

## PROPRIEDADES FÍSICAS NA CARACTERIZAÇÃO DOS ÓLEOS DE PEIXE

*Physical properties in the characterization of fish oils*

Mahyara M. M. KUS-YAMASHITA\*<sup>1</sup>, Cristiane B. CANO<sup>2</sup>, Nelson A. DIAS<sup>3</sup>, Jorge MANCINI-FILHO<sup>4</sup>

**RESUMO:** Óleo de peixe encapsulado é um dos suplementos alimentares mais consumidos no Brasil e no Mundo, este suplemento traz diversos benefícios, como prevenção de doenças cardiovasculares, de alguns tipos de câncer, modulação do sistema imunológico, sendo essencial no desenvolvimento cerebral de bebês e crianças, sendo estudado atualmente sua relação com as doenças degenerativas psicológicas. A principal fonte deste "ômega 3" é através da extração do óleo de peixes gordurosos de água fria, que são ricos nos ácidos graxos eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA). Visando caracterizar os óleos de peixe através de suas propriedades físicas, como densidade e índice de refração foram analisadas 23 amostras de óleo de peixe e realizadas as medições de densidade e índice de refração baseados nas metodologias do Métodos para análise de alimentos do Instituto Adolfo Lutz. Os valores de densidade relativa variaram de 0,8891 a 0,9544 e do índice de refração de 1,45770 a 1,47588, estes dados foram similares a outros estudos, entretanto os dados são raros e para o índice de refração muito escassos, o parâmetro de densidade demonstrou ser mais importante para a caracterização que o índice de refração, entretanto mais estudos são necessários. Portanto é de extrema importância o conhecimento destes parâmetros para caracterizar os óleos de peixe, além de gerar um banco de dados destas propriedades, para subsidiar padrões de qualidade e identidade, bem como legislações sobre o assunto.

**Palavras-chave:** índice de refração, densidade, ácidos graxos poli-insaturados, adulteração

**ABSTRACT:** Encapsulated fish oil is one of the most consumed food supplements in Brazil and in the world, this supplement brings several benefits, such as preventing cardiovascular diseases, some types of cancer, modulation of the immune system, being essential in the cerebral development of babies and children, and its relationship with psychological degenerative diseases is currently being studied. The main source of this "omega 3" is through the extraction of fatty fish oil from cold water, which are rich in eicosapentaenoic (EPA) and docosahexaenoic (DHA) fatty acids. Aiming to characterize fish oils through their physical properties, such as density and refractive index 23 samples of fish oil were analyzed and measurements of density and refractive index were carried out based on the methodologies of the Food Analysis Methods of the Adolfo Lutz Institute. The relative density values ranged from 0.8891 to 0,9544 and the refractive index from 1.455770 to 1.47588, these data were similar to other studies, however the data are rare and for the refractive index very scarce, the density parameter proved to be more important for the characterization than the refractive index, however more studies are needed, so knowledge of these parameters is extremely important to characterize fish oils, in addition to generating a database of this s properties, to subsidize quality and identity standards, as well as legislation on the subject.

**Key words:** refractive index, relative density, polyunsaturated fatty acids, adulteration

\*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 20/04/2021; aprovado em 05/06/2021

<sup>1</sup>Pesquisadora Científica IV, Mestre, Instituto Adolfo Lutz, São Paulo; (11) 3068-2939, mahyara.kus@ial.sp.gov.br

<sup>2</sup>Pesquisadora Científica VI, Doutora, Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, cristiane.bonaldi@ial.sp.gov.br

<sup>3</sup>Pesquisador Científico III, Mestre, Instituição Adolfo Lutz, nelson.dias@ial.sp.gov.br

<sup>4</sup>Professor Titular, Doutor, Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo, jmancini@usp.br

## INTRODUÇÃO

Óleo de peixe encapsulado foi o suplemento alimentar mais consumido na Europa e nos Estados Unidos, entre os anos de 2005 a 2012 (Ciriminna et al., 2017; Albert et al., 2015). Atualmente, ocupa a terceira posição, após os suplementos de vitaminas e minerais. Em 2020 houve um crescimento de 10% no consumo de suplementos alimentares nos Estados Unidos (CRNUSA, 2020). No Brasil, a indústria de suplementos alimentares tem crescido anualmente, sendo o óleo de peixe o quarto suplementos mais consumido em 2020 (Abiad, 2020). Os ácidos graxos poli-insaturados (AGPI) são os abundantes nos óleos de peixe e a eles são atribuídas diversas funções biológicas. Os mais importantes são: o ácido eicosapentaenóico, EPA (20:5 n-3) e o ácido docosahexaenóico, DHA (22:6 n-3) e o ácido docosapentaenóico, DPA (22:5 n-3) (12), estes ácidos graxos devido a posição da dupla ligação na cadeia carbônica são classificados como ômega 3. As espécies de peixe mais utilizadas para a obtenção do óleo de peixe comercialmente utilizado como suplemento alimentar são, entre outros: atum, sardinha, cavala, arenque e truta (Bako et al., 2017; Timilsena et al., 2017).

Devido as suas propriedades físicas EPA e DHA fornecem um ambiente específico nas membranas celulares e modulam a funcionalidade de receptores, transportadores, canais iônicos e enzimas de sinalização (Calder, 2017). Os AGPIs desempenham vários papéis biológicos, sendo principalmente os precursores dos hormônios eicosanóides que possuem diferentes papéis no processo inflamatório dos tecidos (Ganesan et al., 2014), também podem influenciar a viabilidade e proliferação das células tumorais. (Calder, 2017; Kus-Yamashita e Mancini-Filho, 2017). Muitas evidências já foram acumuladas a partir de estudos prospectivos e de casos controles, indicando que uma maior ingestão de EPA e DHA está associada a um risco reduzido de doenças cardiovasculares (DCV) em populações ocidentais, embora nem todos os estudos se concordem. Há estudos mais recentes que sugerem que os distúrbios mentais podem resultar de uma deficiência em AGPI n-3. Outros estudos epidemiológicos demonstram um menor risco de transtornos psiquiátricos, psicológicos e distúrbios neurodegenerativos com aumento da ingestão dietética de AGPI n-3 (Calder, 2017; Kus-Yamashita e Mancini-Filho, 2017; Kus-Yamashita et al., 2017). Como os AGPIs são considerados essenciais para o crescimento normal e a vida saudável, sua inclusão em alimentos consumidos em vários estágios da vida permite um fornecimento constante destes ácidos graxos desde a infância até a idade adulta (Ganesan et al., 2014).

A demonstração de ações fisiológicas do EPA e DHA que resultam em prevenção e promoção à saúde e redução de risco de doenças, juntamente com o aumento da compreensão dos mecanismos moleculares e celulares envolvidos no metabolismo destes ácidos graxos, indica a necessidade de estabelecer recomendações para a ingestão. No entanto, a quantidade exata de AGPI n-3 para manter a saúde não é conhecida, dessa maneira há necessidade urgente de

estabelecer a ingestão diária recomendada (DRI) para esses ácidos graxos, uma vez que as DRI são reconhecidas como o padrão “oficial” pelo qual as agências federais emitem orientações dietéticas ou políticas para a saúde e o bem-estar da população (Kus-Yamashita e Mancini-Filho, 2017; Weylandt et al., 2015).

A Organização Global de EPA e DHA (GOED) publicou em 2016 suas recomendações de ingestão diária de AGPI  $\omega$ -3, EPA e DHA. Essas recomendações são o resultado de vários anos de discussão e vêm após uma análise cuidadosa e consideração de outros padrões internacionais para assegurar a validação científica. As recomendações da GOED são (Inquiries, 2016): 500 mg para adultos saudáveis (para diminuir o risco de doença coronariana); 700-1000 mg para mulheres grávidas/lactantes e prevenção secundária de DCV e acima 1 g para condições de saúde adicionais, como hipertensão arterial ou triglicérides.

Em 2017 o Codex Alimentarius, publicou um padrão para óleo de peixe, no qual possui limites estabelecidos para os seguintes parâmetros: valor de acidez, de peróxido, de p-anisidina, de perfil de ácidos graxos, entre outros. Entretanto não apresentou valores para a densidade e índice de refração. Trabalhos realizados em diversos países sobre a qualidade dos óleos de peixe comercializados não reportam os valores de densidade e índice de refração.

O índice de refração é característico para cada tipo de óleo, e está relacionado com o grau de saturação das ligações químicas, pode ser afetado pelo teor de ácidos graxos livres, oxidação e tratamento térmico (IAL, 2005), portanto uma de suas aplicações é na determinação de adulteração e pureza de óleos (Yunus, 2009).

A densidade relativa é uma medição comum em óleos, podendo de maneira simples auxiliar na investigação de uma adulteração, com misturas de óleos de densidades diferentes.

Portanto, este trabalho teve como objetivo realizar a medição do índice de refração e densidade relativa em óleos de peixe encapsulados para gerar subsídios para padrões de identidade e qualidade e a caracterização dos óleos de peixe.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para este trabalho foram utilizadas 23 amostras de óleo de peixe encapsulados, todas de marcas diferentes, provenientes de coletas realizadas pelas Vigilâncias Sanitárias do Estado de São Paulo, encaminhadas para o Instituto Adolfo Lutz.

A metodologia para determinação do índice de refração foi de acordo com o método 327/IV do livro de métodos físico-químicos para análise de alimentos (IAL, 2005), as leituras foram realizadas na temperatura de 40 °C. Utilizou-se refratômetro de Abbé com circulação de água, marca Leica. Para a determinação da densidade relativa foi utilizado densímetro digital, marca Metler Toledo, as medidas foram realizadas na temperatura de 20 °C.

Para avaliar a correlação entre a densidade relativa e o índice de refração foi o coeficiente de Pearson. As análises estatísticas foram realizadas no software Statistica.

**Tabela 1.** Valores de densidade relativa a 20 °C e índice de refração a 40 °C para as amostras de óleo de peixe encapsulados.

Amostras	Densidade relativa a 20 °C	Índice de refração a 40 °C
AM 1	0,9391	1,47497
AM 2	0,9297	1,47498
AM 3	0,9286	1,47492
AM 4	0,9251	1,47152
AM 5	0,9289	1,47527
AM 6	0,9355	1,47460
AM 7	0,9324	1,47516
AM 8	0,9326	1,47524
AM 9	0,9296	1,47504
AM 10	0,9319	1,47524
AM 11	0,9296	1,47519
AM 12	0,9301	1,47487
AM 13	0,9544	1,47391
AM 14	0,8891	1,45770
AM 15	0,9319	1,47439
AM 16	0,9289	1,47167
AM 17	0,9308	1,47588
AM 18	0,9315	1,47538
AM 19	0,9308	1,47519
AM 20	0,9304	1,47532
AM 21	0,9304	1,47457
AM 22	0,9304	1,47527
AM 23	0,9298	1,47438
<b>Média</b>	0,9301	1,47394
<b>Mediana</b>	0,9304	1,47498
<b>Desvio padrão</b>	0,0105	0,00369
<b>Mínimo</b>	0,8891	1,4577
<b>Máximo</b>	0,9544	1,47588
<b>IC (<math>\alpha=0,05</math>)</b>	(0,9253-0,9346)	(1,47234-1,47554)

\* As análises foram realizadas em triplicata. IC: intervalo de confiança .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 pode-se verificar os valores da densidade relativa a 20 °C e do índice de refração a 40 °C para as amostras de óleo de peixe encapsulados. Conforme observado na Tabela 1 a média da densidade relativa foi de 0,9301, com variação de 0,8891 a 0,9544, e para o índice de refração a média foi de 1,47394, com amplitude de 1,45152 a 1,47880.

Trabalhos realizados por outros pesquisadores reportaram valores de densidade relativa, para óleo extraído de atum de 0,908 a 0,916; de sardinha 0,903 a 0,920; de robalo 0,901 (Sinat, 2020); de salmão 0,87 a 0,91; de fígado de bacalhau 0,901; (Haq, 2018); de cavala 0,93 (Yin e Sathivel, 2010); de Pangus 0,87 (Rahman, 2018). Esses dados estão abaixo da média observada neste estudo, revelando que pode haver uma mistura de óleos de outras espécies de peixe, e a região de captura e modo de extração deste produto pode ser diferente. Neste trabalho, observou-se que a maioria dos valores foram próximos de 0,92 a 0,93, como pode ser observado na Figura 1A e no valor do intervalo de confiança calculado presente na tabela 1. Deste modo a maioria destes óleos de peixe são

originários da espécie cavala e/ou sardinha ou mistura destes com outros. Nas figuras 1A e 1B podemos observar que as amostras Am 13 e Am 14 revelaram índices diferentes das demais, estando fora do intervalo de confiança. Na Am 14 o valor de densidade relativa de 0,8891 próximo ao estudo de HAQ et al, revela que este óleo de peixe pode ser da espécie salmão, possivelmente sem mistura com outras espécies; e a Am 13 foi a que demonstrou o maior valor de densidade deste grupo de amostras, sendo de 0,9544, em nossa pesquisa não foi identificado uma densidade para óleos de peixe nestes valores, deste modo está amostras deve ter origem em outras espécies, ou pode ser uma mistura de várias espécies. Vale ressaltar que no Brasil não há a obrigatoriedade de informar no rótulo dos suplementos alimentares de óleo de peixe, a espécie de origem deste óleo, portanto os dados de densidade relativa não permitem a classificação deste, pois pode ter misturas de óleos de diversas espécies. Deste modo, é de fundamental importância o estudo destes parâmetros, pois podem auxiliar na classificação da origem dos óleos de peixe, bem como indicar uma possibilidade de adulteração. A densidade tem uma grande importância pois revela o grau

de insaturação do óleo, quanto menor for o peso molecular do triacilglicerídeo mais alto será o seu grau de insaturação (Azcan et al., 2020), sendo um bom parâmetro para caracterizar o óleo de peixe.

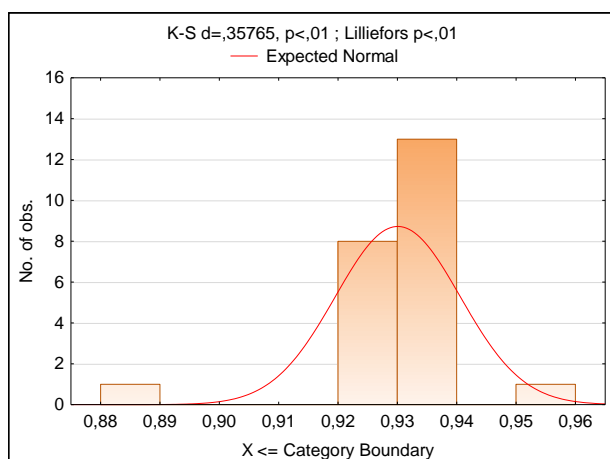
Na figura 2A pode ser observado o histograma dos valores para o índice de refração e na 2B a distribuição normal, revelando que a maioria das amostras permanecem no intervalo de confiança presente na Tabela 1 e apenas uma amostra, ou seja, a Am 13 não tem esse comportamento.

Pesquisas realizadas com o intuito de determinação do índice de refração em óleos de peixe foram raras, com exceção de estudo de Fadhil e Ahmed (2018) que obtiveram valores de 1,4542 a 1,4561 para óleo de peixe, sem especificar a origem deles. Estes valores

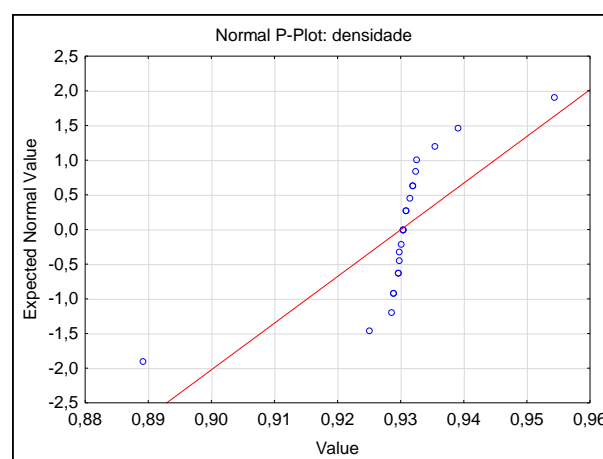
foram compatíveis com apenas uma e mostra de nosso estudo, ou seja, a Am 13 (1,45770), revelando deste modo que esta pode ser considerada um óleo de peixe extraído de apenas uma espécie de peixe corroborando com os dados observados de densidade. Como o índice de refração de óleos depende de sua estrutura de glicerídeo, bem como do grau de insaturação (Ndidiakaka e Ifeanyi, 2018), comparou-se valores de índice de refração reportados no padrão para óleos vegetais do Codex Alimentarius CXS 210-199 (2019) para os óleos vegetais com quantidades expressivas de ácidos graxos poliinsaturados, como óleo de linhaça, óleo de algodão, óleo de girassol e óleo de soja com os dados observados neste estudo. Na tabela 2 estão presentes os dados de índice de refração para os óleos vegetais.

Figura 1. Gráficos das amostras de óleo de peixe para a densidade relativa a 20 °C, onde 1A histograma e 1B distribuição normal (normal p-plot).

1A



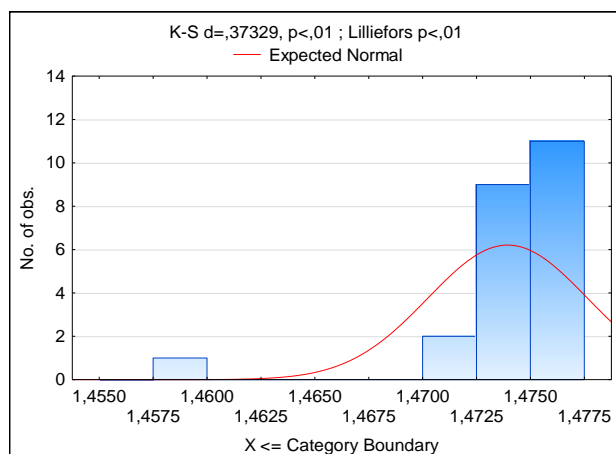
1B



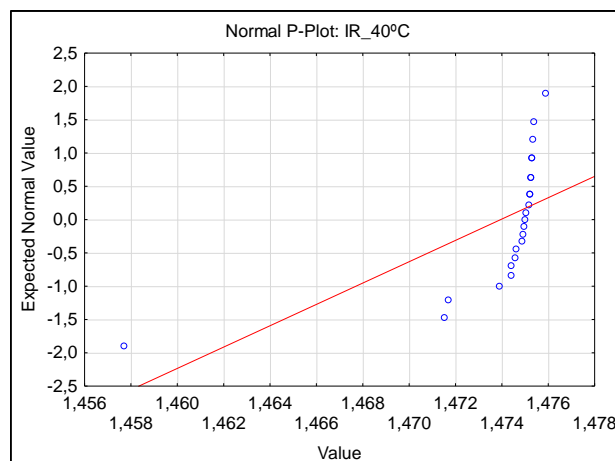
Fonte: Software Statistica

Figura 2. Gráficos das amostras de óleo de peixe para o índice de refração a 40 °C, onde 2A histograma e 2B distribuição normal (normal p-plot).

2A



2B



Fonte: Software Statistica

Tabela 2. Valores de índice de refração para óleos vegetais poliinsaturados.

Óleo	Faixa do índice de refração
Linhaça*	1,472-1,475
Algodão*	1,458-1,466
Girassol*	1,461-1,468
Soja*	1,466-1,470

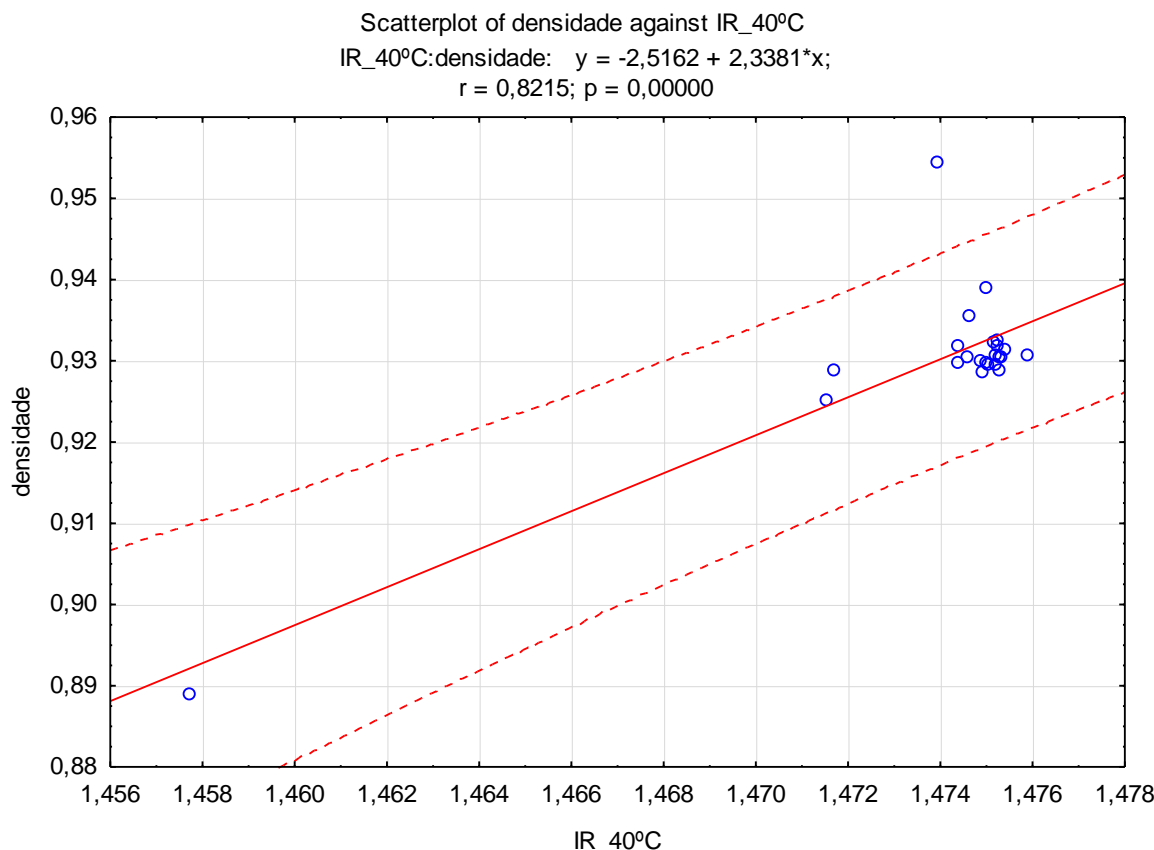
\*valores obtidos do padrão do Codex Alimentarius CXS 210-1999 (2019)

Os valores observados na tabela 2 para os óleos vegetais e os determinados neste estudo para o óleo de peixe (1,45770 - 1,47588) estão semelhantes, uma vez que o índice de refração aumenta com a insaturação e diminui com o peso molecular dos ácidos graxos (Ndidiama e Ifeanyi, 2018). Neste trabalho, excluindo a Am 13 que teve valor de 1,45770, as demais amostras revelaram valores na faixa de 1,47152 a 1,47588, bem próximos das faixas aceitáveis para os óleos vegetais, sugerindo deste modo, que o índice de refração não seria um bom parâmetro para determinação de adulteração de óleos

de peixe com óleos vegetais. Quanto à caracterização mais dados são necessários, uma vez que estes são escassos.

Na Figura 3 representa-se a correlação entre o índice de refração e a densidade. De acordo com os coeficientes de Pearson (r) calculado para esta relação, há uma correlação forte  $r=0,8214$  para a densidade e o índice de refração. Portanto, o comportamento destas são similares, o que pode ser observado neste trabalho citando a Am 13, a qual teve valores diferenciados das demais em ambos os parâmetros.

Figura 3. Correlação entre densidade e índice de refração.



Fonte: Software Statistica

No processamento do óleo de peixe, uma das etapas é o refino, responsável por remover as impurezas como gomas, pasta de sabão, agentes de cor, cera, aldeído e cetonas, neste

processo alguns parâmetros são modificados devido a remoção dos compostos citados, entretanto não há variação nos índices de refração e densidade relativa (Ozcan et al.,

2020; Duman et al., 2020). Deste modo, o refino não altera os parâmetros estudados neste trabalho, sendo que estas refletem a qualidade dos óleos, grau de refino, e alterações de qualidade durante o armazenamento (IAL, Cho, 2013). A relação entre a densidade relativa e o índice de refração apresentou uma forte correlação ( $>0,5$ ), devido a composição do óleo ter influência na velocidade que a luz incide no mesmo, devido as forças de atração entre as moléculas, as quais determinam suas propriedades físicas. (Azcan et al., 2020). Como estas propriedades físicas não se alteram na cadeia produtiva do óleo de peixe, são bons parâmetros na caracterização destes produtos, bem como indicativos de adulteração do mesmo; além de possuir menor custo de análise, tempo de treinamento do analista e podem ser facilmente comparados entre os estudos. Deste modo, é de grande importância a declaração no rótulo destes suplementos a origem das espécies na obtenção destes óleos de peixes, podendo desta maneira caracterizar o produto, verificar os valores dos parâmetros e gerenciar um banco de dados para comparação e pesquisas.

Além disso, as características físico-químicas dos óleos de peixe são variáveis e estão relacionados a espécies, tecidos, estação climática, alimentação, localização geográfica e condições ambientais e aos métodos de extração desses óleos (Simat, 2020).

Na legislação brasileira não há padrão de qualidade e identidade para óleo de peixe, bem como o Codex Alimentarius Stan 329 não prevê limites para a densidade relativa e índice de refração em óleos de peixe, portanto esses dados gerados neste estudo podem subsidiar parâmetros para futuras regulamentações, auxiliar na elaboração de um banco de dados de óleos de peixe.

## CONCLUSÕES

A determinação da densidade relativa e índice de refração em óleo de peixe, pode revelar características do cultivo e processamento do mesmo, bem como podem subsidiar parâmetros para padrões de qualidade e identidade. Estas propriedades físicas foram correlacionadas entre si, e podem ser um bom indicativa na caracterização do óleo de peixe, sendo a densidade relativa mais importante. A continuidade no levantamento dos dados em óleo de peixe é importante, bem como estudos de propriedades físicas simples de serem analisadas relacionadas a parâmetros complexos e sua percepção na qualidade e/ou adulteração destes suplementos alimentares tão consumidos pela população.

## REFERÊNCIAS

ABIAD - Associação Brasileira da Indústria de Alimentos para fins especiais e congêneres. Segunda edição da pesquisa sobre hábitos de consumo de suplementos alimentares no Brasil traz números animadores para o mercado. Acessado em 12 de dezembro de 2020. Disponível em: <https://abiad.org.br/pb/segunda-edicao-da-pesquisa-sobre-habitos-de-consumo-de-suplementos-alimentares-no-brasil-traz-numeros-animadores-para-o-mercado/#:~:text=Segundo%20o%20levantamento%2C%2059%25%20dos,buscamos%20a%20C3%BAde%20e%20bem%2D estar.>

ALBERT, B.B.; DERRAIK, J.G.B.; CAMERON-SMITH, D.; HOFMAN; TUMANOV, P.L.; VILLAS-BOAS, S.S.G.; et al. Fish oil supplements in New Zealand are highly oxidised and do not meet label content of n-3 PUFA. P.1-7, 2015.

BAKO, T.; UMOGBAI, V.I.; AWULU, J.O. Criteria for the extraction of fish oil. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, v.19, n.3, p.120-32, 2017.

CALDER, P.C. Conference on ' The future of animal products in the human diet: health and environmental concerns ' Plenary Lecture 3: n -3 PUFA and health: fact , fiction and the future - Very long-chain n-3 fatty acids and human health : fact , fiction and the future. *Proceedings of the Nutrition Society*, v. 77, n. 1, p. 52-72, 2018.

CIRIMINNA, R.; MENEGUZZO, F.; DELISI, R.; PAGLIARO M. Enhancing and improving the extraction of omega-3 from fish oil. *Sustainable chemistry and pharmacy*, v. 5, p. 54-59, 2017.

CRNUSA – Council for Responsible Nutrition. Acessado em 12 de dezembro de 2020. Acessado em: <https://www.crnusa.org/newsroom/dietary-supplement-use-reaches-all-time-high#:~:text=77%20percent%20of%20U.S.%20adults%20take%20dietary%20supplements.&text=With%20respect%20to%20the%20types,in%20the%20past%20twelve%20months.>

DUMAN, E.; ÖZCAN, M. M. The influence of industrial refining stages on the physico-chemical properties, fatty acid composition and sterol contents in hazelnut oil. *Journal of Food Science and Technology*, p. 1-6, 2020.

FADHIL, A. B.; AHMED, A. I. Production of mixed methyl/ethyl esters from waste fish oil through transesterification with mixed methanol/ethanol system. *Chemical Engineering Communications*, v. 205, n. 9, p. 1157-1166, 2018.

GANESAN, B.; BROTHERSEN, C.; MCMAHON, D.J. Fortification of Foods with Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids. *Critical Review Food Science Nutrition*, n.54, v.1, p.98-114, 2014.

HAQ, M. et al. Modifications of Atlantic salmon by-product oil for obtaining different  $\omega$ -3 polyunsaturated fatty acids concentrates: An approach to comparative analysis. *Journal of Food and Drug Analysis*, v.26, n.2, p. 545-556, 2018.

INQUIRIES M. GOED Publishes EPA and DHA Intake Recommendations. 2016; Available from: [www.goedomega3.com](http://www.goedomega3.com)

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). Métodos físicos-químicos para análise de Alimentos [Internet]. 4o. Zenebon O, Pascuet N, editores. Métodos físicos-químicos para análise de Alimentos. Brasília; 2005. 1018 p. Available from: Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária

- KUS-YAMASHITA, M.M.M.; MANCINI-FILHO, J. Ácidos graxos. In: Série de publicações ILSI Brasil: Funções plenamente reconhecidas de nutrientes. 2017. p.40.
- KUS-YAMASHITA, M.M.M.; MANCINI-FILHO, J.; MCDONALD, B.; RAVACCI, G.; ROGERO, M.; SANTOS, R.; et al. Polyunsaturated Fatty Acids: Health Impacts. *European Journal Nutrition Food Safety*, n.6, v.3, p.111-31, 2016.
- MOZAFFARIAN, D.; WU, J.H.Y. Omega-3 Fatty Acids and Cardiovascular Disease: Effects on Risk Factors, Molecular Pathways, and Clinical Events *Journal of the American College of Cardiology*, v. 58, n. 20, p. 2047-2067, 2011.
- NDIDIAMAKA, N. C.; IFEANYI, O. E. Proximate and physicochemical analysis of oil obtained from two fish species (fresh and frozen). *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, v. 5, n. 4, p. 167-177, 2018.
- NGUI, W. S. Yi et al. Malaysia Snakehead *Channa Striatus* and *Micropeltes*: Physico-chemical Properties of Fillet Fish Oil and Water-soluble Extract. *Chemical Engineering Transactions*, v. 56, p. 61-66, 2017.
- ÖZCAN, M. M.; DUMAN, E.; DUMAN, S.. Influence of refining stages on the physico- chemical properties and phytochemicals of canola oil. *Journal of Food Processing and Preservation*, p. e15164.
- RAHMAN, M. M.; ISLAM, M. R.; ISLAM, M. R.; NAZNIN, S. Extraction and Characterization of Lipid from Pangus Fish (*P. Pangasius*) Available in Bangladesh by Solvent Extraction Method. *American Journal of Zoology*, v.1, n.2, p.28-34, 2018.
- ŠIMAT, V. et al. Production and characterization of crude oils from seafood processing by-products. *Food Bioscience*, v. 33, p. 100484, 2020.
- STANDARD FOR FISH OILS - CODEX STAN 329-2017. In: Standard of Codex Alimentarius Comission [Internet]. 2017. p. 1–6. Available from: [www.codexalimentarius.org](http://www.codexalimentarius.org)
- STANDARD FOR NAMED VEGETABLE OILS - CODEX STAN CXS 210-1999. In: Standard of Codex Alimentarius Comission [Internet]. 2019. p. 1–6. Available from: [www.codexalimentarius.org](http://www.codexalimentarius.org)
- TIMLSENA, P. Y.; WANG, B.; ADHIKARI, R.; ADHIKARI B. Advances in microencapsulation of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) -rich plant oils using complex coacervation : A review. *Food Hydrocolloids*, v.69, p.369-81, 2017.
- WEYLANDT, K.H.; SERINI, S.; CHEN, Y.Q.; SU, H.; LIM, K.; CITTADINI A, et al. Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids : The Way Forward in Times of Mixed Evidence. 2015.
- YIN, H.; SATHIVEL, S.. Physical properties and oxidation rates of unrefined menhaden oil (*Brevoortia patronus*). *Journal of Food Science*, v. 75, n. 3, p. E163-E168, 2010