



AVALIAÇÃO DE ÓLEO DE GIRASSOL ALIMENTÍCIO POR ESPECTROSCOPIA RAMAN E FTIR

Maria Victória Carvalho de Lima^{1,2} (12524135143@ulife.com); Vinícius da Silva Reis^{1,2} (12523119222@ulife.com); Letícia Cristine de Siqueira Santos^{1,2}; Jessica Sthefanny Carvalho Souza^{1,2}; (Dr^a) Adriana Barrinha Fernandes^{1,2} (adriana.morett@ulife.com.br).

¹Universidade Anhembi Morumbi – UAM

²Centro de Inovação, Tecnologia e Educação – CITE

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar a composição química e a integridade de um óleo de girassol alimentício por meio das técnicas de Espectroscopia Raman e Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR). Amostras comerciais foram analisadas em equipamentos de alta resolução, permitindo a identificação de bandas vibracionais características dos triglicerídeos presentes em óleos vegetais. Os espectros Raman evidenciaram sinais associados às ligações C=C, C–C e C–O–C, indicando a predominância de ácidos graxos insaturados. No FTIR, foram observadas bandas típicas de grupos éster, estiramentos de CH₂/CH₃ e outras absorções relacionadas à estrutura lipídica. A comparação dos resultados com dados da literatura demonstrou compatibilidade com o perfil esperado para óleo de girassol in natura, sem evidências de degradação oxidativa ou adulteração. Assim, conclui-se que Raman e FTIR são ferramentas eficazes, rápidas e não destrutivas para o controle da qualidade de óleos alimentícios.

PALAVRAS-CHAVE: Espectroscopia Raman; FTIR; óleo de girassol.

INTRODUÇÃO

O óleo de girassol (*Helianthus annuus L.*) é amplamente utilizado na alimentação humana, sendo uma das principais fontes de lipídios vegetais consumidas no Brasil e no mundo. Sua composição é marcada por elevados teores de ácidos graxos insaturados, especialmente o ácido linoleico (ômega-6) e o ácido oleico (ômega-9), além da presença de compostos antioxidantes naturais, como os tocoferóis e a vitamina E, que contribuem para suas propriedades nutricionais e estabilidade oxidativa (GUNSTONE, 2004; O'BRIEN, 2017).



Devido a essas características, o óleo de girassol é amplamente empregado na indústria alimentícia, cosmética e farmacêutica. No entanto, durante as etapas de extração, refino, armazenamento e transporte, pode ocorrer degradação química e física do produto, além de adulterações intencionais com outros óleos de menor custo, o que compromete sua qualidade e segurança para o consumo humano (HUI, 2005; SHARMA; KAUSHIK; SHARMA, 2016).

Nesse contexto, o controle de qualidade torna-se essencial para assegurar a autenticidade, a estabilidade e a conformidade do produto com os padrões estabelecidos pelo Codex Alimentarius e pela legislação brasileira. A avaliação de parâmetros físico-químicos, como acidez, índice de peróxidos e teor de umidade, somada ao uso de técnicas instrumentais modernas, possibilita identificar alterações e adulterações de forma mais eficiente (CODEX ALIMENTARIUS, 2021).

Entre as metodologias analíticas mais utilizadas para a verificação da pureza e composição dos óleos vegetais estão a Espectroscopia na faixa do Infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) e a Espectroscopia Raman, técnicas que se destacam por serem rápidas, não destrutivas e de alta sensibilidade. Ambas permitem identificar grupos funcionais e variações estruturais nas moléculas lipídicas, fornecendo informações precisas sobre a integridade e autenticidade do óleo analisado (RUIZ-MENÉNDEZ et al., 2020; BISWAS et al., 2021). Com base nessas informações, o presente estudo avaliou a composição bioquímica do óleo de girassol alimentício a partir de FTIR e Raman. Neste sentido, verificar o potencial de usá-las no controle de qualidade deste alimento, fortalecendo as práticas de segurança alimentar e promovendo o avanço de metodologias sustentáveis e acessíveis à indústria de alimentos.

MÉTODO

Este estudo *in vitro* foi realizado utilizando as técnicas de Espectroscopia Raman e Espectroscopia na faixa do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), com o objetivo de realizar o controle de qualidade do óleo de girassol, promovendo a detecção de possíveis adulterantes e a avaliação de sua pureza.



O protocolo experimental foi conduzido no Centro de Inovação, Tecnologia e Educação (CITÉ), onde foram realizados os ensaios com a técnica de Espectroscopia Raman, e no IEAMar – Instituto de Estudos Avançados do Mar, localizado no Parque de Inovação Tecnológica de São José dos Campos (PIT), vinculado à Universidade Estadual Paulista (UNESP) onde foram realizadas as análises por Espectroscopia na faixa do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR).

O experimento foi executado utilizando amostras comerciais de óleo de girassol da marca Liza, amplamente distribuído no mercado nacional e destinado ao consumo alimentar. As amostras foram adquiridas em estabelecimento comercial de São José dos Campos (SP), garantindo a representatividade do produto. O material foi mantido à temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C) e homogeneizado manualmente antes das análises, assegurando a uniformidade da amostra e evitando separação de fases lipídicas.

As medições por Espectroscopia Raman foram realizadas no Centro de Inovação, Tecnologia e Educação (CITÉ), utilizando um espectrômetro Raman dispersivo (Dimension P-1, Lambda Solutions Inc., MA, EUA), acoplado a uma sonda Raman (Vector Probe, Lambda Solutions Inc., MA, EUA). O equipamento foi previamente calibrado e operou com excitação em 830 nm, potência de 350 mW na ponta distal da sonda e faixa espectral de 400 a 1800 cm^{-1} , com resolução aproximada de 2 cm^{-1} utilizando uma câmera CCD. Os espectros foram obtidos com média de três varreduras consecutivas para cada ponto analisado.

As análises por Espectroscopia na faixa do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) foram realizadas no IEAMar – Instituto de Estudos Avançados do Mar “Prof. Dr. Peter Christian Hackspacher”, vinculado à Universidade Estadual Paulista (UNESP). Os espectros foram obtidos utilizando o espectrômetro PerkinElmer FT-IR/NIR Spectrometer Frontier. O sistema foi equipado com um acessório Universal Attenuated Total Reflection (UATR), permitindo a análise direta das amostras sem a necessidade de preparo químico adicional, sendo coletados espectros na faixa de 400 a 4000 cm^{-1} , com resolução de 4 cm^{-1} e 45 varreduras por leitura.

Os espectros obtidos por ambas as técnicas foram processados e comparados com dados de referência disponíveis na literatura científica, a fim de identificar bandas características



dos componentes do óleo de girassol e verificar a ausência de alterações químicas compatíveis com adulteração ou degradação. Os dados foram tratados de forma qualitativa, avaliando a consistência dos perfis espectrais entre as amostras e os padrões descritos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O espectro Raman obtido para a amostra de óleo alimentício apresentou bandas características dos triglicerídeos presentes em óleos vegetais. Como apresentado na **Figura 1**.

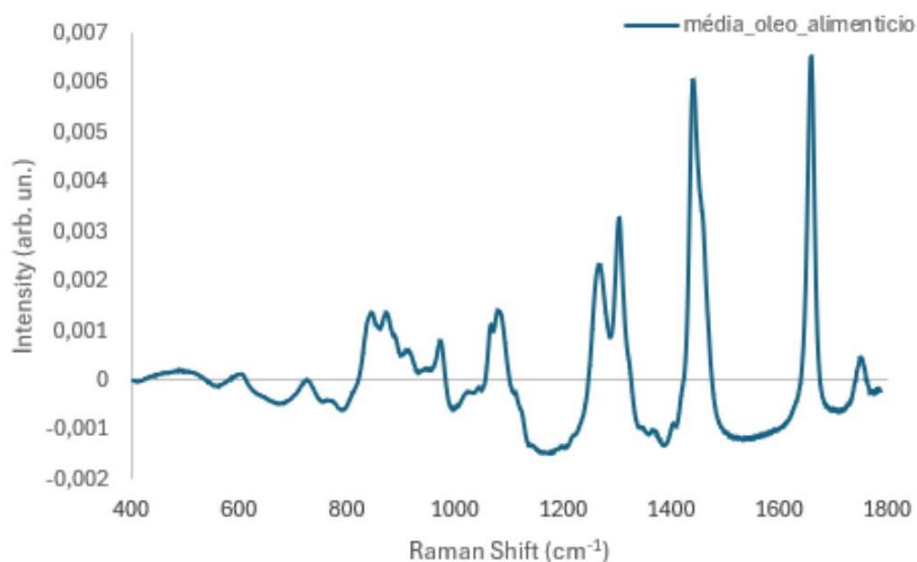


Figura 1. O pico intenso próximo de 800 cm^{-1} está relacionado às vibrações fora do plano da ligação $=\text{CH}$, indicativas de ácidos graxos insaturados. Já a banda em $1000\text{--}1020\text{ cm}^{-1}$ corresponde ao estiramento C--C das cadeias alquílicas, típica de matrizes lipídicas. As bandas observadas entre $600\text{--}650\text{ cm}^{-1}$ refletem modos vibracionais de deformação da cadeia hidrocarbonada, enquanto o sinal próximo de $1130\text{--}1150\text{ cm}^{-1}$ está associado ao estiramento C--O--C dos grupos éster, confirmando a presença de triglicerídeos intactos na amostra.

A distribuição geral das bandas observadas está de acordo com o descrito na literatura para espectros Raman de óleos alimentícios, especialmente no que se refere à presença das ligações C=C , C--C e C--O , frequentemente utilizadas como marcadores estruturais para a caracterização de óleos vegetais e para monitoramento de processos físico-



químicos, como oxidação lipídica ou adulteração. Para uma comparação mais ampla dos modos vibracionais típicos de óleos vegetais, ver por exemplo os espectros apresentados por Rezende et al. (2019) e Guillén & Cabo (1997), que descrevem perfis semelhantes para óleos ricos em ácidos graxos insaturados.

Essas bandas reforçam que a amostra analisada apresenta as assinaturas vibracionais compatíveis com um óleo alimentício convencional, contendo majoritariamente triglicerídeos com cadeias de ácidos graxos insaturados.

A **Figura 2** apresenta o espectro de FTIR do óleo de girassol in natura, no qual é possível observar as bandas características dos triglicerídeos que compõem óleos vegetais.

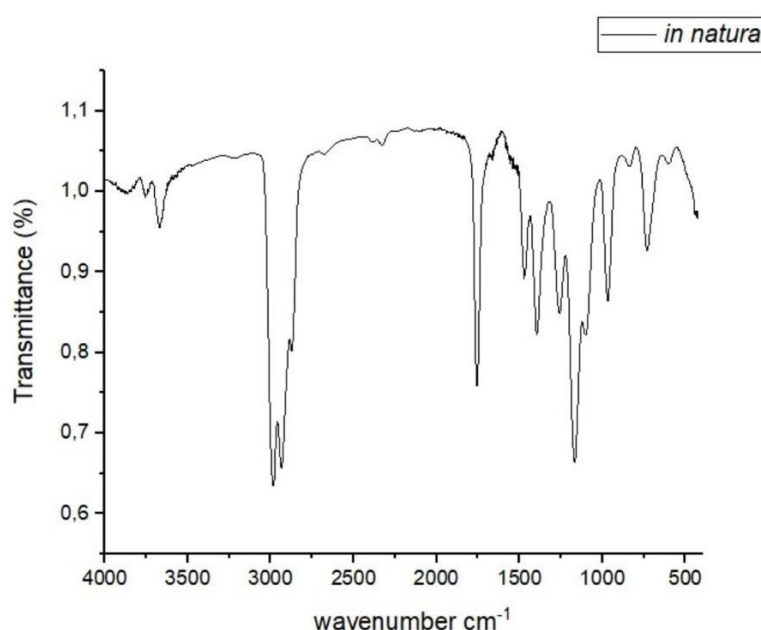


Figura 2. A banda intensa em 1740 cm^{-1} corresponde ao estiramento $\text{C}=\text{O}$ do grupo éster, típica de lipídios e diretamente associada à estrutura dos ácidos graxos esterificados. As bandas observadas em 2920 cm^{-1} e 2850 cm^{-1} são atribuídas aos estiramentos assimétrico e simétrico de CH_2 , respectivamente, indicando a predominância de cadeias alifáticas longas. No intervalo entre $1465\text{--}1375\text{ cm}^{-1}$, observam-se bandas relacionadas às deformações de CH_2/CH_3 , enquanto as absorções situadas em $1230\text{--}1160\text{ cm}^{-1}$ estão associadas aos modos vibracionais $\text{C}-\text{O}$ e $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ dos grupos éster. A banda em $\sim 720\text{ cm}^{-1}$, por sua vez, representa o movimento rocking dos grupos CH_2 , frequentemente utilizado como marcador espectral de empacotamento das cadeias acílicas.



No conjunto, o espectro obtido é compatível com o perfil clássico de óleos vegetais ricos em ácidos graxos insaturados, e não apresenta alterações ou deslocamentos significativos que indiquem degradação oxidativa ou presença de adulterantes. Esses achados corroboram a literatura para o óleo de girassol in natura e reforçam a integridade química da amostra analisada.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos pelas técnicas de Espectroscopia Raman e FTIR demonstraram que o óleo de girassol analisado apresenta perfil vibracional compatível com triglicerídeos íntegros e ricos em ácidos graxos insaturados. As bandas observadas coincidem com padrões descritos na literatura para óleos vegetais de alta pureza, não sendo identificados deslocamentos espectrais ou alterações estruturais que indiquem degradação oxidativa, aquecimento prévio ou adulteração. Conclui-se que as duas técnicas são eficientes, complementares e sensíveis para o controle de qualidade de óleos alimentícios, oferecendo análises rápidas, não destrutivas e mínima preparação. A aplicação dessas metodologias reforça a importância de ferramentas espectroscópicas na verificação da autenticidade de produtos destinados ao consumo humano.



REFERÊNCIAS

BAETEN, V.; et al. **Analytical techniques for determining oil authenticity and quality.** Journal of the American Oil Chemists' Society, v. 92, p. 1–20, 2015.

BARBOSA, M. F.; et al. **Raman spectroscopy and chemometric analysis for classification and authentication of edible oils.** Applied Sciences, v. 9, n. 14, p. 2807, 2019.

BISWAS, S. K.; et al. **Study on oxidative stability of sunflower oil:** Influence of storage and heating. Journal of Food Science and Technology, v. 58, p. 3921–3932, 2021.

CABRAL, F. A.; et al. Raman spectroscopy for the analysis of lipids: A review of analytical methods and applications. RSC Advances, v. 5, p. 104566–104585, 2015.

CODEX ALIMENTARIUS. Standard for Named Vegetable Oils (Codex-Stan 210–1999). FAO/WHO, 2021.

GARCIA, L. R.; et al. **Characterization of edible oils by FTIR spectroscopy and chemometric methods.** Food Chemistry, v. 245, p. 16–22, 2018.

GUILLÉN, M. D.; CABO, N. **Monitoring the oxidation of unsaturated lipids by Fourier transform infrared spectroscopy.** Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 75, p. 1–7, 1997.

GUNSTONE, F. D. **The Chemistry of Oils and Fats:** Sources, Composition, Properties and Uses. Blackwell Publishing, v.1, p. 11, 2004.

HUI, Y. H. (Ed.). **Bailey's Industrial Oil and Fat Products.** 6th ed. Wiley-Interscience, p. 247-259, 2005.

KUMAR, A.; et al. **Raman spectroscopy-based characterization of cow, goat and buffalo fats.** Vibrational Spectroscopy, v. 108, p. 103044, 2020.



O'BRIEN, R. D. **Fats and Oils: Formulating and Processing for Applications**. 4th ed. CRC Press, v.1, p. 29-35, 2017.

REZENDE, C. A.; et al. **Vibrational spectroscopy applied to edible oils: A review**. *Food Analytical Methods*, v. 12, p. 1–18, 2019.

ROHMAN, A.; CHE MAN, Y. B. **Application of Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy for authentication of edible oils**. *International Food Research Journal*, v. 19, n. 2, p. 433–441, 2012.

SHARMA, H. K.; KAUSHIK, N.; SHARMA, K. **Edible Oil Processing**. Singapore: Springer, p. 89–95, 2005.

SINDELAR, J.; et al. **Analysis of vegetable oils by infrared spectroscopy: Identification and quality assessment**. *Food Analytical Methods*, v. 10, p. 1506–1514, 2017.

RUIZ-MENÉNDEZ, L.; et al. **Quality assessment of sunflower oil by infrared spectroscopy and chemometric analysis**. *Food Chemistry*, v. 325, p. 126921, 2020.

TZERAKIS, S.; et al. **Raman spectroscopy as a rapid tool for assessing quality and authenticity of edible oils**. *Food Research International*, v. 148, p. 110590, 2021.



FOMENTO

O presente trabalho foi desenvolvido com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por meio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC). A concessão da bolsa foi fundamental para a realização desta pesquisa, esse apoio reflete o compromisso do CNPq em promover o avanço científico e o desenvolvimento de novas tecnologias, contribuindo significativamente para a capacitação de pesquisadores e o fortalecimento da ciência em nosso país.