

## Estabilidade oxidativa de óleo de peixe encapsulado em diferentes tipos de embalagem em condição ambiente

*Encapsulated fish oil oxidative stability stored in different types of packing under ambient conditions*

Selma Guidorizzi Antonio PACHECO<sup>1\*</sup>, Marisa Aparecida Bismara REGITANO-D'ARCE<sup>1</sup>

### Resumo

Os óleos de peixes de clima frio têm atraído a atenção do consumidor graças à presença de ácidos graxos ômega três de cadeia longa. São uma rica fonte de ácidos graxos poli-insaturados, EPA e DHA, de ação hipocolesterolêmica reconhecida, que reduz sua estabilidade oxidativa, podendo comprometer a qualidade e funcionalidade. Essa pesquisa teve como objetivo estudar a estabilidade de óleo de peixe em cápsulas de gelatina moles acondicionadas em diferentes tipos de embalagens: metade das cápsulas em *blísters* e metade em frascos. A emblistagem foi realizada com os filmes de policlorotrifluoroetileno (PCTFE), comercializado sob o nome Aclar Rx 160 (15 µm), cloreto de polivinilideno (PVDC-60 gsm<sup>2</sup>) e policloreto de vinila (PVC-250 µm), perfazendo três tratamentos. A outra metade das cápsulas foi acondicionada em frascos de polietileno de alta densidade (PEAD) com e sem sachês de sílica e de vidro de cor âmbar. Cada embalagem continha 60 cápsulas que foram armazenadas em triplicata à temperatura ambiente por 12 meses. O óleo foi analisado a cada 28 dias quanto ao índice de acidez, de peróxido e absorvibilidade em 232 e 270 nm. A composição em ácidos graxos, especialmente quanto aos teores de EPA e DHA, foi determinada. A embalagem que apresentou as maiores alterações na qualidade do óleo foi o filme de PVC. Os melhores resultados foram obtidos com os frascos de PEAD com dessecante de sílica. Os teores de DHA e EPA mantiveram-se estáveis em todas as amostras.

**Palavras-chave:** óleo de peixe encapsulado; estabilidade oxidativa; PUFA; embalagens; filmes.

### Abstract

Due to the presence of long chained omega three fatty acids, fish oils have gathered much interest recently. Fish oils such as eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) are a rich source of polyunsaturated fatty acids (PUFA) like eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA), which reduce blood triacylglycerol and cholesterol levels. However, the higher the unsaturation level, the less stable is the oil which may have its functionality reduced due to oxidation. This research main interest was the stability of encapsulated fish oil stored in different types of packagings. The fish oil used in this experiment was supplied by Cardinal Pharmaceutical Industry in soft gel capsules. After encapsulation, half of the samples were sent to SERPAC Industry LTDA for blistering, where polychlorotrifluoroethylene (PCTFE), commercially known as Aclar Rx 160 (15 µ), polyvinylidene dichloride (PVDC-60 gsm<sup>2</sup>), and polyvinylchloride (PVC-250 µ) films were used as treatments. The blisters were packed in carton boxes. The other half of the capsules was packed in amber glass or high density polyethylene (PEAD) rigid flasks with and without silica bags. Each treatment contained 60 capsules in triplicate and all packs were stored under ambient conditions for 12 months. Analytical determinations were performed on the oil every 28 days and included acid and peroxide values and absorptivities in the ultraviolet region at 232 and 270 nm. The fatty acid composition determinations, specifically EPA and DHA content, were performed during the experiment. The package which presented the largest changes in quality of the oil was the PVC film "blister". The best results were found in the encapsulated oil stored in PEAD flasks with silica bags. EPA and DHA contents were kept constant for all samples.

**Keywords:** encapsulated fish oil; oxidative stability; PUFA; packaging; films.

## 1 Introdução

Pesquisas recentes têm ressaltado a importância do consumo de óleo de peixe rico em ácidos graxos ômega-3, principalmente ácidos eicosapentaenoico (EPA) e ácido docosahexaenoico (DHA), devido à efetiva ação hipocolesterolêmica e prevenção das doenças cardiovasculares (HE, 2002; SIMOPOULOS, 2002). Estes ácidos graxos também atuam no sistema imunológico e na prevenção da tumorigênese de mama, cólon e de próstata (EYNARD, 2003; PABLO; PUERTOLLANO; CIENFUEGOS, 2002; CALDER, 2001; JIANG, 1998; LANDS, 1986; REDDY; MARUYAMA, 1986).

Estudos evidenciam que gorduras oxidadas e produtos de peroxidação lipídica na dieta podem contribuir para o aparecimento de doenças, uma vez que estes compostos são absorvidos pelo intestino e transportados pela corrente sanguínea. Além disso, os produtos de peroxidação lipídica podem irritar o intestino levando à diarreia, além de atuar como indutores da carcinogênese (PENUMETCHA; KHAN; PARTHASARATHY, 2000; STAPRANS et al., 1996).

A autooxidação de ácidos graxos poli-insaturados de óleos comestíveis resulta na formação de hidroperóxidos que sofrem transformações químicas com uma variedade de rearranjos

Recebido para publicação em 13/4/2008

Aceito para publicação em 14/1/2009 (003347)

<sup>1</sup> Departamento Agroindústria, Alimentos e Nutrição, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, Universidade de São Paulo – USP, Piracicaba - SP,

CEP 13.418-900, Brasil, E-mail: mabra@esalq.usp.br

\*A quem a correspondência deve ser enviada

(PERJÉSI et al., 2002). Dado o nível de insaturação dos seus ácidos graxos, os óleos de peixes são muito susceptíveis a processos oxidativos, que comprometem a integridade das duplas ligações, a concentração e a funcionalidade dos ácidos graxos EPA e DHA, além de colocarem em risco a saúde humana (SHAHIDI, 1998). Para evitar os processos peroxidativos, a embalagem utilizada deve apresentar boa barreira ao oxigênio, à umidade e às radiações luminosas. Quanto mais insaturações possuem os lipídios, maior deverá ser a proteção da embalagem, preservando a saúde do consumidor (COUTINHO, 2003; SARANTOPOULOS et al., 2002; PETERSEN; GÄLLSTEDT; EIE, 2004; POLEY et al., 2004; FARIA, 1991; LOCKART; PAINE, 1996). Neste quesito, o filme mais utilizado comercialmente, nos blisters para cápsulas é o cloreto de polivinila, conhecido pela sigla PVC (BARKMAN, 2008; HOLLANDER, 1998) e o grau de proteção que oferece é bastante discutível.

Na indústria farmacêutica as embalagens preferidas são frascos ou blisters (FORCINIO, 2003), sendo que os filmes mais comumente utilizados para o blister são policloreto de vinila (PVC), cloreto de polivinilideno (PVDC) e policlorotrifluoroetileno (PCTFE), de nome comercial ACLAR (ALLEN, 1999).

De acordo com Pilchik (2000), além de oferecer segurança na forma de dosagem individual, o blister também oferece maior proteção contra agentes externos que as embalagens convencionais, reduzindo a chance de contaminação do produto.

Dada a inexistência de estudos do comportamento dos óleos encapsulados durante a comercialização e o tipo de proteção que as embalagens oferecem, esta pesquisa se propôs a estudar o comportamento do óleo de peixe encapsulado em diferentes embalagens ao longo de um ano de armazenamento.

## 2 Materiais e métodos

O óleo utilizado nesse experimento foi cedido pela indústria farmacêutica Cardinal Health Brasil, já refinado e encapsulado, em cápsulas de gelatina moles, tamanho 10, ovais, sem adição de vitamina E como antioxidante.

Após a encapsulação, parte das amostras (7500 cápsulas) foi enviada à Empresa SERPAC Comércio e Indústria Ltda. para o processo de emblistagem com filmes de policlorotrifluoroetileno (PCTFE), comercializado sob o nome Aclar Rx 160 (15  $\mu\text{m}$ ), cloreto de polivinilideno (PVDC-60  $\text{g}/\text{m}^2$ ) e policloreto de vinila (PVC-250  $\mu\text{m}$ ). Os blisters foram acondicionados em caixas de papel cartonado de forma a conter 60 cápsulas por caixa. A outra parte (7500 cápsulas) foi acondicionada em frascos de polietileno de alta densidade (PEAD) com e sem sachês de sílica e em vidro de cor âmbar, também contendo 60 cápsulas em cada frasco. As amostras foram armazenadas em condição ambiente por doze meses. No momento das análises, o óleo das cápsulas foi retirado das embalagens com a ajuda de uma seringa. As análises de absorvidade em 232 e 270 nm, acidez e índice de peróxido foram realizadas a cada vinte e oito dias. A quantificação dos ácidos graxos EPA e DHA foi realizada no primeiro, terceiro, sexto e décimo segundo mês. Cada

tratamento foi avaliado em triplicata durante o armazenamento de doze meses sob condição ambiente.

O teor de ácidos graxos livres e o índice de peróxido foram determinados segundo as normas da AOCS (1997), métodos Cd 5-40 e Cd 8b-90, respectivamente, o conteúdo de dienos conjugados foi quantificado por espectrofotometria em equipamento Shimadzu, modelo UV 1203 na faixa do ultravioleta em 232 nm (NDG C-40, SSOG, 1976). Neste mesmo equipamento, foi determinada a absorvidade na faixa de 220 a 320 nm conforme o método 2.505 da IUPAC (1979). Para isso, foi utilizado o programa *Personal Spectroscopy* versão 1.1 e cada valor de absorvância foi convertido em absorvidade. Os ésteres metílicos para a determinação do perfil de ácidos graxos foram preparados de acordo com o método Hartman e Lago (1973).

A análise da composição em ácidos graxos foi realizada em cromatógrafo Agilent, modelo 6890 N, dotada de coluna Innowax de 30 m  $\times$  2,5 mm  $\times$  0,25 mm de espessura de filme; fluxo de gases:  $\text{H}_2$ , 2 mL/minuto; ar, 350 mL/minuto e  $\text{N}_2$ , 30 mL/minuto; temperatura da coluna, 195  $^\circ\text{C}$ ; do injetor, 270  $^\circ\text{C}$ , e do detector, 270  $^\circ\text{C}$ ; com a seguinte programação: tempo inicial de 15 minutos à razão de 1  $^\circ\text{C}/\text{minuto}$ , atingindo a temperatura final de 215  $^\circ\text{C}$  após 40 minutos. O volume injetado foi de 2  $\mu\text{L}$ .

### 2.1 Análise estatística

Os ensaios foram conduzidos no esquema fatorial, modelo inteiramente ao acaso, considerando os fatores tipo de embalagens em 6 níveis, e período de armazenamento em 12 níveis. A variabilidade dos dados foi analisada através da Anova, com teste F. A comparação dos efeitos médios foi analisada através do Teste de Tukey, considerando o nível de significância de 5%. Os dados foram processados através do *Statistical Analysis System SAS* (1996).

## 3 Resultados e discussão

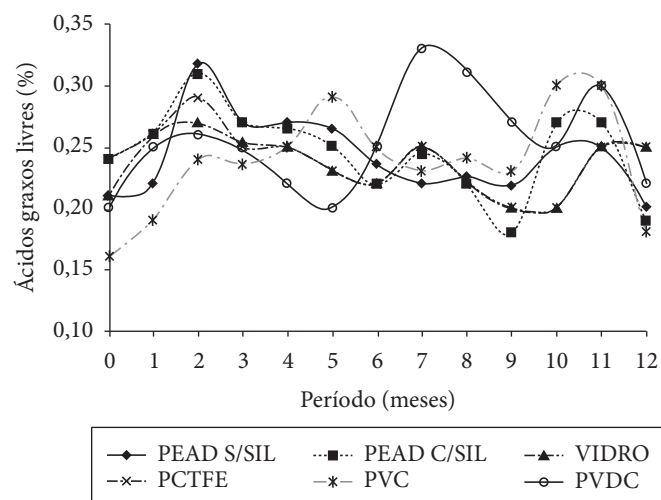
As cápsulas embaladas foram mantidas no laboratório sob condições de 700 Lumem de iluminação durante 8 a 10 horas diárias, temperatura média 27  $^\circ\text{C}$  e 79% UR, durante os doze meses de experimento.

Analizados os óleos quanto à sua qualidade, a acidez variou de 0,15 a 0,33% de ácido oleico entre os tratamentos e períodos de armazenamento, indicando que as condições experimentais (ambiente e embalagem) evitaram ocorrência da hidrólise dos triglicerídeos. A Figura 1 apresenta as curvas de variação da acidez do óleo em função do tempo. A proteção oferecida à passagem do vapor de água foi semelhante entre as embalagens.

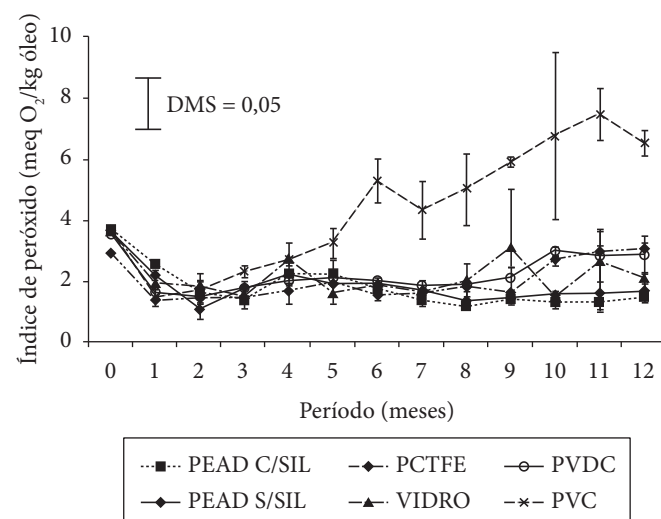
Se a estabilidade hidrolítica do óleo de peixe foi mantida durante o armazenamento, o mesmo não se pode dizer acerca do seu comportamento oxidativo, que se diferenciou em função da proteção que a embalagem ofereceu. Na Figura 2 (com inclusão dos desvios mínimos significativos, DMS), observa-se a influência do tipo de embalagem sobre a estabilidade oxidativa dos óleos encapsulados. Pode-se observar que, ao longo do período de armazenagem, a embalagem que menos protegeu o

óleo foi o blister com filme de policloreto de vinila (PVC), que se destaca pelos mais altos valores encontrados a partir do 6º mês até o final do experimento, diferenciando-se estatisticamente dos demais tratamentos. Tanto os blisters de policlorotrifluoretileno (PCTFE) quanto os de cloreto de polivinilideno (PVDC) apresentaram proteção semelhante e maior ao óleo que os de PVC, contudo inferiores às embalagens rígidas.

Geralmente, quando adicionada uma camada de PVDC, os filmes dos blisters apresentam boa proteção contra o vapor de água e ao oxigênio. Como a maioria dos fármacos é



**Figura 1.** Acidez (% ácido oleico) do óleo de peixe encapsulado e acondicionado em diferentes tipos de embalagem por 12 meses. PEAD S/Sil = frasco de polietileno de alta densidade sem sachê de sílica; PEAD C/Sil = frasco de polietileno de alta densidade com sachê de sílica; PCTFE = blister com filme policlorotrifluoretileno; PVC = blister com filme policloreto de vinila; e PVDC = blister com filme cloreto de polivinilideno.



**Figura 2.** Índice de peróxido (meq  $O_2$ /kg de óleo) do óleo de peixe encapsulado e acondicionado em diferentes tipos de embalagem por 12 meses. Cada ponto representa  $\pm$  um desvio padrão da média de três repetições CV (coeficiente de variação) = 22,53%.

hidrossolúvel, a preocupação da indústria farmacêutica está voltada para impedir a entrada da água dentro da cápsula.

Quando do planejamento deste experimento, havia uma grande expectativa em relação ao desempenho do filme PCTFE, dadas as suas propriedades de barreira, apesar de seu mais alto custo (ALLINSON; DANSEREAU; SAKR, 2001), contudo a permeabilidade que este filme e o PVDC apresentam ao oxigênio e à umidade é grande. Já o PVC tem baixo custo, mas não oferece boas barreiras de proteção. Conforme Korab (1999), citado por Allinson, Dansereau e Sakr (2001), a taxa de permeabilidade do vapor de água para o filme PVC de 250  $\mu$ m adicionado de PCTFE 9  $\mu$ m é 15 vezes mais alta do que a do PVC 250  $\mu$ m, quando utilizado sozinho. Apesar do blister de PVC ser bastante utilizado, ele não é recomendado para produtos sensíveis à ação do oxigênio e à umidade (SUBSTITUIÇÃO dos filmes, 1998). Segundo Amidon e Middleton (1988), a difusão de vapor de água sobre uma superfície de 5,8  $cm^2$  de blister de PVC foi de aproximadamente 1,06 mg/dia, enquanto que, para o filme de PVC laminado de PCTFE, de apenas 0,11 mg, ratificando as suas boas qualidades de proteção dos fármacos.

O óleo encapsulado acondicionado nos frascos de vidro apresentou grandes oscilações no índice de peróxido ao longo do período de experimento, mantendo, apesar de tudo, valores menores do que os encontrados nos óleos dos blisters de PVC. As embalagens que mais protegeram o óleo de peixe encapsulado da oxidação foram os frascos de polietileno de alta densidade com e sem sachê de sílica. Observou-se que as embalagens rígidas foram mais eficientes ao impedir a troca de gases com o ambiente, reduzindo a exposição do óleo ao oxigênio.

Apesar de não haver uma regulamentação do Ministério da Saúde para o índice de peróxido para o óleo de peixe encapsulado e destinado como suplemento alimentar, se forem obedecidas as normas para os óleos vegetais comestíveis, os valores encontrados no presente estudo apresentaram-se dentro do limite da legislação do Ministério da Saúde do Brasil, RDC nº 270, de 22/09/05 (10 meq/kg peróxido). Segundo Mounts (1994), desde o ano de 1993, o Codex Alimentarius estabeleceu 5 meq/kg, como máximo, para qualquer óleo refinado, o que parece mais razoável. Os valores de absorvidade na faixa do ultravioleta do espectro espelham o estado oxidativo do óleo, visto identificarem o acúmulo de compostos primários e secundários resultantes da oxidação.

A Tabela 1 apresenta os valores de absorvidade em 232 nm dos óleos de peixe encapsulados para todas as embalagens.

Assim como Shahidi (1995) já havia observado, há uma correlação direta entre os valores de índice de peróxido e os de absorvidade na faixa do ultravioleta em 232 nm, trabalhos anteriores (SIQUEIRA, 1998; VIEIRA e REGITANO-D'ARCE, 1999 a,b; REGITANO-D'ARCE et al., 1999; ALMEIDA-DORIA; REGITANO-D'ARCE, 2000; OLIVEIRA e REGITANO-D'ARCE, 2004) corroboram essa observação. O óleo encapsulado mantido nos blisters de PVC foi o que apresentou as maiores alterações na absorvidade em 232 nm, indicativo da ocorrência da conjugação das duplas ligações, decorrente da ressonância provocada na molécula do ácido graxo transformado em radical livre ou peróxila, nas fases iniciais do

processo de oxidação do óleo. Também se confirmou, o observado anteriormente, que os filmes dos blisters ofereceram a menor proteção contra a oxidação, em comparação com as embalagens rígidas.

A absorvibilidade em 270 nm reflete a formação dos trienos conjugados e de compostos secundários durante o processo de oxidação, que é proporcional à absorção de oxigênio no óleo (ROVELLINI; CORTESI; FEDELI, 1997). Dos resultados de absorvibilidade em 270 nm (Tabela 2) encontrados nos óleos de peixe, confirmou-se que a embalagem que menos proteção ofereceu ao óleo foi a de PVC. Destacaram-se as embalagens rígidas de PEAD com e sem sachê de sílica e o vidro como oferecendo boas propriedades de barreira.

Todas essas observações pontuais são confirmadas ao se observarem as curvas de varredura de absorvibilidade dos óleos na

faixa do ultravioleta do espectro apresentadas na Figura 3. Desde os três meses de armazenamento (Figura 3a), destacaram-se as curvas das absorvibilidades dos óleos em blister de PVC, com os valores mais altos, e em frasco rígido de PEAD com sílica, com os valores mais baixos, inclusive em relação ao controle, indicando que o processo oxidativo foi retardado pela inserção das cápsulas no frasco. O comportamento de menor proteção oxidativa do óleo pelo PVC continuou a ser facilmente visualizado aos seis e nove meses. As cápsulas mantidas nos frascos de PEAD com e sem sílica foram as que mais preservaram os óleos da oxidação, demonstrado pelas curvas de valores mais baixos. Ao cabo dos doze meses de armazenamento (Figura 3b), destacaram-se as embalagens rígidas de PEAD com e sem sílica, além do vidro, como as que apresentaram óleo com os valores mais baixos de absorvibilidade, isto é, de melhor qualidade oxidativa. Os filmes

**Tabela 1.** Absorvibilidade em 232 nm do óleo de peixe encapsulado e acondicionado em diferentes tipos de embalagem por 12 meses.

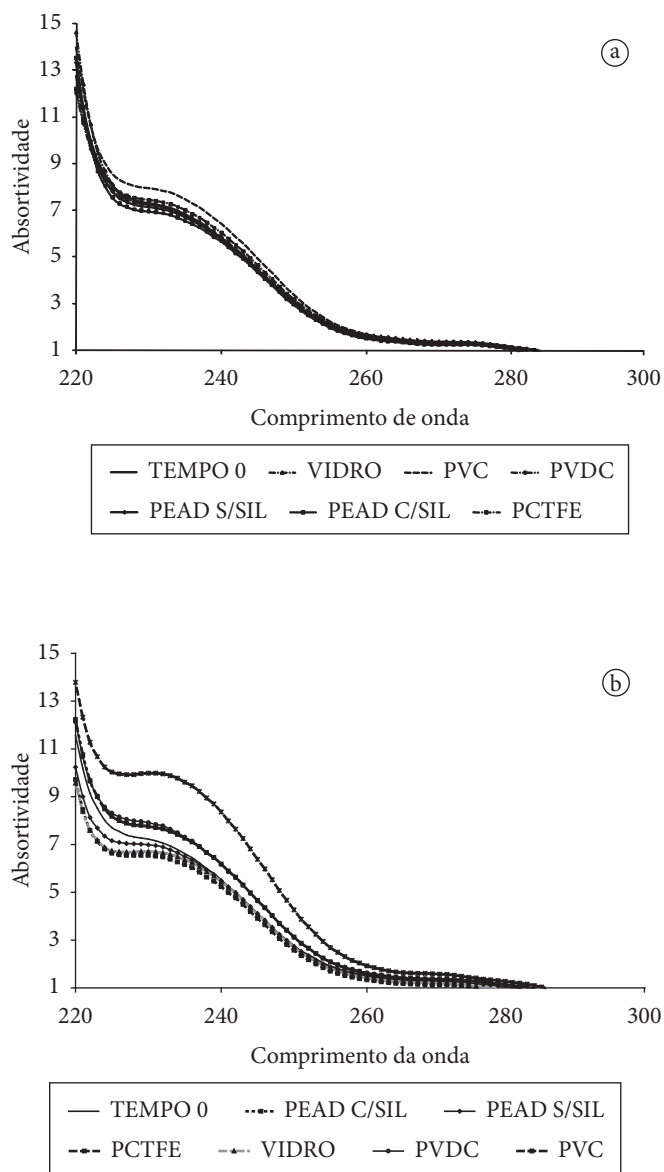
Tempo Mês	Tratamentos					
	PEAD S/SIL	PEAD C/SIL	VIDRO	PCTFE	PVC	PVDC
0	9,32 <sup>aA</sup>	8,22 <sup>bcAB</sup>	8,20 <sup>bcAB</sup>	8,97 <sup>bcABC</sup>	8,21 <sup>bcDE</sup>	7,89 <sup>cB</sup>
1	8,28 <sup>abB</sup>	7,84 <sup>abCB</sup>	8,0 <sup>abAB</sup>	8,32 <sup>abC</sup>	7,96 <sup>abE</sup>	7,67 <sup>bb</sup>
2	7,82 <sup>aBC</sup>	7,95 <sup>aB</sup>	7,82 <sup>aB</sup>	7,85 <sup>abCDE</sup>	8,13 <sup>aDE</sup>	7,86 <sup>aB</sup>
3	7,71 <sup>bBCD</sup>	7,66 <sup>bb</sup>	7,90 <sup>baB</sup>	7,67 <sup>abCDE</sup>	8,28 <sup>aDE</sup>	7,90 <sup>bb</sup>
4	7,90 <sup>abBC</sup>	7,85 <sup>abB</sup>	7,88 <sup>abAB</sup>	7,55 <sup>bDE</sup>	8,11 <sup>aE</sup>	7,75 <sup>abB</sup>
5	7,81 <sup>bBCD</sup>	7,81 <sup>bb</sup>	7,76 <sup>bb</sup>	7,64 <sup>bDE</sup>	8,77 <sup>aDE</sup>	5,40 <sup>cC</sup>
6	7,56 <sup>bCD</sup>	7,57 <sup>bCD</sup>	7,76 <sup>bb</sup>	5,13 <sup>bF</sup>	9,22 <sup>aCD</sup>	7,90 <sup>cB</sup>
7	7,29 <sup>cCD</sup>	9,08 <sup>abAB</sup>	7,98 <sup>bcAB</sup>	7,39 <sup>cE</sup>	9,59 <sup>abCD</sup>	7,91 <sup>bcB</sup>
8	7,49 <sup>cCD</sup>	8,85 <sup>abB</sup>	7,88 <sup>bcAB</sup>	7,78 <sup>bCDE</sup>	9,91 <sup>aABC</sup>	8,45 <sup>bcA</sup>
9	7,78 <sup>bbCD</sup>	10,34 <sup>aA</sup>	8,64 <sup>ba</sup>	8,04 <sup>bcCDE</sup>	10,47 <sup>aAB</sup>	8,41 <sup>ba</sup>
10	7,52 <sup>bCD</sup>	8,20 <sup>baB</sup>	8,14 <sup>baB</sup>	8,02 <sup>bcCDE</sup>	10,71 <sup>aA</sup>	8,58 <sup>ba</sup>
11	7,21 <sup>cD</sup>	6,97 <sup>cB</sup>	7,94 <sup>cbAB</sup>	8,02 <sup>cbCDE</sup>	10,48 <sup>aAB</sup>	8,41 <sup>ba</sup>
12	8,17 <sup>bb</sup>	7,86 <sup>bb</sup>	8,26 <sup>baB</sup>	9,30 <sup>aA</sup>	8,15 <sup>bDE</sup>	8,58 <sup>baA</sup>

Nota: Os resultados constituem médias de três repetições; as médias seguidas por letras minúsculas na horizontal oferecem a comparação dentro do período entre os tratamentos; e, por letras maiúsculas, a comparação dentro do tratamento entre os períodos de armazenamento. CV = 7,25%.

**Tabela 2.** Absorvibilidade em 270 nm do óleo de peixe encapsulado e acondicionado em diferentes tipos de embalagem por 12 meses.

Tempo Mês	Tratamentos					
	PEAD S/SIL	PEAD C/SIL	VIDRO	PCTFE	PVC	PVDC
0	1,8 <sup>aBCDE</sup>	1,82 <sup>aBCD</sup>	1,79 <sup>aBCD</sup>	1,795 <sup>aBCD</sup>	1,84 <sup>aBCD</sup>	1,83 <sup>aA</sup>
1	1,85 <sup>aBCD</sup>	1,82 <sup>aBCD</sup>	1,81 <sup>aBC</sup>	1,88 <sup>aAB</sup>	1,90 <sup>aEF</sup>	2,16 <sup>aA</sup>
2	1,90 <sup>aABC</sup>	1,87 <sup>abBC</sup>	1,87 <sup>abAB</sup>	1,88 <sup>abB</sup>	1,88 <sup>abEF</sup>	1,84 <sup>ba</sup>
3	1,83 <sup>bD</sup>	1,84 <sup>abBC</sup>	1,89 <sup>aAB</sup>	1,83 <sup>bBC</sup>	1,89 <sup>aEF</sup>	1,87 <sup>baA</sup>
4	1,91 <sup>abAB</sup>	1,88 <sup>bcBC</sup>	1,93 <sup>aA</sup>	1,84 <sup>bc</sup>	1,93 <sup>aEF</sup>	1,87 <sup>bcA</sup>
5	1,88 <sup>aBCD</sup>	1,87 <sup>aBCD</sup>	1,91 <sup>aA</sup>	1,78 <sup>bDE</sup>	1,95 <sup>aE</sup>	1,90 <sup>aA</sup>
6	1,89 <sup>abBCD</sup>	1,88 <sup>abBC</sup>	1,94 <sup>aA</sup>	1,86 <sup>bc</sup>	1,95 <sup>aE</sup>	1,91 <sup>abA</sup>
7	1,84 <sup>bCD</sup>	1,83 <sup>bCD</sup>	1,86 <sup>baB</sup>	1,21 <sup>d</sup>	2,01 <sup>d</sup>	1,27 <sup>cB</sup>
8	1,75 <sup>dE</sup>	1,95 <sup>ba</sup>	1,95 <sup>ba</sup>	1,78 <sup>dC</sup>	2,04 <sup>cD</sup>	1,88 <sup>cA</sup>
9	1,87 <sup>bBCD</sup>	1,86 <sup>bcBC</sup>	1,95 <sup>ba</sup>	1,91 <sup>bb</sup>	2,09 <sup>c</sup>	1,89 <sup>ba</sup>
10	1,92 <sup>bcAB</sup>	1,88 <sup>cB</sup>	1,92 <sup>bcAB</sup>	1,93 <sup>bcB</sup>	2,17 <sup>ab</sup>	1,96 <sup>ba</sup>
11	1,96 <sup>ba</sup>	1,75 <sup>cD</sup>	1,91 <sup>baB</sup>	1,91 <sup>bb</sup>	2,22 <sup>aAB</sup>	1,91 <sup>ba</sup>
12	1,90 <sup>cABC</sup>	1,89 <sup>cB</sup>	1,90 <sup>cABC</sup>	2,23 <sup>aA</sup>	2,24 <sup>aA</sup>	1,99 <sup>baA</sup>

Nota: Os resultados constituem médias de três repetições; as médias seguidas por letras minúsculas na horizontal oferecem a comparação dentro do período entre os tratamentos; e, por letras maiúsculas, a comparação dentro do tratamento entre os períodos de armazenamento. CV = 4,93%.



**Figura 3.** Espectros de absorvidade na faixa do ultravioleta do óleo de peixe encapsulado e acondicionado em diferentes tipos de embalagem por 3 (a) meses e 12 (b) meses.

de PVDC e PCTFE podem ser considerados de qualidade intermediária e o de PVC como o menos recomendado para a preservação da qualidade do óleo de peixe.

Segundo Reynolds (1989) citou, as concentrações de EPA e DHA devem ser de 18% e 12% respectivamente. Badolato et al. (1991) ratificam esta relação ao afirmarem ser a relação de 180 mg de EPA para 120 mg de DHA a aceita comercialmente no mercado. O óleo de peixe encapsulado inicial enquadrava-se dentro desses resultados e durante o período de armazenamento não se detectou alteração maior na concentração de EPA e DHA.

## 4 Conclusão

As embalagens de PEAD com e sem sachê de sílica demonstraram ter bom efeito protetor contra a oxidação do óleo de peixe encapsulado. Além disso, confirmou-se a hipótese de que o filme de PVC não é adequado para embalagem de óleo encapsulado, pois não ofereceu boas barreiras ao oxigênio e ao vapor de água, afetando a qualidade do óleo de peixe encapsulado.

## Referências bibliográficas

- ALLEN, D. Forming barrier materials for blister packages. *Pharmaceutical Medical Packaging News*, n. 7, p. 45-53, 1999.
- ALLINSON, J. G.; DANSEREAU, R. J.; SAKR, A. The effects of packaging on the stability of a moisture sensitive compound. *International Journal of Pharmaceutics*, n. 221, p. 49-56, 2001.
- ALMEIDA-DÓRIA, R. F.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B. Antioxidant activity of rosemary and oregano ethanol extracts in soybean oil under thermal oxidation. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 20, n. 2, p. 197-203, 2000.
- AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY - AOCS. **Official methods and recommended practices**. 5 ed. Champaign: AOCS, 1997.
- AMIDON, G. E.; MIDDLETON, K. R. Accelerated physical stability testing and long-term predictions of changes in the crushing strength of tablets stored in blister packages. *International Journal of Pharmaceutics*, n. 45, p. 79-89, 1988.
- BADOLATO, E. S. G. et al. Determinação dos ácidos eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA) em óleo de sardinha (*Sardinella brasiliensis*) brasileira e em suplementos alimentares à base de óleo de sardinha. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, v. 1, n. 1/2, p. 75-81, 1991.
- BARKMAN, P. **Blister barrier materials**. United Kingdom: Russell Publishing. Disponível em: <www.russellpublishing.com>. Acesso em: 28 Fevereiro 2008.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução nº 482 - ANVS, de 23 de Setembro de 1999. Aprova o regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de óleos e gorduras vegetais. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 13 de Outubro de 1999. v. 1A, 2001. p. 7-8. (anexo 4, óleo de canola)
- CALDER, P. C. N-3 polyunsaturated fatty acids, inflammation and immunity: pouring oil on troubled waters or another fishy tale? *Nutrition Research*, n. 21, p. 309-341, 2001.
- CLARK, T. A.; WAGNER, J. R. Film properties for good performance on vertical form-fill-seal packaging machines. *Journal of Plastic Film and Sheeting*, v. 18, n. 22, p. 145-156, 2002.
- EYNARD, A. R. Potential of essential fatty acids as natural therapeutic products for human tumors. *Nutrition*, v. 19, n. 4, p. 386-388, 2003.
- FARIA, J. A. F. A função da embalagem na estabilidade de óleos vegetais. **Óleos e Grãos**, n. 6, p. 50-52, 1991.
- FORCINIO, H. **Improved blister packaging benefits consumers, caregivers, and drug makers**. Duluth: Pharmaceutical Technology, 2003. p. 38-45. Disponível em: <www.pharmtech.com>. Acesso em: 12 Março 2008.
- GOULART, J.; REGITANO D'ARCE, M. A. B. Economical TBHQ doses for corn oil. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 24, n. 3, p. 413-418, 2004.
- HARTMAN, L.; LAGO, R. C. A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Laboratory Practice*, v. 22, p. 475-494, 1973.

- HE, K. et al. Fish consumption and risk of stroke en men. **Journal of the American Medicine Association**, v. 288, n. 24, p. 3130-3136, 2002.
- INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY – IUPAC. **Standard methods for the analysis of oils, fats and derivatives**. 6 ed. Oxford: Pergamon Press, 1979. 170 p.
- HOLLANDER, R. *Substituição dos filmes de PVC e laminados de alumínio*. **Pharmaceutical Technology**, v. 2, n. 1, p. 22-31, 1998.
- LANDS, W. E. M. Dose-response relationships for  $\omega$ -3/ $\omega$ -6 effects In: SIMOPOULOS, A. P. et al. (Eds.). **Health effects of  $\omega$ -3 polyunsaturated fatty acids in seafoods**. Basel: Karger, 1986. p. 177-194. (World Review of Nutrition and Dietetics, v. 66).
- LOCKHART, H.; PAINE, F. A. **Packaging of pharmaceuticals and healthcare products**. London: Blackie Academic and Professional, 1996. 211 p.
- MOUNTS, T. L. Codex fats and oils panel meets in London. **Informativo**, v. 5, n. 1, p. 96, 1994.
- OLIVEIRA, J. G. S. B.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B. Economical TBHQ doses for corn oil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 3, p. 413-418, 2004.
- OLIVEIRA, L. M. Embalagens para produtos farmacêuticos. **Informativo Centro de Tecnologia e Embalagens de Alimentos**, v. 9, n. 3, p. 3-6, 1997.
- PABLO, M. A.; PUERTOLLANO, M. A.; CIENFUEGOS, G. A. Biological and clinical significance of lipids as modulators of immune system functions. **Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology**, v. 9, n. 5, p. 945-950, 2002.
- PENUMETCHA, M.; KHAN, N.; PARTHASARATHY, S. Dietary oxidized fatty acids: an atherogenic risk? **Journal of Lipid Research**, v. 41, n. 9, p. 1473-1480, 2000.
- PERJÉSI, P. et al. Effect of rancid com oil on some onco/suppressor gene expressions in vivo. A short-term study. **Anticancer Research**, v. 22, n. 1A, p. 225-230, 2002.
- PETTERSEN, M. K.; GÅLLSTEDT, M.; EIE, T. Oxygen barrier properties of thermoformed trays manufactured wit different drawing methods and drawing depths. **Packaging Technology and Science**, n. 17, p. 43-52, 2004.
- PILCHIK, R. Pharmaceutical blister packaging, part I: rationale and materials. **Pharmaceutical Technology**, v. 24, n. 11, p. 68-78, 2000.
- POLEY, R. H. et al. Photothermal characterization of low density polyethylene food packages. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 14, n. 1, p. 8-12, 2004.
- REDDY, B. S.; MARUYAMA, H. Effect of dietary fish oil on azoxymethane-induced colon carcinogenesis in male F344 rats. **Cancer Research**, v. 46, n. 7, p. 3367-3370, 1986.
- REGITANO-D'ARCE, M. A. B. et al. Vegetable oil stability: analytical approach. In: CONGRESS AND EXHIBITION ON FATS AND OILS OF THE LATINAMERICAN SECTION OF AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY, 1999. **Proceedings...** Santiago: AOCS, 1999. 6 p.
- REYNOLDS, J. E. F. **Martindale: the extra pharmacopéia**. London: The Pharmaceutical Press, 1989. 1896 p.
- ROVELLINI, P.; CORTESI, N.; FEDELI, E. Ossidazione dei lipid. **La Rivista Italiana delle Sostanze Grasse**, v. 74, n. 5, p. 181-189, 1997.
- SARANTÓPOULOS, C. I. G. L. et al. **Embalagens plásticas flexíveis: principais polímeros e avaliação de propriedades**. Campinas: CETEA; ITAL, 2002.
- SAS Institute. **SAS: user's guide**. Version 6.11. 4 ed. Cary: SAS Institute, 1996. 956 p.
- SHAHIDI, F. Lípidos y proteínas funcionales del pescado In: MAZZA, G. **Alimentos funcionales**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1998. p. 381-401.
- SHAHIDI, F. Stability of fats and oils. In: LATIN AMERICAN CONGRESS AND EXHIBIT ON FATS AND OILS, 6, 1995. **Proceedings...** Campinas: Sociedade Brasileira de Óleos e Gorduras, 1995. p. 47-54.
- SIQUEIRA, F. M. **Estabilidade oxidativa de óleos de soja, milho e canola**. Piracicaba, 1998. 91 p. (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade de São Paulo - USP.
- SIMOPOULOS, A. P. Omega-3 fatty acids in inflammation and autoimmune diseases. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 21, n. 6, p. 495-505, 2002.
- STAPRANS, I. et al. Oxidized lipids in the diet are incorporated by the liver into very low density lipoprotein in rats. **Journal of Lipid Research**, v. 37, n. 2, p. 420-430, 1996.
- STAZIONE SPERIMENTALE PER LE INDUSTRIE DEGLI OLI E DEI GRASSI – SSOG. **Norme italiane per il controllo dei grassi e derivati**. 3 ed. Milano: Stazione Sperimentale per le Industrie Degli Oli e Dei Grassi, 1976.
- VIEIRA, T. M. F. S.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B. Antioxidant concentration effect on Brazil nut oil stability. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 49, n. 3, p. 271-274, 1999a.
- VIEIRA, T. M. F. S.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B. UV-Spectrophotometric evaluation of corn oil oxidative stability during microwave heating and oven test. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, n. 6, p. 2003-2006, 1999b.