چهاردهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران، ۱۵-۱۷ شهریور ۱۴۰۱

انجمن مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران

دانشگاه رازی

14th National Congress of Mechanical Engineering of Biosystems and Mechanization of Iran, 6-8 Sep 2022

مروری بر سنجش خلوص و کیفیت روغن کنجد با کمک طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه و رامان

رسول خدابخشیان کارگر [۱*]، هاجرسادات سیدعلی بیک لواسانی [۲]، فیلیپ ولر [۳]

۱. استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد (khodabakhshian@um.ac.ir)
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد (lavasani@mail.um.ac.ir)
۳. استاد گروه مهندسی علوم زیستی، دانشگاه دولتی مانهایم، آلمان (p.weller@hs-mannheim.de)

چکیده

روغن کنجد یکی از اولین روغن های مورد استفاده بشر بوده است و کاربردهای خوراکی، آرایشی بهداشتی، و دارویی دارد. این روغن یکی از روغن های پرمصرف در کشورهای آسیایی است و علاوه بر طعم و بوی خاص، برای سلامت بدن نیز مفید است. به دلیل آنکه در مقایسه با دیگر روغن‌های گیاهی قیمت بالاتری دارد، احتمال افزودن ناخالصی به آن در قالب روغن‌های گیاهی ارزان‌تر وجود دارد. برای جلوگیری از فعالیت سودجویان در این عرصه، خلوص و کیفیت روغن کنجد باید مورد سنجش و ارزیابی قرار بگیرد. با وجود شباهت زیاد طیف روغن‌های گیاهی، پژوهش‌های متعددی با کمک طیف سنجی با نتایج مطلوب و دقت بالایی در این زمینه انجام شده است. در این مقاله پژوهش‌های انجام شده در حوزه طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR) و رامان برای بررسی کیفیت و خلوص روغن کنجد و مواد غذایی مورد مطالعه قرار گرفتند. از جمله مزایای این دو روش می‌توان به غیرمخرب بودن و دقت بالای آن‌ها در عین سریع بودن و عدم نیاز به آماده‌سازی نمونه اشاره کرد. البته به دلیل نیاز به انجام پیش‌پردازش و وجود طیف مرجع برای شناسایی ناخالصی، نیاز به انجام پژوهش‌های بیشتر در این زمینه وجود دارد.

کلمات کلیدی:

طیف سنجی مادون قرمز، طیف سنجی رامان، کیفیت، تقلب، روغن گیاهی، روغن کنجد

*نویسنده مسئول

مروری بر سنجش خلوص و کیفیت روغن کنجد با کمک طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه و رامان

مقدمه

چربی ها و روغن ها نقش مهمی در سلامت، رشد، و تکامل انسان ایفا می‌کنند. چربی‌ها منبع انرژی و اسیدهای چرب ضروری بدن هستند و به جذب ویتامین‌های محلول در چربی کمک می‌کنند. همچنین چربی ها به غذا عطر و طعم می‌دهند (Li et al., 2018). کنجد منبع غنی از پروتئین می‌باشد و روغن آن جز اولین روغن های مورد استفاده بشر است که کاربردهای خوراکی، آرایشی بهداشتی، و دارویی دارد. در هر ۱۰۰ گرم کنجد حدود ۵۰ گرم روغن و ۲۵ گرم پروتئین وجود دارد (Elleuch et al., 2011). البته میزان روغن کنجد به شدت به عوامل طبیعی مانند تعداد ساعت روشنایی در روز و میزان بارش در هنگام رشد وابسته است (Hwang et al., 2020). روغن کنجد یکی از روغن های پرمصرف در کشورهای آسیایی است و علاوه بر اینکه سیستم ایمنی بدن را تنظیم می‌کند، از التهاب و لخته شدن خون نیز پیشگیری می‌کند (Gauthaman & Saleem, 2009). روغن کنجد طعم و بوی خاصی دارد و مصرف کنندگان قیمت بیشتری برای آن را پرداخت می‌کنند (Ozulku et al., 2017). همچنین آنتی اکسیدان های موجود در روغن کنجد بر بهبود طعم و ماندگاری غذا تاثیر دارند (Anilakumar et al., 2010).

تقلب در مواد غذایی قدمتی دیرینه دارد و از زمان تولید و فروش غذا توسط بشریت وجود داشته است. از قرن هجدهم و نوزدهم میلادی، کشاورزان و فروشندگان اقدام به اضافه کردن مواد غیرخوراکی و حتی گاه سمی به محصولات برای افزایش سود خود نمودند؛ برای مثال، ابتدا شیر را با آب رقیق کرده و سپس با افزودن گچ، رنگ سفید آن بازمی‌گردانند (Selamat & Iqbal, 2016). تقلب در روغن می‌تواند اثرات مخربی بر سلامت انسان ها بگذارد. «تقلب» واژه‌ای با بار حقوقی به معنای عدم پایبندی - عمدی یا سهوی- به قوانین سازمان غذا و دارو و دیگر سازمان های ناظر بر سلامت مواد غذایی است (Srivastava, 2015). تقلب، اضافه کردن مواد دیگر به ماده خام یا فرآوری شده به منظور افزایش میزان ماده است که موجب کاهش تاثیر و کیفیت ماده موثره اصلی می‌گردد. تقلب در روغن ها و چربی ها معمولا منجر به افزایش اکسیداسیون و اسیدهای چرب ترانس می‌شود که برای سلامتی مضر هستند (Li et al., 2018).

بررسی خلوص روغن‌های خوراکی به دلیل ساختار مولکولی آن‌ها، نیازمند به کارگیری ابزار و روش‌های دقیق می‌باشد (Christodouleas et al., 2012). تقلب در روغن کنجد بیشتر به صورت اضافه کردن روغن های گیاهی ارزان که کمتر از یک دهم روغن کنجد قیمت دارند صورت می‌گیرد (Peng et al., 2015). در بیشتر موارد این نوع تقلب عوارض جدی برای سلامتی انسان ندارد. اما علاوه بر ضرر مالی که به مصرف کننده وارد می‌شود، به دلیل عدم نظارت در زمان وقوع تقلب، هیچ گونه اطلاعی از نوع و کیفیت روغن تقلبی در دسترس نخواهد بود. استانداردهایی در سرتاسر دنیا برای تست تقلب در روغن تدوین شده است و در حال حاضر اجرا می‌شوند اما آزمایش های رسمی پیچیده، زمان‌بر و مخرب هستند (Li et al., 2018). از همین رو، روشی سریع و غیرمخرب که کارایی لازم را داشته باشد، می‌تواند در صنایع روغن‌گیری به صورت برخط مورد استفاده قرار گرفته و کیفیت روغن را از ابتدا تا پایان خط تولید بررسی نماید.

با توجه به وجود نیاز به سنجش کیفیت و تشخیص تقلب در روغن کنجد و جلوگیری از فعالیت سودجویان در این عرصه که علاوه بر وارد کردن خسارت مالی، مصرف کننده را از فواید روغن کنجد خالص محروم می نمایند، طیف سنجی به عنوان روشی غیر مخرب و دقیق پیشنهاد می‌گردد. در این مقاله پژوهش‌های انجام شده در زمینه سنجش کیفیت و تشخیص تقلب روغن کنجد بررسی خواهند شد.

مواد و روش‌ها

روش‌های مختلف طیف‌سنجی، با توجه به بازه طیف مورد بررسی و دستگاه مورد استفاده، کاربردهای گسترده‌ای در زمینه‌های مختلف دارند. در این مقاله کاربرد طیف‌سنجی برای سنجش خلوص و کیفیت محصولات کشاورزی با تمرکز بر روغن کنجد مورد مطالعه قرار گرفته است. در این مقاله ابتدا پژوهش‌های انجام شده با طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه[1] (FTIR) و سپس طیف‌سنجی رامان معرفی خواهند شد. همچنین چشم‌انداز پژوهش‌های آتی در این زمینه بررسی خواهد شد.

پیشینه پژوهش

تکنیک های تشخیص تقلب در مواد غذایی باید متناسب با ویژگی مورد آزمایش انتخاب شوند. البته با توجه به هزینه و قابلیت اجرا در مقیاس تجاری، طیف سنجی روشی مناسب و پرکاربرد می‌باشد (He et al., 2020). این روش با موفقیت در پژوهش‌های بسیاری در زمینه‌های مختلف از جمله صنعت روغن استفاده شده است. در این بخش پژوهش‌های انجام شده در زمینه تشخیص کیفیت و خلوص با استفاده از روش‌های طیف سنجی مادون قرمز و رامان بررسی خواهندشد.

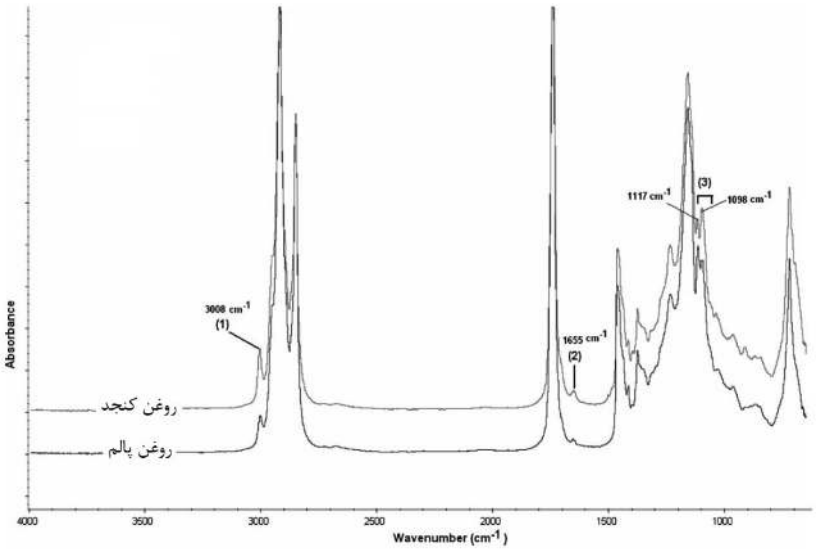
طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR) در سنجش خلوص روغن کنجد

افزایش تقلب و ناخالصی در مواد غذایی ایمنی غذا را تحت تاثیر قرار داده است. همزمان، روش های شناسایی، آنالیز، و طبقه بندی تقلب نیز پیشرفت کرده است و تکنیک های نوین استفاده از مادون قرمز در صنایع غذایی به کار برده می‌شوند. این روش مبتنی بر رابطه بین حرکت ارتعاشی اتم ها و ساختار و پیوند مولکولی بوده و از مزیت های آن می‌توان مقدار کم ماده مورد نیاز از هر نمونه، غیر مخرب بودن، به صرفه بودن، و دوست‌دار محیط زیست بودن اشاره کرد (Li et al., 2018). داده های مفیدی درباره ترکیبات شیمیایی و افزودنی های مواد خوراکی پودری را می توان با این روش بدست آورد. با استفاده از طیف سنجی مادون قرمز (FTIR) و شناسایی طول موج های بحرانی، می توان تقلب و کیفیت ادویه ها از جمله فلفل سیاه، زردچوبه، آویشن، زیره، و زغفران را شناسایی کرد (Kaavya et al., 2020). همچنین، پارامترهایی مانند پروتئین، رطوبت، نشاسته، چربی، کلسیم، ملانین، و غیره با این روش قابل اندازه گیری هستند (Su & Sun, 2018).

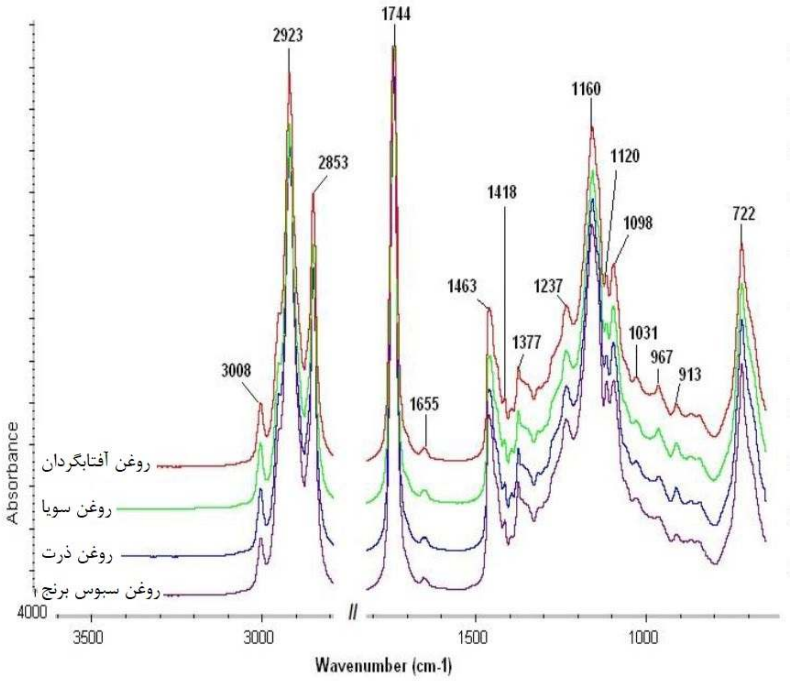
طیف سنجی مادون قرمز در شناسایی ترکیبات در میوه ها و طبقه بندی آن ها بر اساس ویژگی های مورد نظر موثر است. برای مثال، کاروتنوئید، فلاونوئید، و فنولیک پرتقال با این روش قابل اندازه گیری بوده و به کمک مدل های آماری قابل پیش بینی می باشند (Song et al., 2017). میزان فنول و آنتی آکسیدان آناناس نیز با این روش محاسبه شده است (Santos et al., 2019). همچنین میزان شکر و اسیدیته پرتقال با این روش قابل محاسبه و پیش بینی می‌باشد (Song et al., 2016). پلی فنول، اسکوربیک اسید، فیبر، و آنتی اکسیدان میوه های سیب، موز، گلابی، لیمو، پرتقال، توت فرنگی، انبه، کیوی، و خرمالو نیز با موفقیت با این روش محاسبه شدند (Park et al., 2015). در تحقیقی دیگر، بتاکاروتن، اسکوربیک اسید، و آلفاتوکوفرول انبه با دقت بالا پیش بینی شدند (Olale et al., 2019). به جز ترکیبات طبیعی محصولات، سموم به جا مانده در آن ها (پوست میوه و یا گیاه آویشن) نیز با این روش قابل شناسایی می باشند (Drabova et al., 2019; Xiao et al., 2014). روش طیف سنجی مادون قرمز فوریه، قابلیت تشخیص خاستگاه دانه های قهوه را نیز دارد. در یک پژوهش نمونه های دانه قهوه پنج کشور (برزیل، کنیا، اتیوپی، یمن، و کلمبیا) آنالیز شده و با استفاده از الگوریتم PCA، طول موج های تاثیرگذار در تشخیص خاستگاه قهوه شناسایی و دسته‌بندی شدند (Obeidat et al., 2018).

1 Fourier Transform Infrared Spectroscopy

در مورد استفاده از طیف سنجی مادون قرمز (FTIR) در بررسی کیفیت روغن های خوراکی نیز آزمایش هایی انجام شده است. نمونه طیف جذبی مادون قرمز دو روغن کنجد و پالم در شکل ۱ و چند روغن گیاهی دیگر در شکل ۲ قابل مشاهده هستند. در یک پژوهش که در کشور چین انجام شده است، محققین نمونه های روغن کنجد را از شش منقطه در چین که عمده روغن کنجد را تولید می کردند انتخاب نموده و به چهار نوع روغن گیاهی ارزان تر با غلظت های مختلف آغشته کردند (Deng et al., 2012). در این پژوهش، تقلب روغن کنجد با بکارگیری طیف سنجی FTIR و با کمک روش های آماری با موفقیت شناسایی شد. در تحقیقی دیگر با استفاده از طیف سنجی FTIR همراه با کمومتریک تقلب روغن کنجد آغشته به روغن ذرت شناسایی شده است (Fadzlillah et al., 2014). در یک تحقیق با استفاده از کروماتوگرافی وجود پنج نوع روغن گیاهی با غلظت پنج درصد و بیشتر در نمونه های روغن کنجد با خطای کمتر از ۴/۵ درصد شناسایی شد (Peng et al., 2015). همچنین در پژوهشی که بیش از یک دهه قبل انجام شده است، با کمک بینی الکترونیک وجود ناخالصی روغن آفتاب گردان در روغن کنجد با موفقیت شناسایی شد (Hai & Wang, 2006). در مثالی دیگر، تقلب روغن کنجد آغشته به روغن های فندق، کانولا، و آفتاب گردان با همین روش شناسایی شده است (Ozulku et al., 2017). همچنین، تقلب در روغن دانه خردل با موفقیت با این روش شناسایی شده است (Jamwal et al., 2020).



شکل ۱- طیف جذبی مادون قرمز روغن‌های کنجد و پالم (Rohman & Man, 2011)



شکل ۲- طیف جذبی مادون قرمز روغن‌های آفتابگردان، سویا، ذرت و سبوس برنج (Rohman, 2016)

طیف‌سنجی رامان در سنجش خلوص روغن کنجد

طیف‌سنجی رامان نیز مانند طیف‌سنجی مادون قرمز روشی غیر مخرب و دقیق برای ارزیابی خلوص محصولات غذایی مختلف است. با کمک این روش که در آن برخورد غیرالاستیک بین فوتون ارسالی و مولکول ماده رخ می‌دهد، می‌توان کیفیت و میزان اکسیداسیون روغن‌های خوراکی را بررسی نمود (Jin et al., 2015). یک نمونه از نتایج طیف‌سنجی رامان در شکل ۳ نمایش داده شده است. در پژوهش‌های پیشین، ساختار و کیفیت محصولات کشاورزی از جمله محصولات زراعی، میوه و سبزیجات، روغن‌ها، نوشیدنی‌ها، گوشت و سبزیجات با موفقیت با کمک این روش مورد آزمون قرار گرفته‌اند (Yang & Ying, 2011). از طیف‌سنجی رامان برای تشخیص اکسیداسیون و خلوص روغن زیتون نیز استفاده شده است (Jiménez-Sanchidrián & Ruiz, 2016). از جمله محدودیت‌های طیف‌سنجی رامان می‌توان به ضعیف بودن سیگنال آن و همچنین تداخل آن با فلورسانس بسیاری از مواد ارگانیک اشاره کرد (Jin et al., 2015).

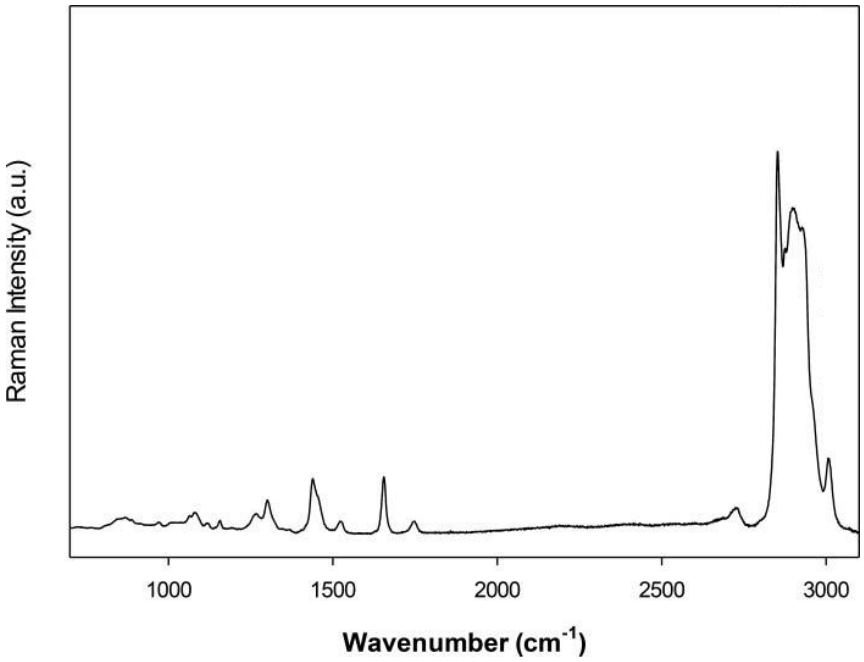
چشم‌انداز طیف‌سنجی در تشخیص خلوص روغن‌های خوراکی

با کمک روش های تحلیل چند متغیره در تحلیل نتایج آزمایش طیف سنجی می توان ناخالصی با ترکیبات پیچیده و یا ناشناخته افزوده شده به مواد غذایی را شناسایی و پیش بینی نمود. اما به علت نبود استاندارد مدون در استفاده از این روش، همچنان جای کار بیشتری برای بهبود ارزیابی نتایج بدست آمده وجود دارد (Callao & Ruisánchez, 2018). در پژوهش‌های بررسی شده در زمینه

تشخیص خلوص و تقلب محصولات غذایی و روغن‌های خوراکی، نمونه‌های ناخالص در آزمایشگاه تهیه شده‌اند و دقت تشخیص ناخالصی با دقت بالایی انجام شده است. اما در واقعیت ممکن است درصدهای نامشخصی از یک یا چند ناخالصی با محصول مورد نظر ترکیب شده باشند. برای شناسایی دقیق ناخالصی با کمک طیف‌سنجی، باید طیف ترکیب مواد ناخالصی و ماده خالص عینا در بانک طیف موجود باشد (Rohman & Man, 2012). ایجاد و گسترش یک بانک طیف مرجع شامل پژوهش‌های انجام شده می‌تواند به افزایش دقت روش‌های طیف‌سنجی در موقعیت‌های واقعی کمک شایانی کند. همچنین داده‌های خام طیف‌سنجی را باید برای حذف نویز پیش‌پردازش کرد (Qu et al., 2015). در حال حاضر روش‌های پیش‌پردازش بر اساس تجربه و سلیقه پژوهشگر انتخاب می‌شوند و لازم است برای پیش‌پردازش طیف‌های بدست آمده با روش‌های مختلف و از محصولات متنوع استانداردهایی تدوین شود.

نتیجه‌گیری

در این مقاله پژوهش‌های انجام شده در حوزه طیف‌سنجی مادون قرمز و رامان برای بررسی کیفیت و خلوص روغن کنجد و مواد غذایی مورد مطالعه قرار گرفتند. پژوهش های متعددی با نتایج مطلوب و دقت بالا در این زمینه انجام شده است. از جمله مزایای این روش‌ها می‌توان به غیرمخرب بودن و دقت بالای آن‌ها در عین سریع و ارزان بودن اشاره کرد. البته به دلیل نیاز به انجام پیش‌پردازش و وجود طیف مرجع برای شناسایی ناخالصی، نیاز به انجام پژوهش‌های بیشتری در این زمینه وجود دارد.



شکل ۳- نتایج طیف‌سنجی رامان روغن زیتون فرابکر (Jiménez-Sanchidrián & Ruiz, 2016)

تشکر و قدردانی

این پژوهش در قالب طرح برون دانشگاهی شماره ۳۲۷۰ با حمایت شرکت پرند و طرح پژوهشی شماره ۲/۵۴۶۳۰ با حمایت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شده است. همچنین بدینوسیله مراتب قدردانی خود را از شرکت پرند صمیمانه اعلام می‌داریم.

منابع

Anilakumar, K.R., Pal, A., Khanum, F., and Bawa, A.S. (2010). Nutritional, medicinal and industrial uses of sesame (Sesamum indicum L.) seeds-an overview. Agriculturae Conspectus Scientificus, 75(4): 159-168.

Callao, M.P., and Ruisánchez, I. (2018). An overview of multivariate qualitative methods for food fraud detection. Food Control, 86: 283-293. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.11.034

Christodouleas, D., Fotakis, C., Papadopoulos, K., Dimotikali, D., and Calokerinos, A.C. (2012). Luminescent Methods in the Analysis of Untreated Edible Oils: A Review. Analytical Letters, 45(5-6): 625-641. https://doi.org/10.1080/00032719.2011.649461

Deng, D.H., Xu, L., Ye, Z.H., Cui, H.F., Cai, C.B., and Yu, X.P. (2012). FTIR Spectroscopy and Chemometric Class Modeling Techniques for Authentication of Chinese Sesame Oil. Journal of the American Oil Chemists' Society, 89(6): 1003-1009. https://doi.org/10.1007/s11746-011-2004-8

Drabova, L., Alvarez-Rivera, G., Suchanova, M., Schusterova, D., Pulkrabova, J., Tomaniova, M., Kocourek, V., Chevallier, O., Elliott, C., and Hajslova, J. (2019). Food fraud in oregano: Pesticide residues as adulteration markers. Food Chemistry, 276: 726-734. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.143

Elleuch, M., Bedigian, D., and Zitoun, A. (2011). Sesame (Sesamum indicum L.) Seeds in Food, Nutrition, and Health. In *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention* (pp. 1029-1036). https://doi.org/10.1016/b978-0-12-375688-6.10122-7

Fadzlillah, N.A., Che Man, Y., and Rohman, A. (2014). FTIR spectroscopy combined with chemometric for analysis of sesame oil adulterated with corn oil. International Journal of Food Properties, 17(6): 1275-1282. https://doi.org/10.1080/10942912.2012.689409

Gauthaman, K., and Saleem, T.M. (2009). Nutraceutical value of sesame oil. Pharmacognosy Reviews, 3(6): 264.

Hai, Z., and Wang, J. (2006). Electronic nose and data analysis for detection of maize oil adulteration in sesame oil. Sensors and Actuators B: Chemical, 119(2): 449-455. https://doi.org/10.1016/j.snb.2006.01.001

He, Y., Bai, X., Xiao, Q., Liu, F., Zhou, L., and Zhang, C. (2020). Detection of adulteration in food based on nondestructive analysis techniques: a review. Critical reviews in food science and nutrition, 61(14): 2351-2371. https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1777526

Hwang, L.S., Lee, M.H., and Su, N.W. (2020). Sesame Oil. In F. Shahidi (Ed.), *Bailey's industrial oil and fat products* (7th ed., pp. 1-39). John Wiley & Sons. https://doi.org/10.1002/047167849X.bio031.pub2

Jamwal, R., Kumari, S., Balan, B., Kelly, S., Cannavan, A., and Singh, D.K. (2020). Rapid and non-destructive approach for the detection of fried mustard oil adulteration in pure mustard oil via ATR-FTIR spectroscopy-chemometrics. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 244: 118822. https://doi.org/10.1016/j.saa.2020.118822

Jiménez-Sanchidrián, C., and Ruiz, J.R. (2016). Use of Raman spectroscopy for analyzing edible vegetable oils. Applied Spectroscopy Reviews, 51(5): 417-430. https://doi.org/10.1080/05704928.2016.1141292

Jin, H., Lu, Q., Chen, X., Ding, H., Gao, H., and Jin, S. (2015). The use of Raman spectroscopy in food processes: A review. Applied Spectroscopy Reviews, 51(1): 12-22. https://doi.org/10.1080/05704928.2015.1087404

Kaavya, R., Pandiselvam, R., Mohammed, M., Dakshayani, R., Kothakota, A., Ramesh, S.V., Cozzolino, D., and Ashokkumar, C. (2020). Application of infrared spectroscopy techniques for the assessment of quality and safety in spices: a review. Applied Spectroscopy Reviews, 55(7): 593-611. https://doi.org/10.1080/05704928.2020.1713801

Li, Q., Chen, J., Huyan, Z., Kou, Y., Xu, L., Yu, X., and Gao, J.-M. (2018). Application of Fourier transform infrared spectroscopy for the quality and safety analysis of fats and oils: A review. Critical reviews in food science and nutrition, 59(22): 3597-3611. https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1500441

Obeidat, S., Hammoudeh, A., and Alomary, A. (2018). Application of FTIR spectroscopy for assessment of green coffee beans according to their origin. Journal of Applied Spectroscopy, 84(6): 1051-1055. https://doi.org/10.1007/s10812-018-0585-9

Olale, K., Walyambillah, W., Mohammed, S.A., Sila, A., and Shepherd, K. (2019). FTIR-DRIFTS-based prediction of β-carotene, α-tocopherol and l-ascorbic acid in mango (Mangifera indica L.) fruit pulp. SN Applied Sciences, 1(3). https://doi.org/10.1007/s42452-019-0297-7

Ozulku, G., Yildirim, R.M., Toker, O.S., Karasu, S., and Durak, M.Z. (2017). Rapid detection of adulteration of cold pressed sesame oil adultered with hazelnut, canola, and sunflower oils using ATR-FTIR spectroscopy combined with chemometric. Food Control, 82: 212-216. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.06.034

Park, Y.-S., Im, M.H., Ham, K.-S., Kang, S.-G., Park, Y.-K., Namiesnik, J., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Trakhtenberg, S., and Gorinstein, S. (2015). Quantitative assessment of the main antioxidant compounds, antioxidant activities and FTIR spectra from commonly consumed fruits, compared to standard kiwi fruit. LWT - Food Science and Technology, 63(1): 346-352. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.057

Peng, D., Bi, Y., Ren, X., Yang, G., Sun, S., and Wang, X. (2015). Detection and quantification of adulteration of sesame oils with vegetable oils using gas chromatography and multivariate data analysis. Food Chemistry, 188: 415-421. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.001

Qu, J.-H., Liu, D., Cheng, J.-H., Sun, D.-W., Ma, J., Pu, H., and Zeng, X.-A. (2015). Applications of Near-infrared Spectroscopy in Food Safety Evaluation and Control: A Review of Recent Research Advances. Critical reviews in food science and nutrition, 55(13): 1939-1954. https://doi.org/10.1080/10408398.2013.871693

Rohman, A. (2016). The use of infrared spectroscopy in combination with chemometrics for quality control and authentication of edible fats and oils: A review. Applied Spectroscopy Reviews, 52(7): 589-604. https://doi.org/10.1080/05704928.2016.1266493

Rohman, A., and Man, Y.B.C. (2011). Palm oil analysis in adulterated sesame oil using chromatography and FTIR spectroscopy. European Journal of Lipid Science and Technology, 113(4): 522-527. https://doi.org/10.1002/ejlt.201000369

Rohman, A., and Man, Y.B.C. (2012). Application of Fourier Transform Infrared Spectroscopy for Authentication of Functional Food Oils. Applied Spectroscopy Reviews, 47(1): 1-13. https://doi.org/10.1080/05704928.2011.619020

Santos, D.I., Neiva Correia, M.J., Mateus, M.M., Saraiva, J.A., Vicente, A.A., and Moldão, M. (2019). Fourier Transform Infrared (FT-IR) Spectroscopy as a Possible Rapid Tool to Evaluate Abiotic Stress Effects on Pineapple By-Products. Applied Sciences, 9(19). https://doi.org/10.3390/app9194141

Selamat, J., and Iqbal, S.Z. (2016). Food Safety. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-39253-0

Song, S.Y., Kim, C.H., Im, S.J., and Kim, I.-J. (2017). Discrimination of citrus fruits using FT-IR fingerprinting by quantitative prediction of bioactive compounds. Food science and biotechnology. https://doi.org/10.1007/s10068-017-0263-3

Song, S.Y., Lee, Y.K., and Kim, I.-J. (2016). Sugar and acid content of Citrus prediction modeling using FT-IR fingerprinting in combination with multivariate statistical analysis. Food Chemistry, 190: 1027-1032. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.068

Srivastava, S. (2015). Food adulteration affecting the nutrition and health of human beings. Journal of Biological Sciences and Medicine, 1(1): 65-70.

Su, W.-H., and Sun, D.-W. (2018). Fourier Transform Infrared and Raman and Hyperspectral Imaging Techniques for Quality Determinations of Powdery Foods: A Review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 17(1): 104-122. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12314

Xiao, G., Dong, D., Liao, T., Li, Y., Zheng, L., Zhang, D., and Zhao, C. (2014). Detection of Pesticide (Chlorpyrifos) Residues on Fruit Peels Through Spectra of Volatiles by FTIR. Food Analytical Methods, 8(5): 1341-1346. https://doi.org/10.1007/s12161-014-0015-4

Yang, D., and Ying, Y. (2011). Applications of Raman Spectroscopy in Agricultural Products and Food Analysis: A Review. Applied Spectroscopy Reviews, 46(7): 539-560. https://doi.org/10.1080/05704928.2011.593216

Use of FTIR and Raman spectroscopy for analyzing the authenticity of sesame oil: A review

Rasool Khodabakhshian[1*], Hajarsadat Seyedalibeyk Lavasani[1], and Philipp Weller[2]

1. Department of Biosystems Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2. Institute for Instrumental Analytics and Bioanalytics, Mannheim University of Applied Sciences, Mannheim, Germany

Abstract

Sesame oil is one of the first vegetable oils that has become part of the human diet and has various applications in cosmetics and pharmaceutical products. It is one of the primary oils consumed in Asia, and apart from its distinct taste and smell, it is also beneficial for health. Because sesame oil is considered a high-end oil, it is prone to dilution by adding cheaper vegetable oils. In order to effectively detect adulteration in sesame oil, dependable methods must be utilized. Even though the spectra of vegetable oils are quite similar, previous studies have shown that spectroscopy can accurately detect adulteration in sesame oil. This article reviews relevant literature on adulteration detection in sesame oil with Fourier Transform Infrared (FTIR) and Raman Spectroscopy.

Key words: FTIR spectroscopy, Raman spectroscopy, authentication, adulteration, vegetable oil, sesame oil

*Corresponding author
E-mail: khodabakhshian@um.ac.ir