

Aceites esenciales: composición, aplicaciones y consideraciones analíticas

Dra. Francesca Bruni, investigadora del Laboratorio Químico del CDR "Francesco Bonicolini"

Introducción

aceites esenciales son mezclas complejas de compuestos orgánicos volátiles sintetizados naturalmente por las plantas como parte de su metabolismo secundario. Se obtienen típicamente mediante destilación al vapor, hidrodestilación, expresión en frío en el caso de las cáscaras de cítricos u otros procesos de extracción mecánica. Los productos resultantes son generalmente líquidos hidrofóbicos, parcial o totalmente insolubles en agua, caracterizados por una alta volatilidad y un aroma distintivo e intenso. El término *esencial* se refiere a su función como esencia de la planta, es decir, la fracción responsable de su fragancia característica y actividad biológica. Desde una perspectiva biológica, los aceites esenciales desempeñan múltiples funciones en la fisiología vegetal. Contribuyen a los mecanismos de defensa contra herbívoros y microorganismos patógenos, favorecen la protección contra factores de estrés ambiental, participan en los procesos de comunicación entre plantas y atraen a los polinizadores.

Composición química

Los aceites esenciales se componen predominantemente de compuestos terpenoides, junto con fracciones más pequeñas de fenilpropanoides y otras moléculas aromáticas. Los terpenos representan la clase principal y se construyen a partir de unidades de isopreno, cada una con cinco átomos de carbono. Los terpenos se clasifican según el número de estas unidades: hemiterpenos (1 unidad de isopreno, 5 átomos de carbono), monoterpenos (2 unidades, 10 átomos de carbono), sesquiterpenos (3 unidades), diterpenos (4 unidades) y hasta 8 unidades. Los monoterpenos son generalmente los componentes más abundantes en los aceites esenciales y son responsables de su alta volatilidad. Los sesquiterpenos y diterpenos, de mayor peso molecular, contribuyen a notas aromáticas más intensas y persistentes. La proporción relativa de terpenos de bajo y alto peso molecular determina si una secreción vegetal se comporta como un aceite esencial volátil o como una resina semisólida. Los aceites esenciales permanecen líquidos a temperatura ambiente debido al predominio de compuestos volátiles de bajo peso molecular. Muchos compuestos terpenoides presentan actividad biológica documentada, incluyendo efectos antimicrobianos, antivirales,

antiinflamatorios y antioxidantes. Algunos ejemplos son los aceites esenciales derivados del pino, el limón, el romero y el árbol del té.

Propiedades y usos

Los aceites esenciales exhiben un amplio espectro de actividades biológicas directamente relacionadas con su composición química diversa, que incluye terpenos, fenoles, alcoholes y otros compuestos volátiles. Su naturaleza lipofílica facilita la interacción con las membranas biológicas, contribuyendo a sus efectos antimicrobianos, antivirales, antiinflamatorios y antioxidantes, así como a la relajación del músculo liso. Además de su actividad biológica, los aceites esenciales se utilizan ampliamente en formulaciones cosméticas y de cuidado personal, sistemas de conservación natural, fragancias ambientales y productos de higiene doméstica, gracias tanto a sus propiedades funcionales como a sus aromas característicos. En aplicaciones tópicas, generalmente se utilizan diluidos, ya que varios aceites esenciales pueden causar irritación o sensibilización si se aplican sin diluir, mientras que ciertos aceites derivados de cítricos pueden inducir fotosensibilización debido a su contenido en furanocumarina. En aromaterapia, la inhalación mediante difusión o sistemas de vapor estimula las vías olfativas que pueden influir en las respuestas emocionales y autonómicas, con efectos reportados que incluyen reducción del estrés, modulación del sueño, mejora del estado de ánimo y un leve efecto analgésico o antiemético.

Mecanismos de oxidación en aceites esenciales

Aunque los aceites esenciales suelen asociarse con propiedades antioxidantes, su composición química los hace intrínsecamente susceptibles a la degradación oxidativa. A diferencia de los aceites vegetales, que son matrices lipídicas compuestas principalmente de triglicéridos y ácidos grasos insaturados, los aceites esenciales no son sistemas lipídicos. Son mezclas complejas de compuestos volátiles de bajo peso molecular, predominantemente monoterpenos y sesquiterpenos insaturados. En los aceites vegetales, la oxidación involucra principalmente ácidos grasos insaturados y sigue las vías clásicas de autooxidación lipídica, lo que conduce a la formación de hidroperóxidos lipídicos y compuestos aldehídicos secundarios. En cambio, la oxidación en los aceites esenciales afecta principalmente a las moléculas de terpenos, que

pueden reaccionar fácilmente con el oxígeno atmosférico mediante mecanismos de autooxidación mediados por radicales.

Los monoterpenos como el limoneno, el linalool y el α -pineno son particularmente propensos a la oxidación. Durante el almacenamiento y la exposición a la luz, el calor o el oxígeno, estos compuestos pueden formar hidroperóxidos de terpenos, epóxidos, aldehídos y cetonas, productos de reorganización secundaria. Por ejemplo, el limoneno puede convertirse en hidroperóxidos de limoneno, el linalool en óxidos de linalool y el pineno en óxidos de pineno. Estos productos de oxidación no solo son responsables de cambios en el perfil aromático, con la aparición de notas desagradables y pérdida de frescura, sino que también pueden aumentar el potencial de sensibilización del aceite.

Desde una perspectiva regulatoria, los terpenos oxidados son especialmente preocupantes en los sectores de las fragancias y la cosmética. Varios productos de oxidación se han identificado como posibles sensibilizantes cutáneos y están sujetos a la supervisión de las normas IFRA y las evaluaciones de seguridad cosmética. Por lo tanto, la monitorización de los productos de oxidación primaria no solo es una cuestión de calidad organoléptica, sino también de relevancia toxicológica.

La alta volatilidad y reactividad química de las matrices ricas en terpenos dificulta aún más el control de la estabilidad. La oxidación puede acelerarse por condiciones de almacenamiento inadecuadas, como la exposición al oxígeno, temperaturas elevadas y radiación ultravioleta. Se recomienda el envasado en recipientes de vidrio oscuro, la reducción del oxígeno en el espacio de cabeza y el control de las temperaturas de almacenamiento para limitar la degradación oxidativa.

Por estas razones, la evaluación de la estabilidad oxidativa representa un paso crítico en el control de calidad del aceite esencial y proporciona la base científica para la determinación de parámetros analíticos como el valor de peróxido.

Métodos oficiales de análisis químico

Los parámetros clave para monitorear la calidad de los aceites esenciales son **el índice de peróxidos** y **el índice de ácidos grasos libres**, que proporcionan información sobre la degradación oxidativa y la estabilidad química. Las directrices de la industria cuentan con el respaldo de organizaciones como la **Asociación Internacional de Fragancias (IFRA)** y la **Federación Europea de Aceites Esenciales**, que definen marcos analíticos y de seguridad para aplicaciones comerciales.

La determinación del **índice de peróxidos** se realiza comúnmente según el **método analítico IFRA para el índice de peróxidos**, basado en la titulación yodométrica. El método cuantifica los hidroperóxidos formados durante las primeras etapas de la oxidación y expresa los resultados como **miliequivalentes de oxígeno activo por kilogramo (meq O₂/kg)** o alternativamente como **milimoles de peróxido por litro (mmol/L)**. El análisis se lleva a cabo en un medio orgánico ácido, típicamente una mezcla de ácido acético glacial e isooctano, seguido de la titulación del yodo liberado con tiosulfato de sodio estandarizado. Debido a la volatilidad y reactividad de las matrices ricas en terpenos, se requiere un control estricto de la exposición a la luz, la estandarización de los reactivos y la corrección del blanco para garantizar la reproducibilidad.

La determinación del **valor de ácidos grasos libres** se realiza según la **norma ISO 1242**, que define un método de titulación ácido-base para la cuantificación de los componentes ácidos libres en aceites volátiles. La muestra se disuelve en un disolvente alcohólico neutralizado y se titula con hidróxido de potasio estandarizado. Los resultados se expresan en **mg de KOH por gramo de muestra (mg de KOH/g)**. Una acidez elevada puede indicar degradación hidrolítica u oxidativa, así como malas condiciones de almacenamiento. El método requiere un manejo cuidadoso de disolventes inflamables y reactivos alcalinos, así como atención a las pérdidas por evaporación debido a la naturaleza volátil de los aceites esenciales.

Dada la alta reactividad química de los sistemas ricos en terpenos, es fundamental minimizar la exposición oxidativa durante el almacenamiento y el procesamiento. Al mismo tiempo, los protocolos de control de calidad deben apuntar a reducir el tiempo de manipulación y análisis de las muestras, garantizando al mismo tiempo un monitoreo preciso y fiable de la estabilidad oxidativa.

El sistema CDR FoodLab®

A diferencia de los métodos convencionales de titulación yodométrica y ácido-base, que requieren volúmenes significativos de disolvente, material de vidrio, condiciones de laboratorio controladas y personal capacitado, **CDR FoodLab®** proporciona una alternativa rápida y simplificada para la determinación de parámetros oxidativos clave: **Índice de Acidez** y **Índice de Peróxidos**.

Basado en análisis fotométrico con reactivos listos para usar, el sistema proporciona resultados en minutos, lo que permite un control de calidad inmediato en la recepción de la materia prima, durante el almacenamiento o directamente en los

entornos de producción. El método requiere solo microcantidades de muestra, una ventaja importante al analizar aceites esenciales con coloración intrínseca intensa, ya que el volumen mínimo de muestra evita la interferencia de color y garantiza una medición óptica fiable. La ausencia de disolventes orgánicos tóxicos mejora significativamente la seguridad del operador y reduce el impacto ambiental en comparación con las técnicas de titulación clásicas. El sistema no requiere personal altamente especializado, lo que facilita el control analítico incluso para pequeñas y medianas empresas de fabricación. Su versatilidad permite su aplicación tanto en aceites líquidos como en grasas sólidas, cubriendo una amplia gama de materias primas.



Comparación de métodos analíticos para aceites esenciales

Característica	Métodos oficiales tradicionales (titulación)	Sistema CDR FoodLab®
Metodología	Titulación Titulación yodométrica (Valor de peróxidos) o Titulación ácido-base ISO 1242 (Valor de ácidos grasos libres).	Análisis Fotométrico Lectura espectrofotométrica.
Reactivos y disolventes	Complejo y peligroso Requiere solventes orgánicos tóxicos (por ejemplo, ácido acético glacial, isooctano), solventes inflamables y reactivos alcalinos (KOH).	precargados, listos para usar y más seguros . No requieren disolventes orgánicos tóxicos.
Tiempo de análisis	Longitud Requiere preparación, estandarización de reactivos y corrección del blanco.	Rápido Entrega resultados en minutos.
Volumen de muestra	Estándar Requiere volúmenes significativos de solvente y cantidades de muestra estándar.	Microcantidades Requiere sólo una cantidad muy pequeña de muestra.
Interferencia	Riesgo de interferencia de color La coloración intrínseca intensa de los aceites esenciales puede hacer que los puntos finales de la titulación sean difíciles de ver.	Sin interferencias El volumen mínimo de muestra evita la interferencia de color, lo que garantiza una medición óptica confiable.
Equipo y habilidad	Especializado Requiere cristalería, condiciones de laboratorio controladas y personal capacitado.	Simplificado . No requiere cristalería ni personal altamente especializado. Se puede utilizar en entornos de producción.
Seguridad y medio ambiente	Menor seguridad Implica el manejo de productos químicos peligrosos y solventes inflamables.	Alta seguridad Mejora significativamente la seguridad del operador y reduce el impacto ambiental.

Bibliografia

International Fragrance Association (IFRA). (2019). *Analytical method for the determination of peroxide value* (Revised version). Retrieved from <https://d3t14p1xronwr0.cloudfront.net/docs/Analytical-methods/20190910-revised-ifra-analytical-method-on-peroxide-value.pdf>

ISO. (n.d.). *ISO 18321: Essential oils — Determination of peroxide value*. International Organization for Standardization. Retrieved from <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:18321:ed-1:v1:en>

Ministry of Health, Republic of Croatia. (2024). *Guidance on essential oils in cosmetics* (2nd ed.). Retrieved from https://zdravlje.gov.hr/UserDocsImages/2025_Objave/Guidance%20on%20essential%20oils%20in%20cosmetic%202nd-edition%202024.PDF

Ecosystem. (n.d.). *What are the differences between essential oils and vegetable oils?* Retrieved from <https://www.ecosystem.fr/en/article/200/what-are-the-differences-between-essential-oils-and-vegetable-oils>

Żukowska, G., & Durczyńska, Z. (n.d.). *Properties and applications of essential oils: A review*. Retrieved from <https://www.jeeng.net/pdf-177404-98686?filename=98686.pdf>