

## Aceites naturales de origen vegetal en la industria moderna

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

P2614

### Introducción

Los aceites vegetales naturales representan una categoría estratégica de lípidos de origen biológico, cada vez más utilizados en los sectores cosmético, nutricional, farmacéutico y de alimentos funcionales. La transición progresiva de los aceites minerales derivados del petróleo a los lípidos vegetales renovables refleja tanto la presión regulatoria como la demanda de los consumidores de ingredientes sostenibles y biológicamente activos.

A diferencia de los aceites minerales, que son mezclas de hidrocarburos químicamente inertes, los aceites naturales son matrices biológicamente complejas capaces de proporcionar funcionalidad estructural junto con propiedades bioactivas. Su compatibilidad con las membranas biológicas, las vías metabólicas y las estructuras lipídicas dérmicas los hace especialmente adecuados para aplicaciones de alto valor.

En las formulaciones industriales modernas, los aceites vegetales ya no se consideran simples excipientes o portadores. Funcionan como ingredientes activos capaces de modular la reparación de la barrera cutánea, el equilibrio oxidativo, la nutrición lipídica y la biodisponibilidad de los fármacos. Su relevancia industrial se extiende a cosméticos y productos de cuidado personal, alimentos funcionales, complementos alimenticios y preparados farmacéuticos.

### Composición química

El comportamiento funcional de los aceites naturales está determinado por su arquitectura bioquímica, que difiere significativamente de la de los aceites minerales. Los aceites vegetales se componen principalmente de triglicéridos, que suelen representar alrededor del 98 % de su composición total. La fracción restante, comúnmente denominada fracción insaponificable, aunque cuantitativamente menor, contiene compuestos de alto valor biológico y tecnológico. Esta fracción incluye fitoesteroles, ácidos fenólicos, tocoles como tocoferoles y tocotrienoles, y carotenoides.

Los fitoesteroles contribuyen a la estabilización de las membranas celulares y son ampliamente reconocidos por sus propiedades reductoras del colesterol cuando se incorporan a alimentos funcionales. Los ácidos fenólicos, como el cafeico, el ferúlico y el p-cumárico, ejercen actividad antioxidante neutralizando las especies reactivas de oxígeno. Los tocoles actúan como antioxidantes

liposolubles que protegen los ácidos grasos insaturados de la degradación oxidativa, prolongando así su vida útil y preservando su integridad nutricional. Los carotenoides contribuyen tanto a la pigmentación como a la protección contra el daño fotooxidativo. El perfil de ácidos grasos influye aún más en el rendimiento industrial. Los aceites ricos en ácidos grasos monoinsaturados, como el ácido oleico, generalmente presentan una mayor estabilidad oxidativa, mientras que aquellos con altos niveles de ácidos grasos poliinsaturados ofrecen mayores beneficios nutricionales, pero requieren un control de estabilidad más estricto.

Los métodos de extracción y procesamiento influyen significativamente en la calidad final. El prensado mecánico en frío preserva la integridad de la fracción insaponificable, mientras que la extracción con solventes y los procesos de refinamiento agresivos pueden reducir el contenido de compuestos bioactivos, lo que resulta en una mejor estabilidad del color y la oxidación.

### Propiedades y aplicaciones

La naturaleza multifuncional de los aceites vegetales permite su integración en múltiples sectores industriales.

En el ámbito farmacéutico, los aceites naturales se utilizan ampliamente como vehículos solubilizantes para principios activos poco solubles en agua. Mejoran la biodisponibilidad oral en cápsulas blandas y soluciones orales, y actúan como componentes lipídicos en emulsiones para nutrición parenteral. Los aceites altamente refinados, como el de soja o el de sésamo, se seleccionan según las normas farmacopeicas y los requisitos de pureza. Su composición de ácidos grasos influye directamente en la tolerancia metabólica y la estabilidad.

En la industria cosmética y de cuidado personal, los aceites vegetales actúan como emolientes, reparadores de la barrera cutánea y tratamientos activos. Se prefieren los aceites poco comedogénicos, como el de almendras o el de pepitas de uva, para formulaciones faciales, mientras que los aceites más saturados ofrecen protección oclusiva en productos para pieles secas o dañadas. Su fracción antioxidante contribuye a los efectos antienvjecimiento y a la mitigación del estrés oxidativo.

En los alimentos funcionales y los complementos alimenticios, se seleccionan aceites específicos por su perfil lipídico y sus compuestos bioactivos. El aceite de oliva virgen extra es reconocido

internacionalmente como alimento funcional gracias a su alto contenido en ácidos grasos monoinsaturados y fracción fenólica, ambos asociados con beneficios cardiovasculares y antiinflamatorios.

Las aplicaciones industriales suelen requerir la optimización de la estabilidad. Procesos como la hidrogenación modifican el comportamiento de fusión y la resistencia a la oxidación, mientras que la esterificación controlada genera emolientes a medida con mejores propiedades sensoriales y menor untuosidad.

Dada su complejidad química y su susceptibilidad a la oxidación y la hidrólisis, los aceites naturales requieren un control analítico riguroso. Es necesario monitorear parámetros como **índice de acidez**, el **índice de peróxido** y el **contenido de anisidina** y el **índice de yodo**. Es fundamental garantizar la seguridad, la vida útil y el cumplimiento de las normas reglamentarias. Los sistemas analíticos modernos, diseñados para una rápida evaluación de la calidad, permiten a los fabricantes mantener un rendimiento constante, minimizando al mismo tiempo el uso de disolventes y la preparación de muestras.

### **Monitoreo de la oxidación del aceite: parámetros críticos para el control de calidad.**

La oxidación del aceite, comúnmente conocida como **rancidez**, es un proceso de degradación inevitable pero controlable que afecta directamente la calidad, la seguridad y el valor comercial de los aceites comestibles y funcionales. La oxidación comienza con la formación de **hidroperóxidos** como **productos primarios** y progresa a **compuestos secundarios** como **aldehídos**, **cetonas** y otros **derivados carbonílicos** responsables del olor y sabor rancio. Debido a que los aceites están continuamente expuestos al oxígeno, la luz, el calor, la humedad y los metales traza durante su procesamiento y almacenamiento, un control analítico riguroso es esencial para limitar el deterioro y las pérdidas económicas.

Entre los parámetros más utilizados para evaluar la oxidación se encuentran el **Índice de Peróxido (IP)**, el **Índice de Anisidina (IA)** y el **Índice Totox**. El IP mide los hidroperóxidos formados en las primeras etapas de la oxidación y proporciona un índice de la degradación lipídica inicial. Sin embargo, a medida que la oxidación progresa, los hidroperóxidos se descomponen en productos secundarios, lo que provoca una disminución del IP a pesar del deterioro de la calidad. Por esta razón, el IA se utiliza para cuantificar los compuestos aldehídicos de oxidación secundaria, en particular los 2-

alquenales y los 2,4-dienales, que están directamente asociados con las características sensoriales de rancidez. Para obtener una evaluación más completa del estado oxidativo, el Índice Totox se calcula como  $IA + 2IP$ , proporcionando un indicador integrado de las etapas de oxidación primaria y secundaria. Desde una perspectiva industrial, la oxidación provoca pérdidas durante el refinado, una reducción de la vida útil y una disminución de la aceptabilidad del producto en aplicaciones alimentarias, ganaderas y cosméticas. Por lo tanto, **el monitoreo continuo de PV, AV y Totox durante todo el proceso de elaboración y almacenamiento es esencial para garantizar la estabilidad del producto**, el cumplimiento normativo y la sostenibilidad económica.

### **Métodos de titulación oficiales tradicionales frente al análisis fotométrico rápido.**

La determinación formal de parámetros de oxidación y acidez en aceites, como el índice de peróxido, el índice de anisidina y los ácidos grasos libres, se realiza tradicionalmente mediante métodos de titulación estandarizados descritos en los protocolos **AOCS** e **ISO**. Estos procedimientos suelen requerir grandes volúmenes de disolvente, preparación de material de vidrio, estandarización de reactivos, corrección de blancos y una detección precisa del punto final. Además, los operadores deben manipular disolventes orgánicos inflamables, ácidos y bases corrosivos y reactivos fotosensibles. El flujo de trabajo analítico puede ser laborioso y, a menudo, requiere una preparación de muestras considerable y experiencia en el laboratorio para garantizar la reproducibilidad y el cumplimiento de las normas.

En cambio, el sistema **CDR FoodLab®** aplica un método analítico fotométrico que utiliza reactivos preenvasados en viales y microcantidades de muestra. Este método elimina la necesidad de preparación de disolventes, etapas de reflujo o titulación manual, reduciendo significativamente los tiempos de análisis y la variabilidad del operador. Los resultados se obtienen en minutos, lo que permite la toma de decisiones en tiempo real durante la recepción, el procesamiento y el almacenamiento de la materia prima. El menor uso de productos químicos peligrosos aumenta la seguridad del operador y reduce el impacto ambiental. Además, el pequeño volumen de muestra minimiza la interferencia del color del aceite y la complejidad de la matriz, lo que garantiza mediciones fiables incluso en aceites oscuros o altamente pigmentados.

Desde una perspectiva operativa, si bien los métodos de titulación oficiales siguen siendo la referencia reglamentaria, los sistemas fotométricos rápidos ofrecen una alternativa práctica y amigable

para la industria en el control de calidad rutinario, lo que permite a los fabricantes mantener una monitorización continua con mayor eficiencia, seguridad y control de costes.

Característica	Métodos oficiales tradicionales (titulación)	CDR FoodLab®
<b>Metodología</b>	Titulación yodométrica para el <b>índice de peróxido</b> , titulación ácido-base para la <b>acidez</b> , método espectrofotométrico para el <b>índice de anisidina</b> según las normas AOCS/ISO.	Análisis fotométrico con métodos precalibrados y lectura espectrofotométrica.
<b>Estado regulatorio</b>	Métodos de referencia definidos por las normas AOCS, ISO, ASTM y EN.	Métodos cuyos resultados se correlacionan con los de los procedimientos de referencia oficiales para el control de calidad rutinario y la monitorización de procesos.
<b>Reactivos y disolventes</b>	Requiere la preparación y manipulación de productos químicos peligrosos como ácido acético glacial, isoocetano, hidróxido de potasio y titulantes estandarizados.	Reactivos preenvasados y listos para usar. No es necesario preparar grandes volúmenes de disolventes ni manipular productos químicos peligrosos a granel.
<b>Tiempo de análisis</b>	Procedimiento extenso que incluye la estandarización de reactivos, la corrección del blanco y pasos de titulación manual.	Análisis rápido con resultados disponibles en minutos.
<b>Preparación de la muestra</b>	Requiere un pesaje preciso, la disolución del disolvente y condiciones de reacción controladas.	Preparación mínima o nula de la muestra.
<b>Volumen de muestra</b>	Cantidades analíticas estándar con un consumo significativo de disolvente.	Se utilizan microcantidades de muestra.
<b>Interferencia de matriz</b>	La detección del punto final puede verse influenciada por el color del aceite o la subjetividad del operador.	Mínima interferencia de la matriz debido al pequeño volumen de la muestra y a la lectura óptica objetiva.
<b>Requisitos del equipo</b>	Se requiere material de vidrio de laboratorio, buretas, sistemas de reflujo y un entorno de laboratorio controlado.	Instrumento compacto, adecuado para entornos de laboratorio y producción.
<b>Nivel de habilidad del operador</b>	Se requiere personal de laboratorio cualificado y con experiencia en técnicas de titulación.	Diseñado para uso industrial rutinario, no requiere personal altamente especializado.
<b>Seguridad e impacto ambiental</b>	Este proceso implica el uso de disolventes inflamables, ácidos corrosivos y soluciones alcalinas, lo que conlleva un aumento en la producción de residuos químicos.	Mayor seguridad para los operarios, menor manipulación de productos químicos y menor impacto ambiental.
<b>Aplicación operativa</b>	Adecuado para pruebas de conformidad oficiales y certificación por laboratorios externos.	Ideal para la monitorización en tiempo real, la aceptación de materia prima y el control en proceso.

## Bibliografía

American Oil Chemists' Society (AOCS). (n.d.). *Official Method Cd 8b-90: Peroxide Value, Acetic Acid-Isooctane Method*. Champaign, IL, USA: AOCS Press.

American Oil Chemists' Society (AOCS). (n.d.). *Official Method Cd 18-90: p-Anisidine Value*. Champaign, IL, USA: AOCS Press.

American Oil Chemists' Society (AOCS). (n.d.). *Official Method Ca 5a-40: Free Fatty Acids*. Champaign, IL, USA: AOCS Press.

Gunstone, F. D. (2011). *Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses*. Wiley-Blackwell.