



ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA SOBRE METODOLOGIAS DE IDENTIFICAÇÃO DE ADULTERAÇÃO EM AZEITE DE OLIVA E PERSPECTIVAS FUTURAS

BIBLIOMETRIC ANALYSIS ON METHODOLOGIES FOR IDENTIFYING ADULTERATION IN OLIVE OIL AND FUTURE PERSPECTIVES

ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO SOBRE METODOLOGÍAS PARA IDENTIFICAR LA ADULTERACIÓN EN ACEITE DE OLIVA Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

Nathália Fernandes Gonçalves¹, Flaviane Mendonça Ambrozim², Maria de Fátima Pereira dos Santos³, & Maristela Araújo Vicente^{4*}

^{1 2 3 4} Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo

¹ nathalia.goncalves@edu.ufes.br ² flaviane.ambrozim@ufes.br ³ maria.f.santos@ufes.br ^{4*} maristela.vicente@ufes.br

ARTIGO INFO.

Recebido: 23.08.2024

Aprovado: 08.10.2024

Disponibilizado: 06.11.2024

PALAVRAS-CHAVE: Adulteração; Azeite de oliva; Identificação.

KEYWORDS: Adulteration; Olive oil; Identification.

PALABRAS CLAVE: Adulteración; Aceite de oliva; Identificación.

*Autor Correspondente: Vicente, M. A.

RESUMO

Azeite de oliva extravirgem é um produto vulnerável a diversos tipos de adulteração como ser misturado com outros óleos vegetais ou azeites de qualidade inferior. Diversas técnicas analíticas têm sido descritas para detectar a adulteração de azeite, mas com limitadas aplicações. Nesse contexto, este trabalho realizou uma análise bibliométrica sobre as metodologias para identificar adulteração em azeite de oliva. Foi utilizado o banco de dados da Web of Science no período de 2000 a 2024 e as palavras-chave “olive oil”, “adulteration” e “detection”, dentre outros critérios. Os resultados mostraram crescimento exponencial no número de publicações no período avaliado. Ciência e Tecnologia de Alimentos (66) e Química Aplicada (52) foram as categorias com maior número de artigos. Os principais periódicos foram Food Chemistry e Journal of Agricultural and Food. Os países que mais contribuíram com pesquisas sobre o tema foram a Espanha, China e Itália com 55, 40 e 33 artigos, respectivamente. As palavras-chave de maior força de conexão foram adulteração (668), óleos vegetais (406), azeite (370), autenticação (335) e classificação (245). No atual cenário de mudanças climáticas e eventos extremos, o desenvolvimento de metodologias para a rastreabilidade e autenticidade do produto será importante para a segurança alimentar e econômica.

ABSTRACT

Extra virgin olive oil is a product vulnerable to various types of adulteration, such as being mixed with other vegetable oils or lower quality oils. Several analytical techniques have been described to detect olive oil adulteration, but with limited applications. In this work, a bibliometric analysis was carried out on the methodologies for identify

adulteration in olive oil. The Web of Science database was used for the period from 2000 to 2024, and the keywords “olive oil”, “adulteration” and “detection”, among other criteria. The results showed exponential growth in the number of publications in the period. Food Science and Technology (66) and Applied Chemistry (52) were the categories with the largest number of articles. The main journals were “Food Chemistry” and “Journal of Agricultural and Food”. The countries that contributed the most research on the subject were Spain, China and Italy with 55, 40 and 33 articles, respectively. The keywords with the highest connection strength were adulteration (668), vegetable oils (406), olive oil (370), authentication (335) and classification (245). In the current scenario of climate change and extreme events, the development of methodologies for product traceability and authenticity will be important for food and economic security.

RESUMEN

El aceite de oliva virgen extra es un producto vulnerable a diversos tipos de adulteración, como por ejemplo mezclarlo con otros aceites vegetales o con aceites de oliva de menor calidad. En este trabajo se realizó un análisis bibliométrico sobre las metodologías para identificar adulteraciones en aceite de oliva. La base de datos Web of Science se utilizó desde 2000 hasta 2024, y las palabras clave “olive oil”, “adulteration” y “detection”, entre otros criterios. Los resultados mostraron un crecimiento exponencial en el número de publicaciones en el período. Ciencia y Tecnología de los Alimentos (66) y Química Aplicada (52) fueron las categorías con mayor número de artículos. Las principales revistas fueron “Food Chemistry” y “Journal of Agriculture and Food”. Los países que más contribuyeron a la investigación sobre el tema fueron España, China e Italia con 55, 40 y 33 artículos, respectivamente. Las palabras clave con mayor fuerza de conexión fueron adulteración (668), aceites vegetales (406), aceite de oliva (370), autentificación (335) y clasificación (245). En el escenario actual de cambio climático y eventos extremos, el desarrollo de metodologías para la trazabilidad y autenticidad de los productos será importante para la seguridad alimentaria y económica.

INTRODUÇÃO

Os azeites dos tipos extravirgem e virgem são altamente valorizados pelas suas características sensoriais e funcionais, especialmente relacionadas às atividades antioxidantes (Huang et al., 2024; Romani et al., 2019). São ricos em ácidos graxos insaturados (ácido oleico principalmente), poli-insaturados e em uma variedade de pequenas moléculas bioativas valiosas, como tocoferóis, polifenóis (hidroxitiroso, tirosol e oleuropeína etc.), esqualeno, esteróis e β -caroteno (Kaldeli et al., 2024; Hashempour-Baltork et al., 2024; Uncu & Ozen, 2020). Devido ao alto valor nutricional e à diferença entre demanda de mercado e produção, muitas vezes atingindo preços mais elevados em comparação com outros óleos vegetais e de sementes, os azeites são altamente susceptíveis a adulteração (Vieira et al., 2021). Os tipos de adulteração incluem mistura com óleos de qualidade inferior, outros tipos de óleo vegetal, ou azeites velhos, comprometendo a qualidade e a segurança desses produtos, violando os direitos dos consumidores, perturbando o mercado e desafiando técnicas analíticas para inspecionar e garantir a qualidade do azeite.

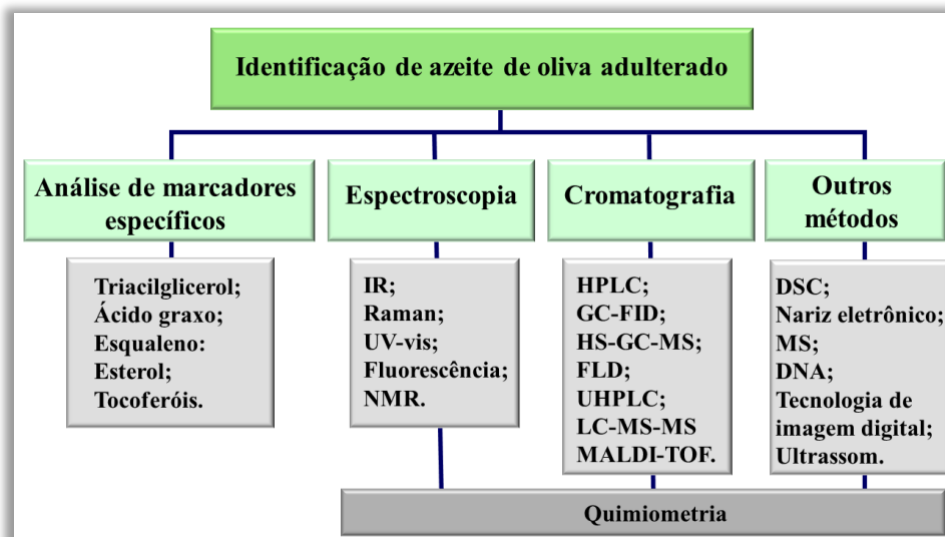
O número de países produtores de azeite aumentou de cerca de 30 na década de 1960 para 35 durante 2011/2023. Os países maiores produtores de azeitona, nestes dois períodos, são praticamente os mesmos: Espanha 40%; Itália 11%; Grécia 10%; Turquia e Tunísia 7%, dentre outros (Kurtoglu et al., 2024). A Espanha, maior produtor mundial de azeite, registrou em 2022/2023, uma queda de produção de aproximadamente 50% (IOC, 2024) e há uma expectativa de diminuição novamente na safra 2023/2024 (Kurtoglu et al., 2024). Apesar da demanda por azeite no mercado mundial estar em alta, a produção tem sido fortemente afetada pela mudança climática.

Diversos fatores impactam na qualidade do azeite, como, por exemplo, a irrigação, área de cultivo, condições ambientais e práticas agronômicas como colheita, poda e armazenamento (Eriotou et al., 2021; Lopez-Feria et al., 2008). A análise de compostos voláteis influenciada por esses fatores pode ser muito útil para fornecer informações sobre origem e autenticidade do azeite (Kalua et al., 2007). Entretanto, a avaliação de compostos voláteis em azeite extravirgem e virgem é uma tarefa arduamente desafiadora devido à diversidade de compostos identificados (Blasi et al., 2024; Cecchi et al., 2021).

A complexidade dos azeites representa um desafio no estabelecimento de parâmetros e métodos consistentes de autenticação e rastreabilidade (Haider et al., 2024; Nikou et al., 2020). Diferentes técnicas e métodos foram desenvolvidos para detectar a adulteração do azeite (Meenu et al., 2019), incluindo análise sensorial, análise química clássica, espectrometria de massa, espectroscopia de infravermelho (FTIR, MIR, NIR), UV-vis, espectroscopia de RAMAN, RMN, cromatografia, nariz eletrônico, método de DNA e ferramentas quimiométricas robustas (Sudhakar et al., 2021) (Figura 1). Diversos estudos destacam a eficácia da combinação de diversas ferramentas espectroscópicas com abordagens quimiométricas para discernir variações composicionais importantes entre óleos comestíveis. Entre eles, o método de avaliação sensorial é fácil de ser afetado por inspetores, ambiente, critérios de avaliação e outros fatores. Possui baixa precisão, baixa repetibilidade e alto custo de mão de obra, limitando, assim, a aplicação da detecção de adulteração de azeite.

A tecnologia de DNA foi desenvolvida para identificar eficazmente a adulteração do azeite, apresenta reprodutibilidade e especificidade para autenticar a composição varietal da azeitona das misturas de óleos, detectar adulteração com óleos de diferentes origens vegetais e garantir a rastreabilidade e autenticidade dos produtos de azeite (Hashempour-Baltork et al., 2024). A cromatografia, técnica de separação e análise de componentes em misturas, desempenha um papel fundamental na autenticação de alimentos e na detecção de adulterantes. Cromatografia líquida e gasosa são métodos críticos na análise de vários constituintes de alimentos, sendo que a GC se destaca na identificação de substâncias voláteis. No entanto, a cromatografia enfrenta desvantagem na autenticação de alimentos devido à natureza complexa das matrizes (Haider et al., 2024). A espectroscopia tornou-se popular na detecção de adulteração de azeite, especialmente técnicas de espectroscopia de infravermelho médio (MIR), infravermelho próximo (NIR) e fluorescência (Meng et al., 2023; Uncu et al., 2019). Essas técnicas analíticas geralmente têm um alto custo de implementação ou funcionamento e podem exigir pessoal altamente treinado. Atualmente existe um interesse crescente no desenvolvimento e implementação de técnicas rápidas e baratas para avaliar a adulteração de óleos comestíveis.

Figura 1. Métodos e principais marcadores utilizados para identificação de adulteração em azeite de oliva



Fonte: Autores (2024)

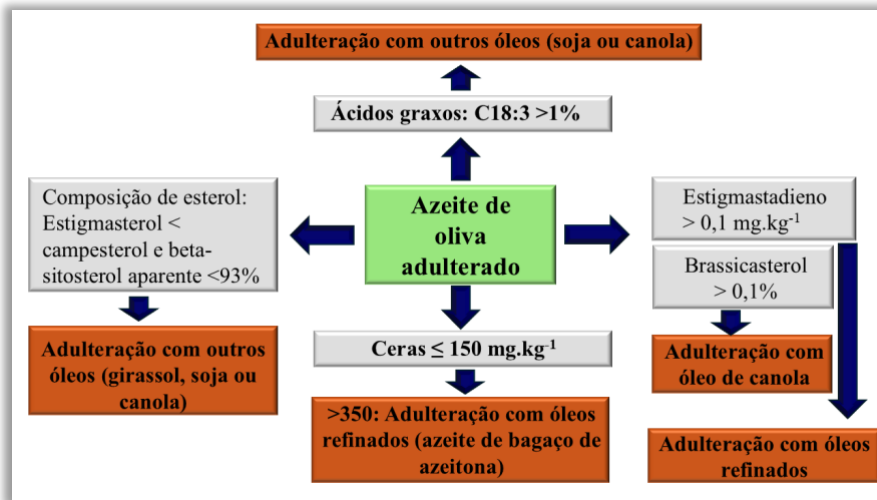
Embora existam vários exemplos bem-sucedidos de estudos de detecção de adulteração de azeite utilizando diferentes métodos espectroscópicos, a diferenciação de misturas de azeites, tais como misturas de variedades de azeitona, misturas de azeites refinados e extravirgem ou misturas de azeites frescos e velhos ainda é um desafio analítico. Portanto, é importante investigar a capacidade técnica para esses casos. A integração de métodos cromatográficos, sequenciamento genético e quimiometria permitiu a detecção precisa e simultânea de múltiplos analitos, fornecendo um instrumento robusto para investigar a autenticidade de alimentos. No entanto, os desafios relativos à validade do método, acessibilidade de equipamentos de maior complexidade, e métodos para confirmar autenticidade necessitam de mais investigação (Haider et al., 2024). São necessários esforços adicionais de investigação e desenvolvimento para melhorar a portabilidade dos equipamentos, garantindo a aplicação

generalizada de metodologias avançadas de autenticidade na análise de rotina das empresas de produtos alimentícios.

A aplicação de técnicas de análise não destrutivas pode contribuir para na detecção de adulteração em óleos vegetais comestíveis. Os métodos baseados em ultrassom oferecem diversas vantagens como a análise rápida e capacidade de avaliar vários parâmetros simultaneamente. Vários estudos comprovaram a eficácia do ultrassom na identificação de adulterantes, garantindo, assim, a autenticidade e a qualidade dos óleos vegetais comestíveis (Jimenez et al., 2024; 2023). Outra estratégia é a utilização de análise digital por imagem (Meenu et al., 2021). A utilização de dispositivos comerciais simples, como câmeras digitais, *webcams*, *scanners* e *smartphones* funcionam como detectores e usam o sistema de cores RGB (R: red; G: green; B: blue), para obter informações relevantes, de forma rápida, versátil e simples (de Carvalho et al., 2023; Milanez et al., 2014). Por exemplo, a medição do pigmento no azeite é crucial para avaliar a sua vida útil e qualidade, pois esses compostos determinam a cor e contribuem para as características antioxidantes e desempenham um papel direto na influência da qualidade geral e da autenticidade do produto (Jimenes-Lopez et al., 2020; Roca et al., 2003). Devido à medição de cores repetível, flexível, precisa e econômica da visão computacional, ao potencial de aplicação no controle de qualidade e autenticidade, o interesse pelo uso analítico de imagens digitais é crescente, possibilitando o desenvolvimento e novas aplicações em diversas determinações analíticas.

Considerando que cada azeite tem características únicas em um padrão reconhecido de qualidade, tanto os componentes principais (ácidos graxos) quanto os componentes secundários (esteróis, tocoferóis etc.) dos óleos comestíveis podem, frequentemente, ser empregados como uma ferramenta de detecção para identificar adulteração (Figura 2). Compostos menores servem como um marcador significativo de qualidade, autenticidade e pureza do azeite. Esses compostos pertencem a um grupo de componentes que representam cerca de 2% da massa do óleo e contêm mais de 200 compostos químicos, entre eles os polifenóis, tocoferóis, hidrocarbonetos, betacaroteno, ésteres, aldeídos, cetonas, álcool, esteróis etc. Esses compostos estão contidos na polpa e nos caroços da azeitona e são transferidos para o azeite extravirgem durante o processamento (Lukić et al., 2021). A presença dos esteróis permite diferenciar azeite de outros óleos vegetais, bem como, detectar qualquer alteração que comprometa a qualidade do produto (Lozano-Castellón et al., 2022). Outro marcador é a presença de cera no óleo, indicando a presença de bagaço (Jabeur et al., 2017). Os tocoferóis são outro grupo de compostos que tem potencial para marcador de adulteração (Ergonul & Koseoglu, 2013).

Figura 2. Métodos e principais marcadores utilizados para identificação de adulteração em azeite de oliva



Fonte: Autores (2024)

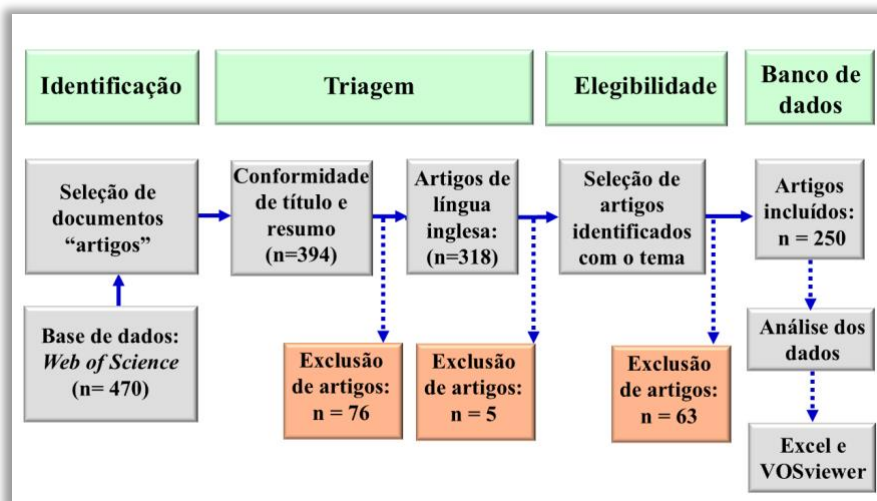
Muitas metodologias analíticas para identificação de adulteração em azeite de oliva foram propostas nos últimos anos. A utilização de ferramentas bibliométricas pode ser útil para explorar o padrão de um campo de investigação e oferecer uma oportunidade para desenvolver visões estratégicas de um tópico. A proposta deste trabalho é realizar uma análise bibliométrica sobre as metodologias para determinar adulteração em azeite de oliva e avaliar os padrões de publicação e citação nesse tema de pesquisa.

METODOLOGIA

2.1. Banco de Dados (BD)

O BD escolhido foi a *Web of Science* (WOS). A WOS foi escolhida porque que é reconhecida por congregar artigos de periódicos conceituados, multidisciplinar e relevantes para a ciência. É uma base de dados referencial e foi utilizada para reunir artigos de periódicos relevantes para este estudo. Os artigos foram exportados do WOS para o *Microsoft Excel* em formato CSV e txt. Os dados foram então verificados para garantir que não houvesse citações com informações insuficientes (título, resumo, palavras-chave etc.) e nesse caso excluídos.

Figura 3. Estratégia para recuperação e seleção dos artigos relevantes para composição do banco de dados sobre metodologias para identificação de azeite de oliva adulterado



Fonte: Autores (2024)

A primeira etapa do processo de seleção foi uma pesquisa no WOS usando as palavras-chave azeite de oliva (“Olive oil”), adulteração (“adulteration”) e detecção (“detection”). A pesquisa foi limitada ao período de 24 anos (1 de janeiro de 2000 a 30 de junho de 2024). Foram obtidos um total de 470 documentos classificados como: 394 artigos; 54 revisões; e 33 publicações de congressos. Esse grupo de artigos apresentou 6.828 citações (sem autocitações) e 60 de H-Index. Como critério de seleção, foram escolhidos apenas os documentos classificados como “artigos” (394 documentos). Na segunda etapa, todos os títulos e resumos foram avaliados para excluir artigos que não representavam o tema e incluídos apenas documentos em língua inglesa. Foram excluídos 76 artigos que tratavam de adulteração em outros tipos de óleo e alguns artigos que eram revisões, mas codificados como artigos. Considerando o acesso à leitura dos artigos, apenas os artigos em língua inglesa foram elencados para compor o banco de dados, sendo excluídos outros 5 artigos (língua chinesa e romena). Na etapa de elegibilidade, foram selecionados apenas os artigos identificados com determinação analítica de adulteração e foram selecionados 250 artigos para compor o banco de dados. Foi realizada uma padronização de palavras-chave, siglas, derivações dos mesmos termos, variações ortográficas e sinônimos. Concluído o processo de triagem, o banco de dados foi utilizado para o estudo bibliométrico.

2.3 Análise de dados

As análises bibliométricas seguem uma abordagem quantitativa para avaliar o desempenho científico de um tema de pesquisa. A evolução dos artigos ao longo dos anos do estudo, as instituições e países mais produtivos, as palavras-chave dos autores e as categorias de assuntos, conforme definidas na WOS, foram avaliadas como indicadores de produção científica. Os artigos listados no banco de dados foram usados para análise de visualização do *VOSviewer*. *VOSviewer* é uma ferramenta de *software* livre para construção e visualização de redes bibliométricas, desenvolvida por Nees Jan Van Eck e Ludo Waltman (Van Eck & Waltman, 2010). O *VOSviewer* versão 1.6.20 foi utilizado no estudo. Mapas de rede foram usados para análises de citações de periódicos, análises de coautoria de autores e visualização de sobreposição para mostrar tendências ao longo do tempo. O *software* define como *link* a conexão entre dois itens, que corresponde aos nós. Cada *link* tem uma força (*strength*) representada por valores numéricos, e quanto maior for esse valor, mais forte será a conexão, indicando a força representada pelo item. No gráfico, é possível visualizar as conexões, e quanto mais espessa, representa a intensidade de cooperação entre as partes (Hassan & Duarte, 2024).

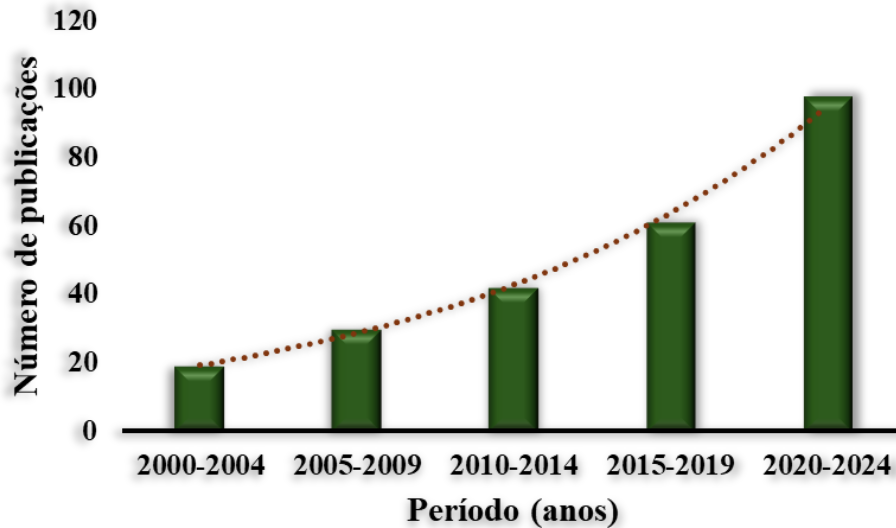
RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise das tendências de publicação

No período de 2000 a 2024 foram publicados 470 documentos e, após a seleção criteriosa, foram classificados 250 artigos sobre tema de detecção de adulteração em azeite de oliva. Esse grupo de artigos foi organizado em períodos de quatro anos e os resultados mostraram um crescimento exponencial no número de publicações nesse período (Figura 4). No primeiro período desse grupo, entre 2000/2004, foram registradas 19 publicações, seguido por um aumento de 2,2 vezes no período de 2010/2014 (42 publicações) e de 5,1 vezes no período de

2020/2024 (98 publicações). Esse crescimento no número de publicações pode ser explicado pelo aumento de fraude na comercialização de azeite nesse período (Everstine et al., 2024; Haider et al., 2024). Além disso, o desenvolvimento de tecnologias e estratégias analíticas de resposta rápida, baixo custo, não destrutivo, para identificar a adulteração no azeite de oliva merece atenção dos pesquisadores.

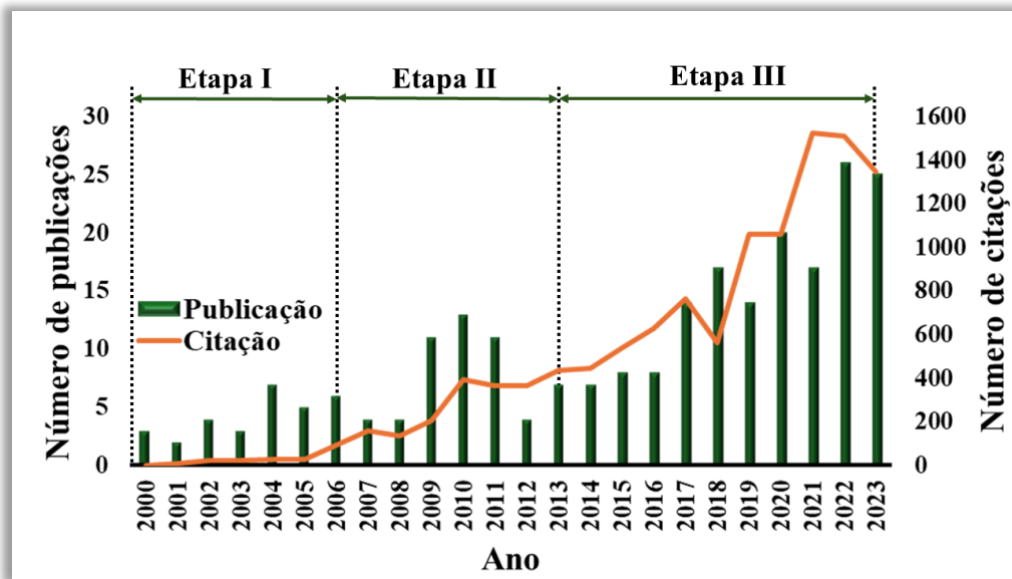
Figura 4. Número de publicações agrupadas por período de 4 anos (2000/2024) sobre metodologias para identificação de azeite de oliva adulterado



Fonte: Autores (2024)

O número de publicações e citações de artigos sobre metodologias para identificação de azeite de oliva adulterado no período de 2000 a 2023 pode ser dividido em três etapas (Figura 5). Na primeira etapa, de 2000 a 2006, poucos artigos são publicados por ano (média de cinco artigos publicados e 29 citações), sugerindo pouco interesse pelo tema. Durante 2007/2013, segunda etapa, observa-se um crescimento no número de artigos com média de oito artigos/ano e aumento substancial de citações no período (média de 294 citações). Este aumento pode ser explicado pelo aumento do número de notificações de fraude na mídia e da necessidade de desenvolvimento de medidas de controle e detecção de fraudes na cadeia de abastecimento alimentar (Bouzembrak et al., 2018). Na terceira etapa, período de 2014 a 2023, observa-se um rápido crescimento do número de publicações (média de 16 artigos/ano) e citações (média de 944 citações/ano). O número de publicações aumenta de 7 em 2014 para 25 em 2023, enquanto as citações cresceram de 27 para 1.348. O aumento pode ser devido à obtenção de mais atenção da sociedade para o aumento do número de casos de fraude nos alimentos (Everstine et al., 2024). Além disso, a autenticação de alimentos é uma questão global e envolve métodos analíticos eficazes para certificar a autenticidade de produtos alimentícios de interesse (Frigerio et al., 2024). O aumento acentuado em publicações e citações sugere que o desenvolvimento de mecanismos para determinar a autenticidade de um produto é relevante para os produtores para proteger sua marca, reputação, valor econômico do produto, e segurança alimentar do consumidor.

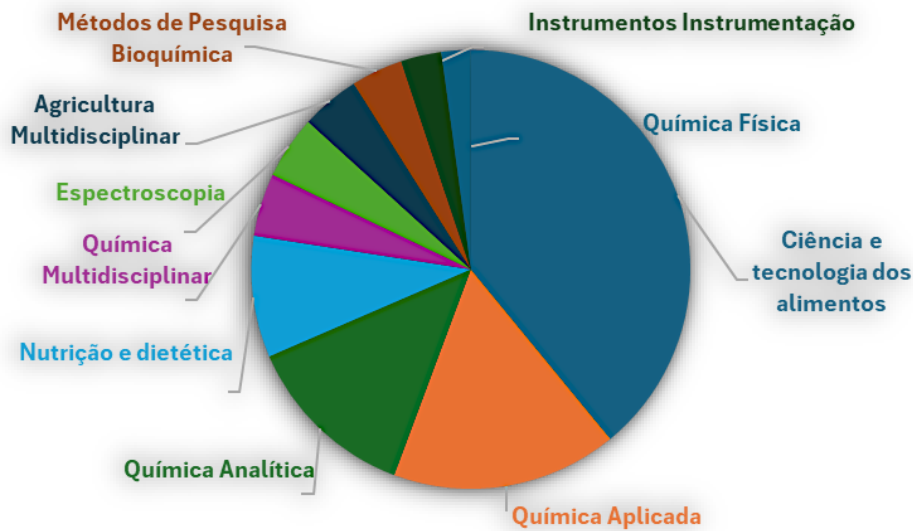
Figura 5. Número de publicações e citações sobre metodologias para identificação de azeite de oliva adulterado durante o período de 2000 a 2023



Fonte: Autores (2024)

Os periódicos do banco de dados da WOS são divididos em categorias de acordo com o assunto e essa informação auxilia na análise dos artigos e percepção sobre o tópico de pesquisa. No conjunto de dados deste estudo, considerando as 10 principais categorias atribuídas pela WOS, Ciência e Tecnologia dos alimentos é a líder com 66 artigos (26,3% de 251 artigos), seguida por Química Aplicada com 52 artigos (20,7%), Química Analítica com 38 artigos (15,1%), Agricultura Multidisciplinar com 22 artigos (8,8%), Métodos de Pesquisa Bioquímica com 20 artigos (8,0%), Química Multidisciplinar com 13 artigos (5,2%), Espectroscopia com 9 artigos (3,6%), Bioquímica e Biologia Molecular com 6 artigos (2,4%), Engenharia Elétrica e Eletrônica (1,6%) e Instrumentos e Instrumentação (1,6%) com 4 artigos cada (Figura 6). Comparando os resultados do banco de dados selecionado e diretamente no WOS, é possível encontrar outras categorias e a porcentagem total ser maior que 100%. Isso pode ocorrer, pois a WOS pode atribuir o mesmo periódico a diferentes categorias (Ho, 2014). A categoria líder de Ciência e Tecnologia dos alimentos pode ser atribuída ao fato de que é uma área do conhecimento voltada para o desenvolvimento de produtos, análise da qualidade e processamento de alimentos. As categorias de Química Aplicada e Química Analítica implicam muitos estudos relacionados ao desenvolvimento de metodologias para determinação de adulteração ou autenticidade de azeite de oliva.

Figura 6. Distribuição de categorias da *Web of Science* de publicações sobre metodologias para identificação de azeite de oliva adulterado durante o período de 2000 a 2024



Fonte: Autores (2024)

Para avaliar a relevância dos periódicos no contexto científico, várias métricas são propostas como indicadores de qualidade e impacto no meio acadêmico e na sociedade. Essas métricas levam em consideração especialmente a citação de um artigo (Moed, 2010). Fatores de impacto como *H-Index*, por exemplo, refletem a influência dos pesquisadores e quanto maior o índice, maior o impacto. Os índices Fator de Impacto (*Impact Factor* - IF) e Indicador de Citação do Periódico (*Journal Citation Indicator* - JCI) são métricas reconhecidas internacionalmente para classificação dos periódicos e sua importância. Os 250 artigos selecionados no banco de dados foram publicados em 92 periódicos. Os 10 periódicos com maior número de publicações foram avaliados quanto aos fatores de impacto (IF e JCI) e citação (Tabela 1). Os periódicos que apresentam os maiores números de citação foram *Food Chemistry* (1734), *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (1386) e *Food Control* (328). Em comum, esses periódicos tratam de divulgação de trabalhos que se concentram em segurança alimentar, avanços da química e bioquímica de alimentos com abordagens analíticas e avanço científico em um campo específico. Os periódicos que apresentaram os maiores valores *H-Index* foram *Food Chemistry* (8,3), *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (5,7) e *Analytica Chimica Acta* (5,7). Interessante observar que este grupo de 10 periódicos tem fator de impacto médio de 4,65. Destaque para o periódico *Food Chemistry* (8,3), *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (5,7) e *Analytica Chimica Acta* (5,7). Esses números indicam que, devido importância que representa para a sociedade, o tema está sendo discutido em periódicos de qualidade e influência no meio acadêmico.

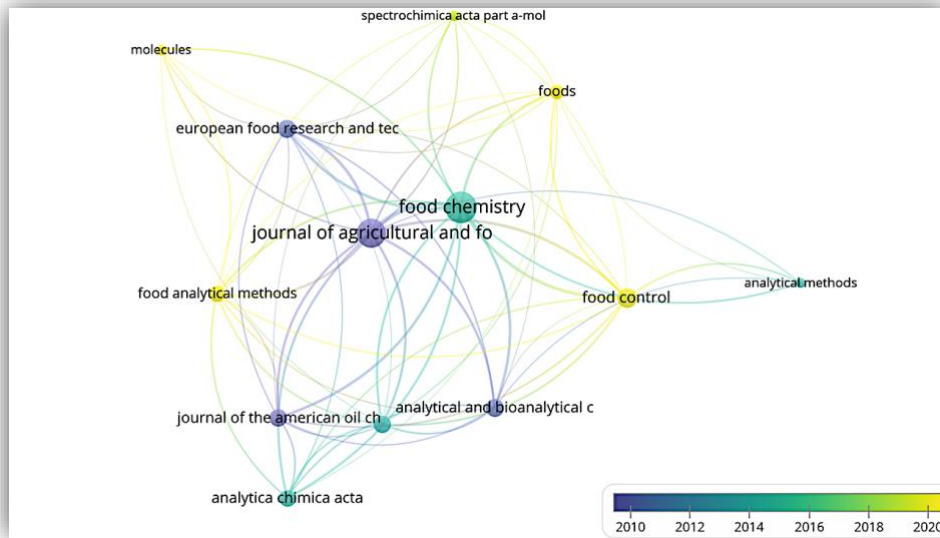
Tabela 1. Descrição produtiva dos 10 periódicos com maior número de publicações sobre metodologias para identificação de azeite de oliva adulterado durante o período de 2000 a 2024, incluindo publicação total, fator de impacto e citação média por artigo

N°	Periódico	Total de Publicação		*IF	Índice H	N° de Citação	Citação média por artigo	**JCI	Ano inicial	ISSN
		N°	%							
1	<i>Food Chemistry</i>	30	12,0	8,3	29	1734	109,33	1,83	2004	1873-7072
2	<i>Journal of Agricultural and Food Chemistry</i>	15	6,0	5,7	17	1386	68,41	1,33	2002	0021-8561
3	<i>Food Control</i>	14	5,6	5,6	15	328	34,6	1,31	2003	0956-7135
4	<i>Food Analytical Methods</i>	11	4,4	2,6	10	207	29,91	0,63	2014	1936-9751
5	<i>Journal of The American Oil Chemists Society</i>	10	4,0	1,9	11	468	21,39	0,35	2001	0003-021X
6	<i>Analytica Chimica Acta</i>	9	3,6	5,7	8	506	23,43	1,43	2002	0003-2670
7	<i>Analytical and Bioanalytical Chemistry</i>	7	2,8	3,8	8	297	20,95	0,96	2003	1618-2642
8	<i>European Food Research and Technology</i>	7	2,8	3,0	6	253	12,5	0,66	2004	1438-2377
9	<i>Talanta</i>	6	2,4	5,6	6	338	19,72	1,47	2006	0039-9140
10	<i>Spectrochimica Acta Part A-Molecular and Biomolecular Spectroscopy</i>	6	2,4	4,3	6	152	18,78	1,79	2016	1386-1425

- *Impact Factor (2023); **JCI – Journal Citation Indicator (2023).

Para análise de conexão dos periódicos, adotou-se o critério de exibir no mínimo 5 documentos por fonte e os 13 periódicos com maior força, segundo o cálculo do *software VOSViewer*, foram selecionados (Figura 7). Os nós representam a força de conexão e a média de citações, nesse caso, os periódicos Food Chemistry, Journal of Agricultural and Food e Food Control apresentaram força de conexão de 157, 137 e 59, respectivamente. Os periódicos mais expressivos em número de publicações no período de 2010/2012 (Journal of Agricultural and Food Chemistry, Analytical and Bioanalytical Chemistry e Journal of the American Oil Chemists) têm interesse em publicações em avanços tecnológicos sobre análises, processos e produtos (Journal of the American Oil Chemists), além de estudos e avanços de pesquisa com foco em química e bioquímica da agricultura e alimentos (Journal of Agricultural and Food Chemistry e Analytical and Bioanalytical Chemistry). Por outro lado, os periódicos com publicação entre 2018/2020 são focados em autenticidade e rastreabilidade (Food Analytical Methods e Food Control) e aspectos analíticos e químicos (Molecules e Foods). Essa mudança de objetivos pode sugerir uma mudança nas tendências do interesse do período inicial de pesquisa para o mais recente. Embora os artigos tenham sido frequentemente publicados em periódicos relacionados a alimentos, aspectos de segurança alimentar começam a ser considerados.

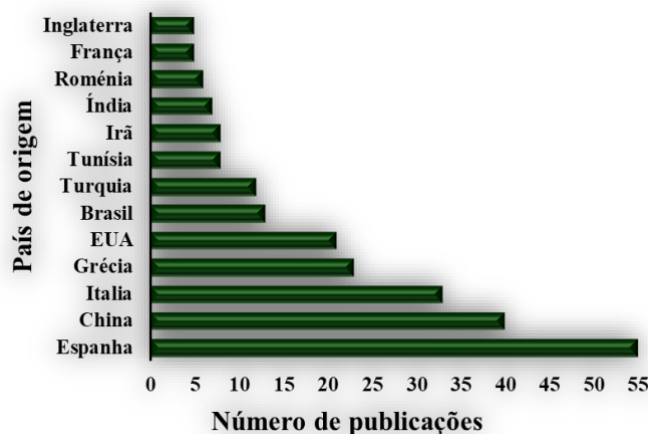
Figura 7. Análise de citação de periódicos durante o período de 2000 a 2024. Cores diferentes indicam o ano médio de publicações, o tamanho dos círculos indica o número de publicações e a espessura das linhas representa a força do *link* entre os periódicos



Fonte: Autores (2024)

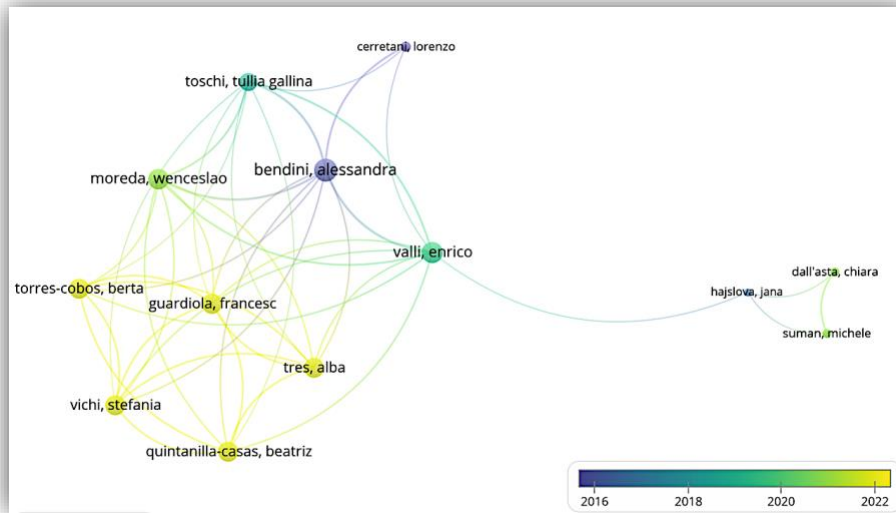
De acordo com dados do Conselho Oleícola Internacional (*International Olive Council - COI*), o mercado de importação de azeite de oliva e azeites de oliva virgem é na sua maioria (81%) concentrado em oito países: Estados Unidos (36%); União Europeia (15%); Brasil (8%); Japão (7%); Canadá (5%); China (4%); Austrália (3%); e Rússia (3%). Os demais países do mundo somam 3% desse mercado (IOC, 2021). Considerando que o Brasil é o terceiro maior importador de azeite do mundo e o alto valor agregado do produto, é importante o desenvolvimento de metodologias para identificar adulterações no produto. No aspecto de contribuição de artigos por países, os 250 artigos selecionados para este estudo, estão divididos em um total de 53 países mais produtivos no tema adulteração de azeite. Os países que mais contribuíram com artigos foram Espanha, China, Itália, Grécia e EUA (Figura 8). Isso sugere que a importância econômica do produto pode estar incentivando o desenvolvimento de tecnologias para garantir a qualidade e autenticidades do azeite.

Figura 8. Número de publicações por país de origem sobre metodologias para identificação de azeite de oliva adulterado durante o período de 2000 a 2024



Fonte: Autores (2024)

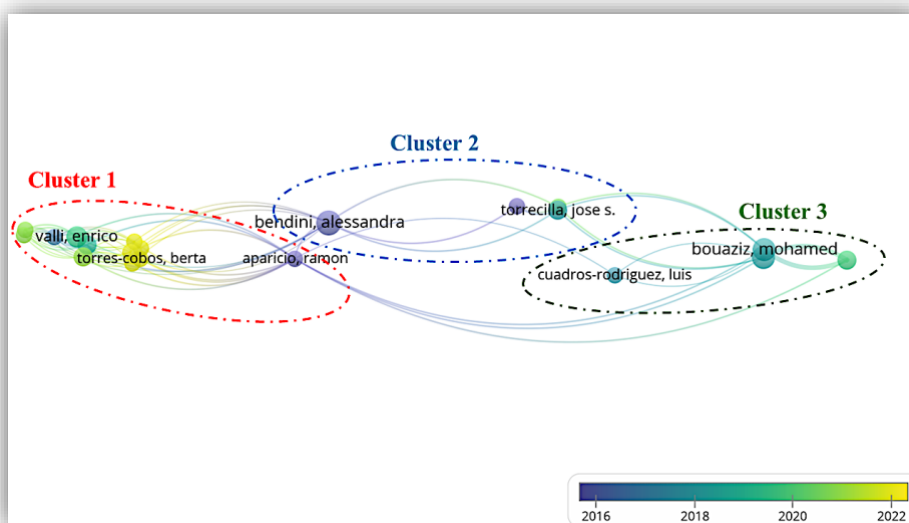
Figura 10. Mapa de coautoria que indica os autores que cooperaram no desenvolvimento de metodologias para identificação de azeite de oliva adulterado durante o período de 2000 a 2024. O tamanho do nó indica o número total de publicações para as quais cada autor contribuiu. A espessura da linha entre dois nós indica o número de publicações que os autores publicaram juntos. A cor representa regiões de publicações



Fonte: Autores (2024)

A análise por citação (total de 1.028) agrupou pesquisadores em 3 clusters (Figura 11). O *cluster 1* tem maior número de pesquisadores (12) e valores intermediários de força de conexão (média de 15,75); o *cluster 2* tem 4 pesquisadores com maiores valores de força de conexão (média de 30,6); e o *cluster 3*, com 4 pesquisadores, tem menores valores de força de conexão (12). Pesquisadores Mohamed Bouaziz (França) e Hazem Jabeur (Tunísia) tem maior número de citações, 229 cada, seguidos de Jana Hajslova (República Tcheca) e Ramon Aparício (França), com 217 e 210 citações, respectivamente. O *cluster 1* tem os pesquisadores com citações mais recentes.

Figura 11. Análise de citação de autores que publicam sobre metodologias para identificação de azeite de oliva adulterado durante 2000 a 2024. Círculos vermelho, azul e verde representam clusters 1, 2 e 3. O tamanho dos nós representa número de publicações de cada autor. A espessura entre dois nós indica número total de citações entre cada nó, onde um nó cita o outro. Cor do nó representa ano médio de publicação de cada autor



Fonte: Autores (2024)

A classificação dos 10 artigos de maior destaque levou em consideração o número de citações, relevância e avanços analíticos para identificação de adulteração de azeite de oliva (Tabela 2).

Tabela 2. Lista dos 10 artigos mais citados sobre metodologias para identificação de azeite de oliva adulterado durante o período de 2000 a 2024

Rank	Título	Metodologia	Ano	LST*	NC**
1	<i>Detection of adulteration of extra-virgin olive oil by chemometric analysis of mid-infrared spectral data</i>	Infravermelho médio (IR) e quimiometria (PCA)	2009	27	220
2	<i>The detection and quantification of adulteration in olive oil by near-infrared spectroscopy and chemometrics</i>	Infravermelho próximo (NIR) e quimiometria (PLS e PCA)	2004	21	213
3	<i>Ambient mass spectrometry employing direct analysis in real time (DART) ion source for olive oil quality and authenticity assessment.</i>	Espectrometria de massa	2009	7	200
4	<i>Classification of edible oils by employing ³¹P and ¹H NMR spectroscopy in combination with multivariate statistical analysis. A proposal for the detection of seed oil adulteration in virgin olive oils.</i>	RMN	2003	16	199
5	<i>Effectiveness of determinations of fatty acids and triglycerides for the detection of adulteration of olive oils with vegetable oils</i>	Cromatografia Gasosa	2004	20	168
6	<i>Chemistry of extra virgin olive oil: adulteration, oxidative stability, and antioxidants. Journal of agricultural and food chemistry,</i>	Cromatografia Gasosa	2010	22	145
7	<i>Detection of the presence of hazelnut oil in olive oil by FT-Raman and FT-MIR spectroscopy.</i>	Infravermelho médio (IR) e Raman	2005	21	139
8	<i>A. Visible Raman spectroscopy for the discrimination of olive oils from different vegetable oils and the detection of adulteration</i>	Raman	2009	10	139
9	<i>Detection of adulterants in olive oil by headspace-mass spectrometry</i>	Espectrometria de massa	2002	15	136
10	<i>Detection of extra virgin olive oil adulteration with lampante olive oil and refined olive oil using nuclear magnetic resonance spectroscopy and multivariate statistical analysis</i>	RMN	2005	21	134

LST*: Link Strength Total; NC**: Número de citações; REF#: Referência.

O primeiro artigo de destaque abordou a detecção e quantificação de adulteração de azeite de oliva extravirgem usando espectroscopia de infravermelho médio (IR) e quimiometria (PCA). O limite de detecção de adulteração foi determinado como 5% para mistura binária de milho-girassol, óleo de semente de algodão e óleo de canola. Segundo os autores, os resultados revelaram que os modelos preveem os adulterantes, mistura binária de milho-girassol, óleo de semente de algodão e óleo de canola, em azeite de oliva com limites de erro de 1,04, 1,4 e 1,32, respectivamente (Gurdeniz et al., 2009). A técnica de espectroscopia de infravermelho ainda é promissora para diferenciar adulteração. Em estudos recentes, Meng et al. investigaram o desempenho de técnicas espectroscópicas usadas para a identificação de azeite de oliva adulterado com diferentes concentrações de óleo de soja com base em infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), infravermelho próximo visível (Vis-NIR) e espectroscopia de fluorescência de matriz de excitação-emissão (EEMs) combinada com quimiometria (Meng et al., 2023). Segundo os autores, FTIR e Vis-NIR são superiores para a detecção de adulteração de azeite de oliva devido à conveniência da operação e modelagem do instrumento. Misturas terciárias de óleo (cártamo, óleos de canola e avelã) foram

investigados por ATR-FTIR em nível de adulteração de 20% v/v e usando quimiometria (Partial Least Squares Projection to Latent Structures-Discriminant Analysis (PLS-DA) e Soft Independent Modelling of Class Analogy (SIMCA)) e apresentou sensibilidade de 100% na detecção de casos mais desafiadores com 5% de óleo de canola e 15% de óleo de avelã (Ordoudi et al., 2022).

O segundo artigo de destaque usou o infravermelho próximo (NIR) e quimiometria (PLS e PCA) para classificação e quantificação da adulteração de azeite de oliva puro por óleo de soja, óleo de girassol, óleo de milho, óleo de noz e óleo de avelã (Christy et al., 2004). Segundo os autores, os modelos previram os adulterantes, óleo de milho, óleo de girassol, óleo de soja, óleo de noz e óleo de avelã envolvidos no azeite de oliva com limites de erro menor que 0,96 % (m/m). Além disso, os modelos desenvolvidos pela PCA foram capazes de classificar misturas desconhecidas de azeite de oliva adulterado aproximadamente 95% de certeza. A técnica de NIR continua se destacando por análise quantitativa sobre identificação de compostos e possibilidade de desenvolvimento de um instrumento portátil e de baixo custo (Arroyo-Cerezo et al., 2024).

Diferente dos trabalhos anteriores, no terceiro artigo de destaque, Vaclavik et al. (2009) apresentam uma nova abordagem para autenticação de amostras de azeite de oliva. Os autores apresentaram um tipo de fonte de íons acoplado a um espectrômetro de massa de tempo de voo de alta resolução (TOFMS) para análise de triacilgliceróis. A metodologia não apenas diferenciou azeite de oliva extravirgem de óleo de bagaço de oliva e azeite de oliva, mas também de óleo de avelã. Usando análise discriminante linear (LDA) permitiu a detecção de adição de óleo de avelã de 6 e 15% (v/v).

No quarto artigo destacado, os autores inovaram usando uma combinação de espectroscopia de ressonância magnética nuclear (RMN) H-1 e RMN P-31 e análise estatística multivariada para classificar 192 amostras de 13 tipos de óleos vegetais: avelã, girassol, milho, soja, gergelim, noz, canola, amêndoa, palma, amendoim, cártamo, coco e azeites de oliva virgem de várias regiões da Grécia (Vigli et al., 2003). Analisando os espectros, os autores desenvolveram um modelo empregando análise discriminante, resultando em detecção de adulteração próxima de 5% m/m.

Fazendo uso destas técnicas (espectrometria de massa (MS) e espectroscopia de ressonância magnética nuclear - RMN), a metabolômica fornece uma imagem de todo o conjunto de metabólitos primários e secundários presentes em uma matriz biológica (Olmo-Garcia & Carrasco-Pancordo, 2021). A metabolômica pode ser definida como a triagem e/ou determinação quantitativa de todas ou de determinadas substâncias químicas na matriz biológica em estudo (Fiehn, 2001). Atualmente já está estabelecida como uma importante ferramenta para determinar autenticidade de alimentos e promete expandir a aplicabilidade para o campo da segurança alimentar (Drakopoulou et al., 2024).

O quinto artigo destacado abordou a dificuldade técnica de identificar adulteração de azeite (Christopoulou et al., 2004). Publicado em 2004, os autores observaram que nenhum dos parâmetros oficiais, ou os propostos, pode detectar a presença de porcentagens menores ou iguais a 5% de óleos de avelã e amêndoa no azeite de oliva, uma vez que as composições de ácidos graxos e triglicerídeos desses óleos são muito semelhantes às do azeite de oliva. Além disso, os autores concluíram que a detecção de óleos de avelã e amêndoa no azeite de oliva era uma questão muito difícil e necessitava de mais pesquisas no tema. Apesar de passados 20 anos, o desafio analítico para identificar as adulterações persiste e os métodos oficiais de controle para detectar adulteração do azeite de oliva ainda não conseguem fornecer proteção satisfatória ao consumidor (Torres-Cobos et al., 2023).

Novamente, o tema dificuldade técnica para diferenciar adulteração volta a ser abordado no sexto artigo mais relevante, publicado em 2010 e com 146 citações (Frankel, 2010). O autor sugere que os testes sensoriais de azeite de oliva deveriam ser complementados por análises cromatográficas gasosas mais precisas de compostos voláteis que influenciam os aromas e os sabores do azeite de oliva extravirgem.

O sétimo artigo apresentou a utilização de espectroscopias FT-Raman e FT-MIR para determinar o nível de detecção da presença de óleo de avelã em azeite de oliva (Baeten et al., 2005). Os autores mostraram que uma discriminação completa entre óleos de oliva e avelã foi possível a adulteração ser detectada se a presença de óleo de avelã em azeite de oliva for > 8% se as misturas forem de óleos de oliva e avelã turcos. Entretanto, o limite de detecção é maior quando as misturas são de óleos comestíveis de diversas origens geográficas, indicando o desafio de identificação devido às variedades botânicas.

Ainda utilizando espectroscopia Raman, o oitavo artigo selecionado, El-Abassy et al. (2009) investigaram o potencial da espectroscopia Raman com excitação na faixa espectral visível (VIS Raman) como uma ferramenta para a classificação de diferentes óleos vegetais e a quantificação da adulteração do azeite de oliva virgem. Os autores usaram quimiometria (PCA e PLS) e óleo de girassol nos testes de adulteração, e conseguiram determinar com sucesso a adulteração.

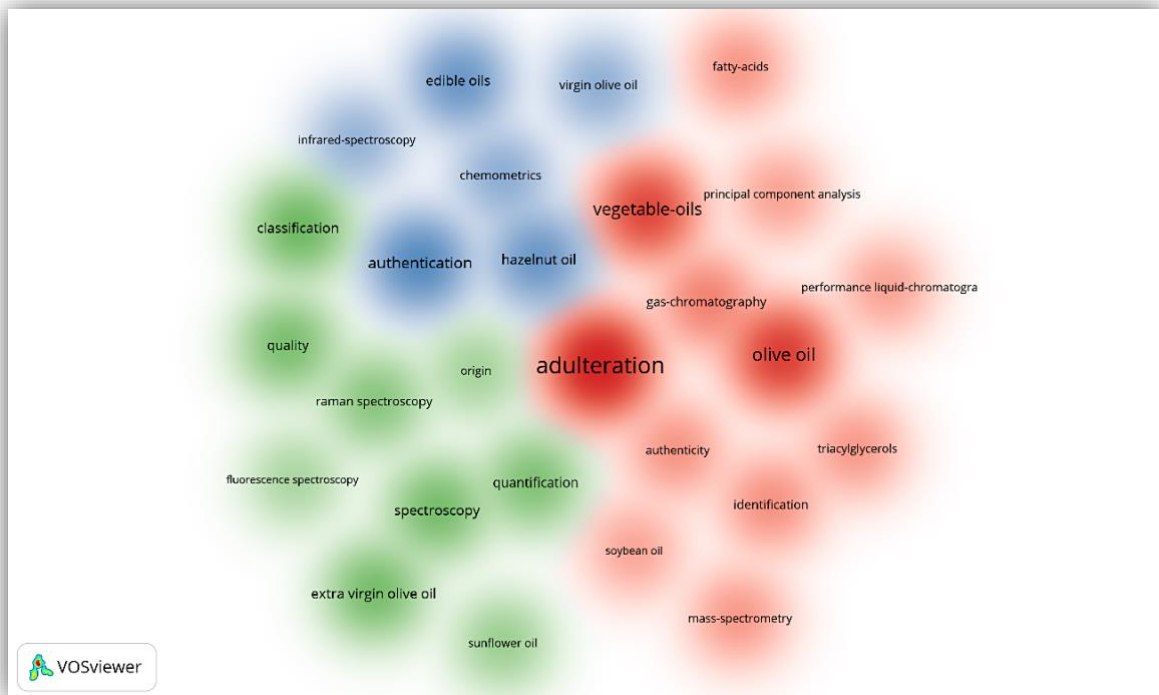
Voltando para técnicas de cromatografia, o nono artigo selecionado, aborda o acoplamento direto de um amostrador de *headspace* a um espectrômetro de massas para a detecção de adulterantes em azeite de oliva (Marcos Lorenzo et al., 2002). Os autores usaram amostras de azeite de oliva misturadas com diferentes proporções de óleo de girassol e óleo de bagaço de oliva. Usando quimiometria (análise discriminante linear) foi suficiente para diferenciar os óleos adulterados dos não adulterados e discriminar aproximadamente 95% qual o tipo de adulteração.

No décimo artigo selecionado, a metodologia de ressonância magnética nuclear (RMN), RMN P-31 de alto campo (202,2 MHz) foi investigada (Fragaki et al., 2005). Os autores estudaram 59 amostras de três tipos de azeites de oliva e 34 azeites de oliva extravirgem de várias regiões da Grécia. Análise discriminante dos dados permitiu a detecção de adulteração de azeite de

oliva extravirgem tão baixa quanto 5% m/m para azeites de oliva refinados. Portanto, todos esses artigos indicam que ainda existe a necessidade de desenvolvimento de metodologias analíticas para rastreabilidade e autenticidade do produto.

Outra abordagem que pode ajudar os pesquisadores a entenderem rapidamente o conteúdo principal, os tópicos e tendências mais relevantes de pesquisa é a análise das palavras-chave. Para analisar a coocorrência o critério usado foi o mínimo de 15 ocorrências entre as 1.045 palavras do banco de dados, totalizando 27 palavras. As palavras foram agrupadas em três *clusters* (Figura 12). O *cluster* 1 (vermelho) aparece com adulteração (“adulteration”) no nodo central e inclui análise de componentes principal (“principal component analysis”), cromatografia gasosa (“gás-chromatography”), autenticidade (“authenticity”), espectrometria de massa (“mass-spectrometry”) e identificação (“identification”). No *cluster* 2 (verde) aparecem as palavras-chave espectroscopia de Raman (“Raman spectroscopy”), espectroscopia de fluorescência (“fluorescence spectroscopy”), classificação (“classification”), qualidade (“quality”), origem (“origin”) e quantificação (“quantification”). No *cluster* 3 (azul), as palavras-chave de destaque são quimiometria (“chemometrics”), autenticação (“authentication”) e infravermelho (“infrared-spectroscopy”). De acordo com a análise bibliométrica, “autenticação” e “classificação” estão entre as cinco de maior ocorrência e força de conexão.

Figura 12. Co-ocorrência das palavras-chave com maior frequência sobre metodologias para identificação de azeite de oliva adulterado durante o período de 2000 a 2024



Fonte: Autores (2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram obtidos 250 artigos sobre metodologias para identificação de azeite de oliva adulterado durante o período de 2000 a 2024 para análise bibliométrica. Estudos neste campo pode ser dividido em três estágios, com um rápido desenvolvimento ocorrendo após 2013, levando a uma tendência de crescimento exponencial no número de publicações. A Ciência e Tecnologia de Alimentos e Química Aplicada são as categorias que têm maior número de artigos, 66 e 52, respectivamente. Os principais periódicos produtivos incluem Food Chemistry, Journal of Agricultural and Food e Food Control. Um total de 53 países contribuiu com pesquisas sobre metodologias para identificação de azeite de oliva adulterado: Espanha, China e Itália ocupam os primeiros lugares com 55, 40 e 33 artigos, respectivamente. As palavras-chave de maior força de conexão foram adulteração (668), óleos vegetais (406), azeite (370), autenticação (335) e classificação (245).

No atual cenário de mudanças climáticas e eventos extremos, é possível que o azeite seja ainda mais valorizado e, portanto, atrativo para adulterações. O desenvolvimento de metodologias para identificar adulteração de azeite com resultados rápidos, confiáveis, sustentável e de baixo custo é relevante para o produtor e consumidor. A rastreabilidade e autenticidade do produto é um desafio analítico que merece investimento de esforços e tecnologia.

AGRADECIMENTOS

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (número de bolsa 302545/2022-0/DT), Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado do Espírito Santo – FAPES (T.O. 757/2024; 313/2022); e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código Financeiro 001.

REFERÊNCIAS

- Arroyo-Cerezo, A., Yang, X., Jiménez-Carvelo, A. M., Pellegrino, M., Felicita Savino, A., & Berzaghi, P. (2024). Assessment of extra virgin olive oil quality by miniaturized near infrared instruments in a rapid and non-destructive procedure. *Food chemistry*, 430, 137043. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137043>
- Baeten, V., Fernández Pierna, J. A., Dardenne, P., Meurens, M., García-González, D. L., & Aparicio-Ruiz, R. (2005). Detection of the presence of hazelnut oil in olive oil by FT-Raman and FT-MIR spectroscopy. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(16), 6201–6206. <https://doi.org/10.1021/jf050595n>
- Blasi, F., Ianni, F., & Cossignani, L. (2024). Phenolic profiling for geographical and varietal authentication of extra virgin olive oil, *Trends in Food Science & Technology*, 147, 104444. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104444>
- Bouzembrak, Y., Steen, B., Neslo, R., Linge, J., Mojtahed, V., Marvin, H.J.P. (2018) Development of food fraud media monitoring system based on text mining, *Food Control*, 93, 283-296. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.06.003>
- Cecchi, L., Migliorini, M., & Mulinacci, N. (2021). Virgin Olive Oil Volatile Compounds: Composition, Sensory Characteristics, Analytical Approaches, Quality Control, and Authentication. *Journal of agricultural and food chemistry*, 69(7), 2013–2040. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c07744>
- Christopoulou, E., Lazaraki, M., Komaitis, M., & Kaselimis, K. (2004). Effectiveness of determinations of fatty acids and triglycerides for the detection of adulteration of olive oils with vegetable oils, *Food Chemistry*, 84(3), 463-474. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00273-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00273-5)
- Christy, A. A., Kasemsumran, S., Du, Y., & Ozaki, Y. (2004). The detection and quantification of adulteration in olive oil by near-infrared spectroscopy and chemometrics. *Analytical sciences: the international journal of the Japan Society for Analytical Chemistry*, 20(6), 935-940. <https://doi.org/10.2116/analsci.20.935>
- de Carvalho, I. M., da Silva Mutz, Y., Machado, A. C. G., de Lima Santos, A. A., Magalhães, E. J., & Nunes, C. A. (2023). Exploring Strategies to Mitigate the Lightness Effect on the Prediction of Soybean Oil Content in Blends of Olive and Avocado Oil Using

- Smartphone Digital Image Colorimetry. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(18), 3436. <https://doi.org/10.3390/foods12183436>
- Drakopoulou, S. K., Kritikou, A. S., Baessmann, C., & Thomaidis, N. S. (2024). Untargeted 4D-metabolomics using Trapped Ion Mobility combined with LC-HRMS in extra virgin olive oil adulteration study with lower-quality olive oils. *Food chemistry*, 434, 137410. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137410>
- El-Abassy, R. M., Donfack, P. & Materny, A. (2009). Visible Raman spectroscopy for the discrimination of olive oils from different vegetable oils and the detection of adulteration. *Journal of Raman Spectroscopy*, 40, 1284-1289. <https://doi.org/10.1002/jrs.2279>
- Ergönül, P. G. & Köseoğlu, O. (2013). Changes in α -, β -, γ - and δ -tocopherol contents of mostly consumed vegetable oils during refining process. *CyTA-Journal of Food*, 12(2), 199–202. <https://doi.org/10.1080/19476337.2013.821672>
- Eriotou, E., Karabagias, I. K., Maina, S., Koulougliotis, D., & Kopsahelis, N. (2021). Geographical origin discrimination of "Ntopia" olive oil cultivar from Ionian islands using volatile compounds analysis and computational statistics. *European food research and technology = Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung. A*, 247(12), 3083–3098. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03863-2>
- Everstine, K. D., Chin, H. B., Lopes, F. A., & Moore, J. C. (2024). Database of Food Fraud Records: Summary of Data from 1980 to 2022. *Journal of food protection*, 87(3), 100227. <https://doi.org/10.1016/j.jfp.2024.100227>
- Fiehn O. (2001). Combining genomics, metabolome analysis, and biochemical modelling to understand metabolic networks. *Comparative and functional genomics*, 2(3), 155–168. <https://doi.org/10.1002/cfg.82>
- Fragaki, G., Spyros, A., Siragakis, G., Salivaras, E., & Dais, P. (2005). Detection of extra virgin olive oil adulteration with lampante olive oil and refined olive oil using nuclear magnetic resonance spectroscopy and multivariate statistical analysis. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(8), 2810–2816. <https://doi.org/10.1021/jf040279t>
- Frankel E. N. (2010). Chemistry of extra virgin olive oil: adulteration, oxidative stability, and antioxidants. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(10), 5991–6006. <https://doi.org/10.1021/jf1007677>
- Frigerio, J., Campone, L., Giustra, M. D., Buzzelli, M., Piccoli, F., Galimberti, A., Cannavacciuolo, C., Ouled Larbi, M., Colombo, M., Ciocca, G., & Labra, M. (2024). Convergent technologies to tackle challenges of modern food authentication. *Heliyon*, 10(11), e32297. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32297>
- Gurdeniz, G. & Ozen, B. (2009). Detection of adulteration of extra-virgin olive oil by chemometric analysis of mid-infrared spectral data. *Food Chemistry*, 116(2), 519-525. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.02.068>
- Haider, A., Iqbal, S. Z., Bhatti, I. A., Alim, M. B., Waseem, M., Iqbal, M., & Mousavi Khaneghah, A. (2024). Food authentication, current issues, analytical techniques, and future challenges: A comprehensive review. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 23(3), e13360. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13360>
- Hashempour-Baltork, F., Zade, S. V., Mazaheri, Y., Alizadeh, A.M., Rastegar, H., Abdian, Z., Torbati, M., & Damirchi, S.A. (2024). Recent methods in detection of olive oil adulteration: State-of- the-Art, *Journal of Agriculture and Food Research*, 16, 101123. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101123>
- Hassan, W. & Duarte, A. E. (2024). Bibliometric analysis: A few suggestions. *Current problems in cardiology*, 49(8), 102640. <https://doi.org/10.1016/j.cpcardiol.2024.102640>
- Ho, Y.S. (2014). Classic articles on social work field in Social Science Citation Index: a bibliometric analysis. *Scientometrics* 98, 137–155. <https://doi.org/10.1007/s11192-013-1014-8>
- Huang, Y., Guan, Q., Zhang, Z., Wang, P., & Li, C. (2024). Oleacein: A comprehensive review of its extraction, purification, absorption, metabolism, and health effects. *Food chemistry*, 433, 137334. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137334>
- IOC (2021) - International Olive Council. Recuperado de <https://www.internationaloliveoil.org/wp-content/uploads/2021/05/IOC-Imports-2020-21.html>
- IOC (2024) Olive oil production statistics. Recuperado de <https://www.internationaloliveoil.org/wp-content/uploads/2022/12/IOC-Olive-Oil-Dashboa-rd-2.html#production-1>
- Jabeur, H., Drira, M., Rebai, A., & Bouaziz, M. (2017). Putative Markers of Adulteration of Higher-Grade Olive Oil with Less Expensive Pomace Olive Oil Identified by Gas Chromatography Combined with Chemometrics. *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(26), 5375–5383. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b00687>

- Jiménez, A., Rufo, M., Paniagua, J. M., González-Mohino, A., & Olegario, L. S. (2023). Authentication of pure and adulterated edible oils using non-destructive ultrasound. *Food chemistry*, 429, 136820. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136820>
- Jiménez, A., Rufo, M., Paniagua, J. M., González-Mohino, A., & Olegario, L. S. (2024). Temperature dependence of acoustic parameters in pure and blended edible oils: Implications for characterization and authentication. *Ultrasonics*, 138, 107216. <https://doi.org/10.1016/j.ultras.2023.107216>
- Jimenez-Lopez, C., Carpena, M., Lourenço-Lopes, C., Gallardo-Gomez, M., Lorenzo, J. M., Barba, F. J., Prieto, M. A., & Simal-Gandara, J. (2020). Bioactive Compounds and Quality of Extra Virgin Olive Oil. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(8), 1014. <https://doi.org/10.3390/foods9081014>
- Kaldeli, A., Zakidou, P., & Paraskevopoulou, A. (2024). Volatilomics as a tool to ascertain food adulteration, authenticity, and origin. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 23(4), e13387. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13387>
- Kalua, C. M., Allen, M. S., Bedgoog, D. R., Bishop, A. G., Prenzler, P. D., & Robards, K. (2007). Olive oil volatile compounds, flavour development and quality: A critical review. *Food Chemistry*, 100, 273–286. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.059>
- Kurtoğlu, S., Uzundumlu, A. S. & Gövez, E. (2024). Olive Oil Production Forecasts for a Macro Perspective during 2024–2027. *Applied Fruit Science* 66, 1089–1100. <https://doi.org.ez43.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10341-024-01064-1>
- López-Feria, S., Cárdenas, S., García-Mesa, J. A., & Valcárcel, M. (2008). Classification of extra virgin olive oils according to the protected designation of origin, olive variety and geographical origin. *Talanta*, 75(4), 937–943. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2007.12.033>
- Lozano-Castellón, J., López-Yerena, A., Domínguez-López, I., Siscart-Serra, A., Fraga, N., Sámano, S., López-Sabater, C., Lamuela-Raventós, R. M., Vallverdú-Queralt, A., & Pérez, M. (2022). Extra virgin olive oil: A comprehensive review of efforts to ensure its authenticity, traceability, and safety. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 21(3), 2639–2664. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12949>
- Lukić, M., Lukić, I., & Moslavac, T. (2021). Sterols and Triterpene Diols in Virgin Olive Oil: A Comprehensive Review on Their Properties and Significance, with a Special Emphasis on the Influence of Variety and Ripening Degree. *Horticulturae* 7, 493. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7110493>
- Marcos Lorenzo, I., Pérez Pavón, J. L., Fernández Laespada, M. E., García Pinto, C., & Moreno Cordero, B. (2002). Detection of adulterants in olive oil by headspace-mass spectrometry. *Journal of chromatography. A*, 945(1-2), 221–230. [https://doi.org/10.1016/s0021-9673\(01\)01502-3](https://doi.org/10.1016/s0021-9673(01)01502-3)
- Meenu, M., Cai, Q., & Xu, B. (2019). A critical review on analytical techniques to detect adulteration of extra virgin olive oil. *Trends in Food Science & Technology*. 91, 391-408. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.045>
- Meenu, M., Kurade, C., Neelapu, B. C., Kalra, S., Ramaswamy, H. S., & Yu, Y. (2021). A concise review on food quality assessment using digital image processing. *Trends in Food Science & Technology*. 118(Pt A), 106-124. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.09.014>
- Meng, X., Yin, C., Yuan, L., Zhang, Y., Ju, Y., Xin, K., Chen, W., Lv, K., & Hu, L. (2023). Rapid detection of adulteration of olive oil with soybean oil combined with chemometrics by Fourier transform infrared, visible-near-infrared and excitation-emission matrix fluorescence spectroscopy: A comparative study. *Food chemistry*, 405(Pt A), 134828. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134828>
- Milanez, K. D. T. M. & Pontes, M. J. C. (2014). Classification of edible vegetable oil using digital image and pattern recognition techniques. *Microchemical Journal*. 113, 10-16. <https://doi.org/10.1016/j.microm.2013.10.011>
- Mínguez-Mosquera, M.I., Gandul-Rojas, B., Montano-Asquerino, A., & Garrido-Fernández, J. (1991). Determination of chlorophylls and carotenoids by high-performance liquid chromatography during olive lactic fermentation. *Journal of Chromatography A*. 585(2), 259-266. [https://doi.org/10.1016/0021-9673\(91\)85086-U](https://doi.org/10.1016/0021-9673(91)85086-U)
- Moed, H. F. (2010). Measuring contextual citation impact of scientific journals. *Journal of Informetrics*. 4(3), 265-277. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2010.01.002>
- Nikou, T., Witt, M., Stathopoulos, P., Barsch, A., & Halabalaki, M. (2020). Olive Oil Quality and Authenticity Assessment Aspects Employing FIA-MRMS and LC-Orbitrap MS Metabolomic Approaches. *Frontiers in public health*, 8, 558226. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.558226>
- Olmo-García, L. & Carrasco-Pancorbo, A. (2021) Chromatography-MS based metabolomics applied to the study of virgin olive oil bioactive compounds:

- Characterization studies, agro-technological investigations and assessment of healthy Properties. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 135, 116153. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2020.116153>
- Ordoudi, S. A., Özdikicierler O., & Tsimidou, M. Z. (2022). Detection of ternary mixtures of virgin olive oil with canola, hazelnut or safflower oils via non-targeted ATR-FTIR fingerprinting and chemometrics. *Food Control*. 142, 109240. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109240>
- Roca, M., Gandul-Rojas, B., Gallardo-Guerrero, L., & Minguéz-Mosquera, M.I. (2003). Pigment parameters determining Spanish virgin olive oil authenticity: stability during storage. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 80(12), 1237-1240. <https://doi.org/10.1007/s11746-003-0848-0>
- Romani, A., Ieri, F., Urciuoli, S., Noce, A., Marrone, G., Nediani, C., & Bernini, R. (2019). Health Effects of Phenolic Compounds Found in Extra-Virgin Olive Oil, By-Products, and Leaf of *Olea europaea* L. *Nutrients*, 11(8), 1776. <https://doi.org/10.3390/nu11081776>
- Sudhakar, A., Chakraborty, S. K., Mahanti, N. K., & Varghese, C. (2023). Advanced techniques in edible oil authentication: A systematic review and critical analysis. *Critical reviews in food science and nutrition*, 63(7), 873-901. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1956424>
- Torres-Cobos, B., Quintanilla-Casas, B., Vicario, G., Guardiola, F., Tres, A., & Vichi, S. (2023). Revealing adulterated olive oils by triacylglycerol screening methods: Beyond the official method. *Food chemistry*, 409, 135256. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135256>
- Uncu, O. & Ozen, B. (2019). A comparative study of mid-infrared, UV-Visible and fluorescence spectroscopy in combination with chemometrics for the detection of adulteration of fresh olive oils with old olive oils. *Food Control*. 105, 209-218. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.06.013>
- Uncu, O. & Ozen, B. (2020). Importance of some minor compounds in olive oil authenticity and quality. *Trends in Food Science & Technology*. 100, 164-176. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.04.013>
- Vaclavik, L., Cajka, T., Hrbek, V., & Hajslova, J. (2009). Ambient mass spectrometry employing direct analysis in real time (DART) ion source for olive oil quality and authenticity assessment. *Analytica chimica acta*, 645 (1-2), 56-63. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2009.04.043>
- Van Eck, N. J. & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523-538. <https://doi.org/10.1007/S11192-009-0146-3>
- Vieira, L. S., Assis, C., de Queiroz, M. E. L. R., Neves, A. A., & de Oliveira, A. F. (2021). Building robust models for identification of adulteration in olive oil using FT-NIR, PLS-DA and variable selection. *Food chemistry*, 345, 128866. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128866>
- Vigli, G., Philippidis, A., Spyros, A., & Dais, P. (2003). Classification of edible oils by employing 31P and 1H NMR spectroscopy in combination with multivariate statistical analysis. A proposal for the detection of seed oil adulteration in virgin olive oils. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(19), 5715-5722. <https://doi.org/10.1021/jf030100z>