Teste de oxidação acelerada (*Schaal Oven Test*)

Os resultados de acidez obtidos para as amostras e controles estão apresentados na Figura 1.

Figura 1 - Efeito do OPB-NE e dos antioxidantes BHA e BHT na acidez dos molhos para salada a $60 \pm 5^\circ \text{C}$.



Fonte: Próprio autor.

Na Figura 1 é possível observar que o OPB-L, o OPB-NE e o óleo de canola apresentaram valores de acidez de $8,53 \pm 0,02$ a $8,79 \pm 0,01$; $8,08 \pm 0,01$ a $8,95 \pm 0,01$; e $0,15 \pm 0,00$ a $0,39 \pm 0,01$, respectivamente. Estes valores estão de acordo com o estabelecido pelo *Codex Alimentarius* (2019) para óleo de palma bruto e óleo de canola refinado (máximo de 10 e $0,6 \text{ mg KOH.g}^{-1}$, respectivamente). A acidez é um importante fator que afeta a qualidade dos óleos e a sua elevação decorre principalmente da hidrólise parcial dos triacilgliceróis, gerando ácidos graxos livres. O óleo de canola apresentou valores iniciais inferiores de acidez ($p < 0,05$) em relação ao OPB-L por estar na forma refinada, pois durante o processamento, na etapa de desodorização, os ácidos graxos livres são removidos, o que não ocorre com o OPB-L, que foi analisado em sua forma bruta (Tan et al., 2009). No OPB-L, está associada à ativação da lipase, presentes no mesocarpo do fruto, devido a lesões provocadas durante e/ou após a colheita, além do armazenamento de cachos por um longo período de tempo (Frank et al., 2011).

Os valores de IA determinados para os molhos variaram de $0,78 \pm 0,01$ a $1,08 \pm 0,01$; $1,86 \pm 0,01$ a $2,56 \pm 0,01$; e de $0,69 \pm 0,01$ a $1,08 \pm 0,05$ para os molhos A, B e C, respectivamente. Os molhos apresentaram uma elevada acidez já no primeiro dia de análise (tempo zero), pois como estes foram adicionados de vinagre e de água, que ficaram em

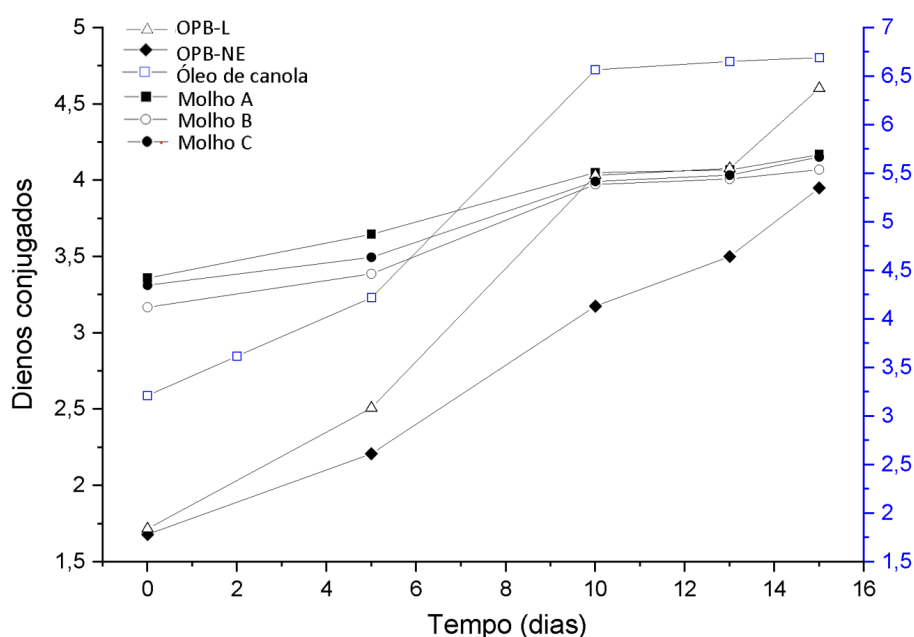
contato com o óleo, pode ter ocorrido hidrólise dos triacilgliceróis, em decorrência de reações hidrolíticas dos lipídios, liberando ácidos graxos livres, com consequente aumento da acidez (Mohamad, Agus & Hussain, 2019). Outra possibilidade para a alta acidez do óleo extraído dos molhos é de que o sobrenadante lipídico obtido na etapa da metodologia onde foi realizada a separação do óleo do molho não estivesse totalmente puro, mas que uma pequena alíquota de vinagre estivesse presente.

Os resultados do presente estudo diferem de Ng et al., (2014) que encapsularam óleo de semente de kenaf e, após a realização do teste de oxidação acelerada durante 24 dias a 65°C, encontraram no tempo zero, o valor da acidez do óleo livre menor ($p < 0,05$) em relação ao óleo encapsulado. Em contrapartida, ao longo do teste, esse dado alterou em função do efeito protetor que o encapsulamento provocou sobre o óleo. Nesse estudo, a acidez do OPB-NE foi maior ($p < 0,05$) que o OPB-L após 15 dias e em relação aos molhos entre si, não houve diferença significativa da acidez.

Além disso, a acidez de todos os óleos e os molhos variou significativamente ao longo do tempo e entre eles, o que era de se esperar dada as condições do teste e também às diferenças entre a composição de cada óleo estudado, inclusive dos molhos.

Os resultados referentes ao índice de peróxidos para os óleos e molhos estudados podem ser observados na Figura 2.

Figura 2 – Índice de peróxido (IP) obtido para os óleos e molhos estudados submetidos ao teste de oxidação acelerada (*Schaal Oven Test*) durante 15 dias a $60 \pm 5^\circ \text{C}$.



Fonte: Próprio autor.

Os valores para o índice de peróxido (IP) (meq O₂.kg⁻¹ óleo) variaram de 5,96 ± 0,02 a 23,95 ± 0,02 OPB-L; de 5,98 ± 0,01 a 13,96 ± 0,02; e de 1,98 ± 0,01 a 77,30 ± 0,11 para o OPB-L, OPB-NE e óleo de canola. Para os molhos foram observados valores de 1,99 ± 0,01 a 69,91 ± 0,01; 1,99 ± 0,01 a 61,94 ± 0,01, e de 1,99 ± 0,01 a 55,97 ± 0,01 nos molhos A, B e C, respectivamente.

O *Codex Alimentarius* (2019) estabelece para óleos refinados e virgens (brutos) valores máximos de 10 e 15 meq O₂.kg⁻¹, respectivamente. Dessa forma, para as formulações que apresentaram óleo de canola na composição, a partir dos 5 dias, o molho A excedeu o limite estabelecido, enquanto que o molho C excedeu a partir de 10 dias. Já para o OPB-L, OPB-NE e o molho B (que utilizou OBP na composição), esse limite foi excedido apenas com 10 dias após o início do teste.

Até o 10º dia de teste, o OPB-NE, considerando o índice de peróxidos, apresentou uma maior estabilidade oxidativa que os demais óleos analisados e até mesmo maior que os molhos. Isso porque o encapsulamento de óleos pressupõe uma maior proteção ao encapsulado (óleo) frente aos efeitos externos pró-oxidativos, como oxigênio, luz e calor. Entretanto, após o 10º dia, pode ter ocorrido quebra da emulsão, com maior exposição do óleo aos fatores oxidantes do teste, como água, temperatura da estufa e maior exposição ao oxigênio devido à circulação de ar.

As oscilações no comportamento do OPB-NE frente ao índice de peróxidos, ora com elevações ora com reduções, são explicadas pela formação de hidroperóxidos na oxidação primária do óleo. Estes compostos, por serem muito instáveis, acabam por se decompor rapidamente dando origem aos produtos secundários de oxidação como hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos e cetonas (Belter et al., 2008).

O índice de peróxidos sofre influência do tempo, condições de armazenamento, método de extração, transporte e quantidade de ácidos graxos insaturados no óleo (Frank et al., 2011). Nesse sentido, quando comparado o IP do OPB-L utilizado para o preparo do OPB-NE com o do óleo de canola refinado utilizado como ingrediente em todos os molhos (Figura 2), foi observado que tanto o OPB-L quanto o nanoencapsulado tiveram uma evolução reduzida (p<0,05) nesse parâmetro, em função da composição equilibrada de ácidos graxos saturados e insaturados associada ao efeito protetor dos antioxidantes naturais (carotenoides e tocotrienóis) presentes no OPB, o que difere do óleo de canola.

Ferreira et al. (2016) encapsularam OPB por *spray drying* e obtiveram um valor inicial de IP superior (11,16 ± 0,00 meq.kg⁻¹) ao do presente trabalho (5,98 ± 0,01 meq.kg⁻¹), mas no

final do teste de 5 semanas a 45°C, obtiveram o valor de $12,54 \pm 0,00$ meq.kg⁻¹, próximo ao obtido neste trabalho no tempo 15 ($13,96 \pm 0,02$ meq.kg⁻¹). Em atividades de água com valores muito baixos ou altos, as taxas de oxidação lipídica são maiores do que nas intermediárias, portanto, o índice de peróxidos mais alto encontrado inicialmente pelos autores citados pode estar relacionado à menor atividade de água presente em suas amostras, devido à secagem realizada (Nelson; Labuza, 1992).

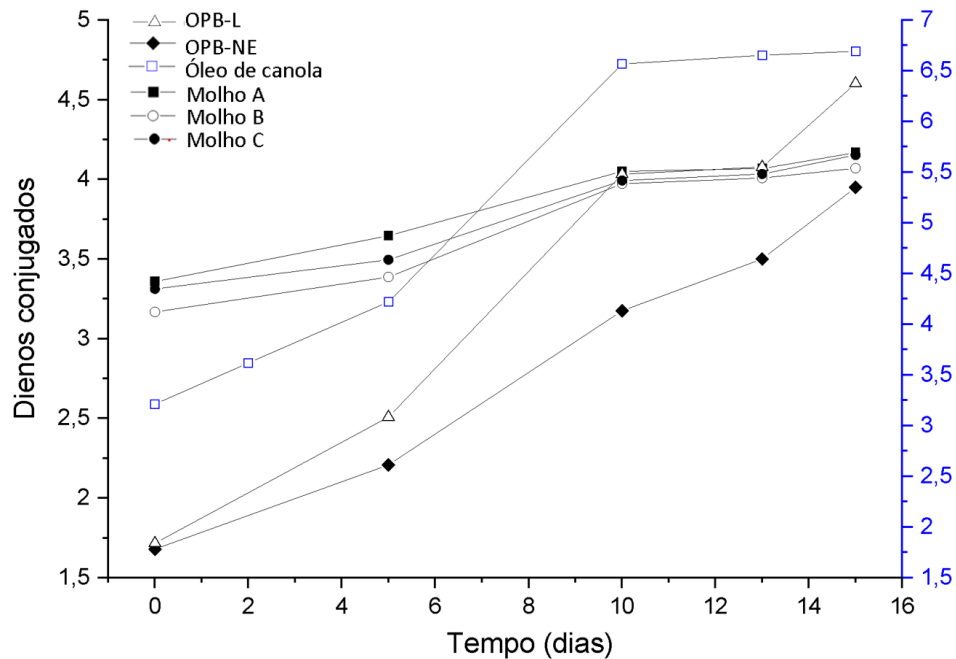
Dentre os molhos analisados, o A teve o aumento mais expressivo de IP ($p < 0,05$), por não ter adição de antioxidantes, como o molho B com OPB-NE e o C com BHA e BHT. O IP do molho B teve um aumento significativo, de $1,99 \pm 0,01$ a $61,94 \pm 0,01$ meq.kg⁻¹ (Figura 2), porém, foi inferior ao do molho A durante todo o teste e ao do molho C até o 5º dia ($p < 0,05$), indicando que os tocotrienóis e carotenoides presentes no OPB-NE tiveram ação antioxidante.

A adição de OPB-NE no molho B e de BHA e BHT no C contribuíram para uma maior estabilidade, visto que o IP ultrapassou o limite máximo permitido nestes molhos somente entre o 5º e 10º dia do teste, ao invés de no 5º dia como no molho A, garantindo ao molho uma vida de prateleira superior, levando em consideração que neste teste cada dia equivale a um mês a mais em relação ao óleo armazenado sob temperatura ambiente (Ng et al., 2014).

Sainsbury et al., (2016) desenvolveram um molho para salada de óleo de girassol e compararam o efeito de antioxidantes sintético (tetraacetato de etileno diamina - EDTA) e natural (ácido gálico) sobre a vida de prateleira do molho. Ao contrário do presente trabalho em que o IP no tempo 15 variou significativamente ($C < B < A$) ($p < 0,05$), eles não encontraram diferença ($p > 0,05$) do IP entre os molhos elaborados com diferentes tipos de antioxidantes.

Não há valores estabelecidos para dienos e trienos conjugados na legislação para nenhum óleo, porém, esta análise é importante na indicação de estados oxidativos em óleos, por serem produtos primários e secundários da oxidação, respectivamente (Arifoğlu & Ögütçü, 2019). Os resultados obtidos para dienos e trienos estão apresentados nas Figura 3 e 4, respectivamente.

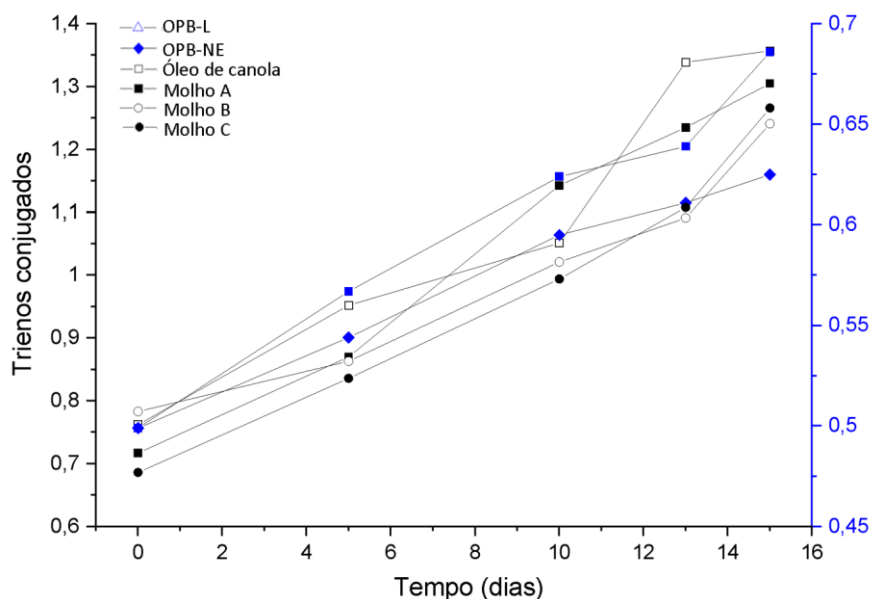
Figura 3 - Dienos conjugados obtidos para os óleos e molhos estudados submetidos ao teste de oxidação acelerada (*Schaal Oven Test*) durante 15 dias a $60 \pm 5^\circ \text{C}$.



Fonte: Próprio autor.

Na Figura 3 constam os valores de dienos conjugados, que variaram de $1,72 \pm 0,23$ a $4,60 \pm 0,07$ para OPB-L; $1,68 \pm 0,01$ a $3,95 \pm 0,15$ para OPB-NE; $3,21 \pm 0,33$ a $6,69 \pm 0,28$ para óleo de canola; $3,36 \pm 0,01$ a $4,17 \pm 0,05$ para molho A; $3,17 \pm 0,01$ a $4,07 \pm 0,11$ para molho B e $3,31 \pm 0,01$ a $4,15 \pm 0,06$ para o molho C.

Figura 4 - Trienos conjugados obtidos para os óleos e molhos estudados submetidos ao teste de oxidação acelerada (*Schaal Oven Test*) durante 15 dias a $60 \pm 5^\circ \text{C}$.



Fonte: Próprio autor.

Na Figura 4 podem ser observados os resultados para trienos conjugados. Os valores variaram de $0,49 \pm 0,07$ a $0,69 \pm 0,01$; $0,49 \pm 0,01$ a $0,63 \pm 0,01$; $0,76 \pm 0,01$; $1,36 \pm 0,05$; $0,72 \pm 0,01$ a $1,31 \pm 0,05$; $0,78 \pm 0,01$ a $1,24 \pm 0,04$; $0,69 \pm 0,01$ a $1,27 \pm 0,08$, em relação ao OPB-L, OPB-NE, óleo de canola, molho A, molho B e molho C, respectivamente.

Foi possível observar que tanto para os dienos quanto para os trienos conjugados, os valores iniciais (tempo zero) foram maiores para o óleo de canola e para os molhos A, B e C ($p < 0,05$) em relação ao OPB-L e ao OPB-NE. O IP de óleo refinado é zero, pois o refino é feito sob vácuo e a desodorização elimina tudo. A variação desses compostos ao longo do tempo também foi maior no óleo de canola, que apresenta um elevado teor de ácidos graxos insaturados. Arifoğlu & Ögütcü (2019), também no tempo zero, encontraram valores maiores de dienos (7,39) e trienos (0,85) conjugados para o óleo de canola.

Ressalta-se que após 15 dias de teste de oxidação acelerada, os dienos conjugados do OPB-NE foram menores ($p < 0,05$) que os do OPB-L. Esses resultados podem estar correlacionados com o IP, também nesse tempo, em que o OPB-NE apresentou valor inferior ($p < 0,05$) ao OPB-L. Não houve diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) em relação aos trienos conjugados para o OPB-L comparado ao OPB-NE. Para os molhos, não houve diferença ($p > 0,05$) tanto em relação aos dienos quanto em relação aos trienos.

4. Considerações Finais

A utilização do óleo de palma na forma bruta aplicada em alimentos contribuiu para a ampliação dos escassos estudos na área e, conseqüentemente, pode influenciar na valorização desta matéria-prima.

O método de emulsificação utilizado para o nanoencapsulamento foi eficaz, com bons resultados de eficiência de encapsulamento e potencial Zeta, indicando ser viável, devido à sua simplicidade e reduzido custo, comparado ao encapsulamento com secagem em *spray dryer*. Além disso, a atividade antioxidante e os carotenoides totais foram pouco afetados pelo método.

Apesar de todos os parâmetros de oxidação avaliados apresentarem aumento ao longo do tempo estudado, no tempo 15, não houve diferença entre os molhos em relação a acidez, dienos e trienos conjugados, e apenas o IP seguiu a diferença $C < B < A$ ($p < 0,05$), havendo, portanto, maior estabilidade do molho C, e o molho B mais estável do que o A, indicando que o OPB-NE pode ser uma alternativa aos antioxidantes sintéticos BHA e BHT em molhos para salada. No entanto, mais estudos são necessários, com ampliação do tempo de análise e teste de diferentes temperaturas de armazenamento e concentrações do OPB-NE, a fim de validar e melhorar sua função antioxidante em molhos para salada, pois na concentração empregada, o OPB-NE apresentou a limitação de fornecer uma curta vida de prateleira ao molho, o que inviabilizaria a comercialização do produto.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (Processo n ° 423478 / 2016-8) pelo financiamento da pesquisa e pela bolsa de mestrado, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES.

Referências

Abd Rashed, A., Md Noh, M. F., Khalid, N. M., Ab Rahman, N. Ì., Tasirin, A., Omar, W. S. W., & Selamat, R. (2017). The nutritional composition of mayonnaise and salad dressing in the Malaysian market. *Sains Malaysiana*, 46(1), 139–147. doi: 10.17576/jsm-2017-4601-18.

Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2007). *Resolução de diretoria colegiada– rdc nº 4, de 15 de janeiro de 2007. D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder executivo*. Recuperado de http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/%281%29RDC_04_2007_COMP.pdf/701e7ed1-77a5-4c72-8278-4c81eac3fbf8.

Aghbashlo, M., Mobli, H., Madadlou, A., & Rafiee, S. (2013). Fish oil microencapsulation as influenced by spray dryer operational variables. *International Journal of Food Science and Technology*, 48(8), 1707–1713. doi: 10.1111/ijfs.12141.

Ahn, J., Kim, Y., Lee, Y., Seo, E.; Lee, K.; Kim, H. (2008). Optimization of microencapsulation of seed oil by response surface methodology. *Food Chemistry*, 107 (1), 98-105. Elsevier BV. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.07.067.

Alfrecha, F., & Nyam, K. L. (2018). Microencapsulation of red palm oil and its stability during accelerated storage. *Malaysian Journal of Nutrition*, 24(4), 597–605. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2017.11.011.

Almeida, D. T., Nunes, I. L., Conde, P. L., Rosa, R. P. S., Rogério, W. F., & Machado, E. R. (2013). A quality assessment of crude palm oil marketed in Bahia, Brazil. *Grasas y Aceites*, 64(4), 387–394. doi: 10.3989/gya.118412.

AOAC. (2000). Horwitz, W. *Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists* (17a ed.). AOAC- Association of Official Analytical Chemists (Vols. 1-2) Arlington: AOAC Inc. doi: 10.1002/jps.2600700437.

AOCS. (2004). *Official methods and recommended practices of the American Oil Chemist's Society*. Champaign: American Oil Chemist's Society. doi: 10.1002/lipi.19970990510.

Arifoğlu, N., & Ögütçü, M. (2019). Mikrodalga Isıtmanın Fındık, Kanola ve Mısır Yağı Kalite Parametreleri Üzerindeki Etkisi. *Akademik Gıda*, 17(1), 23–29. doi:10.24323/akademik-gida.544043.

Batycky, R. P.; Hanes, J.; Langer, R.; Edwards, D. A. (1997). A Theoretical Model of Erosion and Macromolecular Drug Release from Biodegrading Microspheres. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 86(12), 1464-1477. Elsevier BV. doi: 10.1021/js9604117.

Bełter, E.; Butinar, B.; Bučar-miklavčič, M.; Golob, T. (2008) Chemical changes in extra virgin olive oils from Slovenian Istra after thermal treatment. *Food Chemistry*, 108(2), 446-454. Elsevier BV. doi:10.1016/j.foodchem.2007.10.061.

Bhattacharya, S.; Vasudha, N.; Murthy, K.S. K. (1999). Rheology of mustard paste: a controlled stress measurement. *Journal of Food Engineering*, 41(3-4),187-191. Elsevier BV. doi: 10.1016/s0260-8774(99)00102-8.

Campo, C., dos Santos, P. P., Costa, T. M. H., Paese, K., Guterres, S. S., Rios, A. de O., & Flôres, S. H. (2017). Nanoencapsulation of chia seed oil with chia mucilage (*Salvia hispanica* L.) as wall material: Characterization and stability evaluation. *Food Chemistry*, 234, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.153>

Chew, S.; Tan, C.; Long, K.; Nyam, K. (2016). Effect of chemical refining on the quality of kenaf (*hibiscus cannabinus*) seed oil. *Industrial Crops and Products*, 89, 59-65, Elsevier BV. doi:10.1016/j.indcrop.2016.05.002.

Choo, Y. M., Ng, M. H., Ma, A. N., Chuah, C. H., & Hashim, M. A. (2005). Application of supercritical fluid chromatography in the quantitative analysis of minor components (carotenes, vitamin E, sterols, and squalene) from palm oil. *Lipids*, 40(4), 429–432. doi:10.1007/s11745-006-1400-6

Codex Alimentarius. (2019) *Codex Standard for named vegetable oils*. Recuperado de <http://www.codexalimentarius.org/standards/>

Costa, E. S. (2015). *Desenvolvimento de molho de iogurte para salada com óleo essencial de manjeriço (Ocimum basilicum l.)* (Trabalho de conclusão de curso) Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil.

Couvreur, P.; Barratt, G.; Fattal, E.; Legrand, P.; Vauthier, C. (2002). Nanocapsule technology: a review. *Critical Reviews in Therapeutic Drug Carrier Systems*, 2, 19, 99-134. doi: 10.1615/critrevtherdrugcarriersyst.v19.i2.10.

Domian, E.; Sułek, A.; Cenker, J.; Kerschke, A. (2014). Influence of agglomeration on physical characteristics and oxidative stability of spray-dried oil powder with milk protein and trehalose wall material. *Journal of Food Engineering*, 125, 34-43. Elsevier BV. doi:10.1016/j.jfoodeng.2013.10.017.

Esquerdo, V. M., Silva, P. P., Dotto, G. L., Pinto, L. A.A. (2018). Nanoemulsions From Unsaturated Fatty Acids Concentrates of Carp Oil Using Chitosan, Gelatin, and Their Blends as Wall Materials. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120(2), 1-9. Wiley. doi: 10.1002/ejlt.201700240.

Ferreira, C. D., da Conceição, E. J. L., Machado, B. A. S., Hermes, V. S., de Oliveira Rios, A., Druzian, J. I., & Nunes, I. L. (2016). Physicochemical Characterization and Oxidative Stability of Microencapsulated Crude Palm Oil by Spray Drying. *Food and Bioprocess Technology*, 9(1), 124–136. doi:10.1007/s11947-015-1603-z

Fior Markets. (2020). *Global Salad Dressings and Mayonnaise Market Growth 2019-2024*. Recuperado de <https://www.fiormarkets.com/report/global-salad-dressings-and-mayonnaise-market-growth-2019-2024-371586.html>.

Food and Drug Administration, United States Department of Health and Human Services. (2020). *Guidance for Industry Considering Whether and FDA-Regulated product Involves the Application of Nanotechnology*. Recuperado de <https://www.fda.gov/media/88423/download>

Foreign Agricultural Service, United States Department of Agriculture. (2020). *Oilseeds: World Markets and Trade: global corn oil trade falls with increased competition and tighter U.S. supplies*. Recuperado de <https://www.fas.usda.gov/data/oilseeds-world-markets-and-trade>.

Frank, N. E. G., Albert, M. M. E., Laverdure, D. E. E., Paul, K. (2011). Assessment of the quality of crude palm oil from smallholders in Cameroon. *Journal of Stored Products and Postharvest Research*, 2, 52-58.

Gallardo, G., Guida, L., Martinez, V., López, M. C., Bernhardt, D., Blasco, R., ... Hermida, L. G. (2013). Microencapsulation of linseed oil by spray drying for functional food application. *Food Research International*, 52(2), 473–482. doi:10.1016/j.foodres.2013.01.020

Gee, P. T. (2007). Analytical characteristics of crude and refined palm oil and fractions. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109(4), 373–379. doi:10.1002/ejlt.200600264

Jacobsen, C., Timm, M., & Meyer, A. (2001). Oxidation in fish oil enriched mayonnaise: Ascorbic acid and low pH increase oxidative deterioration. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(8), 3947–3956. doi:10.1021/jf001253e

Jedrkiewicz, R., Głowacz, A., Gromadzka, J., & Namieśnik, J. (2016). Determination of 3-MCPD and 2-MCPD esters in edible oils, fish oils and lipid fractions of margarines available on Polish market. *Food Control*, 59, 487–492. doi:10.1016/j.foodcont.2015.05.039

Kaur, D., Sogi, D. S., & Wani, A. A. (2015). Oxidative stability of soybean triacylglycerol using carotenoids and γ -tocopherol. *International Journal of Food Properties*, 18(12), 2605–2613. doi:10.1080/10942912.2013.803118

Kuskoski, E., Marta, A., Agustín G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Food Science and Technology*, 25(4), 726-732. doi:10.1590/S010120612005000400016

Macmahon, S., Begley, T. H., & Diachenko, G. W. (2013). *Food Additives & Contaminants : Part A Occurrence of 3-MCPD and glycidyl esters in edible oils in the United States. October*. doi:10.1080/19440049.2013.840805.

Mohamad, R., Agus, B. A. P., & Hussain, N. (2019). Changes of phytosterols, rheology,

antioxidant activity and emulsion stability of salad dressing with cocoa butter during storage. *Food Technology and Biotechnology*, 57(1), 59–67. doi: 10.17113/ftb.57.01.19.5692.

Mohammadi, A.; Jafari, S. M.; Esfanjani, A. F.; Akhavan, S. (2016). Application of nano-encapsulated olive leaf extract in controlling the oxidative stability of soybean oil. *Food Chemistry*, 190, 513-519. Elsevier BV. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.05.115.

Montoya, L. K.; Mora, O. O.; Cerón, A. F. (2013). Cambios fisicoquímicos post cosecha que afectan la calidad de racimos de Palma *elaeis oleifera* (kunth) cortés *x elaeis guineensis* jacq. *Revista de Ciências Agrícolas*, 30(2), 84 – 93.

Mordor. (2019). *Salad dressing market - growth, trends, and forecast (2020-2025)*. Recuperado de <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/salad-dressing-market>.

Nelson, K. A.; Labuza, T. P.(1992) Relationship Between Water and Lipid Oxidation Rates. *Acs Symposium Series, American Chemical Society*, 93-103. doi: 10.1021/bk19920500.ch006.

Ng, S.; Choong, Y.; Tan, C.; Long, K.; Nyam, K. (2014). Effect of total solids content in feed emulsion on the physical properties and oxidative stability of microencapsulated kenaf seed oil. *Lwt - Food Science and Technology*, 58(2), 627-632, 2014. Elsevier BV. doi:10.1016/j.lwt.2014.03.010.

Paraskevopoulou, D., Boskou, D., & Paraskevopoulou, A. (2007). Oxidative stability of olive oil-lemon juice salad dressings stabilized with polysaccharides. *Food Chemistry*, 101(3), 1197–1204. doi:10.1016/j.foodchem.2006.03.022.

Pereira A.S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica. [e-book]*. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Recuperado de https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1

Perrechil, F. de A., Santana, R. de C., Fasolin, L. H., Silva, C. A. S. da, & Cunha, R. L. da. (2010). Rheological and structural evaluations of commercial italian salad dressings. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30(2), 477–482. doi:10.1590/S010120612010000200027.

Prado, A. C. P., & Block, J. M. (2012). Palm and Palm Kernel Oil Production and Processing in Brazil. *Palm Oil*, 251-274, Elsevier. doi: 10.1016/B978-0-9818936-9-3.50012-5.

Ricaurte, L., Perea-Flores, M. D. J., Martinez, A., & Quintanilla-Carvajal, M. X. (2016). Production of high-oleic palm oil nanoemulsions by high-shear homogenization (microfluidization). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 35(March), 75–85. doi:10.1016/j.ifset.2016.04.004.

Sabeena Farvin, K. H., & Surendraraj, A. (2018). Plant Antioxidant Extracts: Effect on Lipid or Protein Oxidation in Seafood Products. In *Reference Module in Food Science* (Issue 1). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-08-100596-5.21506-0.

Sainsbury, J., Grypa, R., Ellingworth, J., Duodu, K. G., & Kock, H. L. De. (2016). The effects of antioxidants and shelf life conditions on oxidation markers in a sunflower oil salad dressing emulsion (SOSDE). *Food Chemistry*, 213, 230–237. doi:10.1016/j.foodchem.2016.06.081.

Si, W., Chen, Y. P., Zhang, J., Chen, Z. Y., & Chung, H. Y. (2018). Antioxidant activities of ginger extract and its constituents toward lipids. *Food Chemistry*, 239, 1117–1125. doi:10.1016/j.foodchem.2017.07.055.

Tan, C. H., Ghazali, H. M., Kuntom, A., Tan, C. P., & Ariffin, A. A. (2009). Extraction and physicochemical properties of low free fatty acid crude palm oil. *Food Chemistry*, 113(2), 645–650. doi:10.1016/j.foodchem.2008.07.052.

Tontul, I., & Topuz, A. (2013). Mixture Design Approach in Wall Material Selection and Evaluation of Ultrasonic Emulsification in Flaxseed Oil Microencapsulation. *Drying Technology*, 31(12), 1362–1373. doi:10.1080/07373937.2013.795964.

Yi, J.; Lam, T. I.; Yokoyama, W.; Cheng, L. W.; Zhong, F. (2014). Cellular Uptake of β -Carotene from Protein Stabilized Solid Lipid Nanoparticles Prepared by Homogenization–Evaporation Method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(5), 1096-1104, American Chemical Society (ACS). doi: 10.1021/jf404073c.

Zhang, L., & Kosaraju, S. L. (2007). Biopolymeric delivery system for controlled release of polyphenolic antioxidants. *European Polymer Journal*, 7, 2956-2966. doi: 10.1016/j.eurpolymj.2007.04.033

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Marcela Donato – 30%

Camila Duarte Ferreira Ribeiro – 20%

Jane Mara Block – 20%

Itaciara Larroza Nunes – 30%