

Oli naturali di origine vegetale nell'industria moderna

Dott.ssa Francesca Bruni, ricercatrice presso il CDR Laboratorio Chimico "Francesco Bonicolini"

P2614

Introduzione

Gli oli naturali di origine vegetale rappresentano una categoria strategica di lipidi di origine biologica sempre più adottati nei settori cosmetico, nutrizionale, farmaceutico e degli alimenti funzionali. La transizione progressiva dagli oli minerali derivati dal petrolio ai lipidi vegetali rinnovabili riflette sia la pressione normativa sia la domanda dei consumatori di ingredienti sostenibili e biologicamente attivi.

A differenza degli oli minerali, che sono miscele di idrocarburi chimicamente inerti, gli oli naturali sono matrici biologicamente complesse in grado di fornire funzionalità strutturale insieme a proprietà bioattive. La loro compatibilità con le membrane biologiche, le vie metaboliche e le strutture lipidiche del derma li rende particolarmente adatti per applicazioni di alto valore.

Nelle moderne formulazioni industriali, gli oli vegetali non sono più considerati semplici vettori o eccipienti. Funzionano come ingredienti attivi in grado di modulare la riparazione della barriera cutanea, l'equilibrio ossidativo, la nutrizione lipidica e la biodisponibilità dei farmaci. La loro rilevanza industriale si estende ai cosmetici e ai prodotti per la cura della persona, agli alimenti funzionali, agli integratori alimentari e ai preparati farmaceutici.

Composizione chimica

Il comportamento funzionale degli oli naturali è determinato dalla loro architettura biochimica, che differisce significativamente da quella degli oli minerali. Gli oli vegetali sono composti principalmente da trigliceridi, che in genere rappresentano circa il 98% della composizione totale. La frazione rimanente, comunemente definita frazione insaponificabile, sebbene quantitativamente minore, contiene composti di elevato valore biologico e tecnologico. Questa frazione comprende fitosteroli, acidi fenolici, tocoli come tocoferoli e tocotrienoli e carotenoidi. I fitosteroli contribuiscono alla stabilizzazione delle membrane cellulari e sono ampiamente riconosciuti per le loro proprietà ipocolesterolemizzanti quando incorporati negli alimenti funzionali. Gli acidi fenolici, come l'acido caffeico, ferulico e p-cumarico, svolgono un'attività antiossidante neutralizzando le specie reattive dell'ossigeno. I tocoli agiscono come antiossidanti liposolubili che proteggono gli acidi grassi insaturi dalla degradazione ossidativa, prolungando così la durata di conservazione e preservando l'integrità nutrizionale. I carotenoidi

contribuiscono sia alla pigmentazione che all'attività protettiva contro i danni fotoossidativi. Il profilo degli acidi grassi influenza ulteriormente le prestazioni industriali. Gli oli ricchi di acidi grassi monoinsaturi, come l'acido oleico, presentano generalmente una maggiore stabilità ossidativa, mentre quelli contenenti livelli elevati di acidi grassi polinsaturi offrono maggiori benefici nutrizionali ma richiedono un controllo di stabilità più rigoroso. I metodi di estrazione e lavorazione influenzano significativamente la qualità finale. La pressatura meccanica a freddo preserva l'integrità della frazione insaponificabile, mentre l'estrazione con solventi e le fasi di raffinazione aggressive possono ridurre il contenuto di sostanze bioattive a vantaggio di un miglioramento del colore e della stabilità ossidativa.

Proprietà e applicazioni

La natura multifunzionale degli oli di origine vegetale ne consente l'integrazione in molteplici settori industriali.

In ambito farmaceutico, gli oli naturali sono ampiamente utilizzati come veicoli solubilizzanti per principi attivi scarsamente solubili in acqua. Migliorano la biodisponibilità orale in capsule molli e soluzioni orali e fungono da componenti lipidici nelle emulsioni per nutrizione parenterale. Oli altamente raffinati come l'olio di soia o di sesamo vengono selezionati in base agli standard farmacopeici e ai requisiti di purezza. La loro composizione in acidi grassi influenza direttamente la tolleranza metabolica e la stabilità.

Nel settore cosmetico e della cura della persona, gli oli vegetali agiscono come emollienti, agenti riparatori della barriera cutanea e trattamenti attivi. Gli oli a basso potenziale comedogenico, come l'olio di mandorle o di semi d'uva, sono preferiti per le formulazioni per il viso, mentre gli oli più saturi offrono protezione occlusiva nei prodotti destinati a pelli secche o danneggiate. La loro frazione antiossidante contribuisce all'azione anti-età e alla mitigazione dello stress ossidativo.

Negli alimenti funzionali e negli integratori alimentari, gli oli specifici vengono selezionati per il loro profilo lipidico e i composti bioattivi. L'olio extravergine di oliva è riconosciuto a livello internazionale come alimento funzionale grazie all'elevato contenuto di acidi grassi monoinsaturi e alla frazione fenolica, entrambi associati a benefici cardiovascolari e antinfiammatori.

Le applicazioni industriali richiedono spesso l'ottimizzazione della stabilità. Processi come

l'idrogenazione modificano il comportamento di fusione e la resistenza all'ossidazione, mentre l'esterificazione controllata genera emollienti su misura con proprietà sensoriali migliorate e ridotta untuosità.

Data la loro complessità chimica e la suscettibilità all'ossidazione e all'idrolisi, gli oli naturali richiedono un rigoroso controllo analitico. Il monitoraggio di parametri quali **acidità, numero di perossidi, valore di anisidina e numero di iodio** è essenziale per garantire la sicurezza, la durata di conservazione e la conformità agli standard normativi. I moderni sistemi analitici progettati per una rapida valutazione della qualità consentono ai produttori di mantenere prestazioni costanti, riducendo al minimo l'uso di solventi e la preparazione dei campioni.

Monitoraggio dell'ossidazione dell'olio: parametri critici per il controllo qualità

L'ossidazione degli oli, comunemente nota come **irrancimento**, è un processo di degradazione inevitabile, ma controllabile, che influisce direttamente sulla qualità, la sicurezza e il valore commerciale degli oli commestibili e funzionali. L'ossidazione inizia con la formazione di **idroperossidi** come **prodotti primari** e progredisce verso **composti secondari** come **aldeidi, chetoni** e altri **derivati carbonilici** responsabili dell'odore e del sapore rancido. Poiché gli oli sono continuamente esposti a ossigeno, luce, calore, umidità e tracce di metalli durante la lavorazione e lo stoccaggio, un rigoroso monitoraggio analitico è essenziale per limitare il deterioramento e le perdite economiche. Tra i parametri più ampiamente adottati per la valutazione dell'ossidazione vi sono il **Numero di Perossido (PV)**, il **Valore di Anisidina (AV)** e il **Valore del Totox**. Il PV misura gli idroperossidi formati nelle prime fasi dell'ossidazione e fornisce un indice della degradazione lipidica iniziale. Tuttavia, con il progredire dell'ossidazione, gli idroperossidi si decompongono in prodotti secondari, causando una diminuzione del PV nonostante il peggioramento della qualità. Per questo motivo, l'AV viene utilizzato per quantificare i composti aldeidici di ossidazione secondaria, in particolare i 2-alchenali e i 2,4-dienali, che sono direttamente associati alle caratteristiche sensoriali di rancido. Per ottenere una valutazione più completa dello stato ossidativo, il valore Totox viene calcolato come $AV + 2PV$, offrendo un indicatore integrato sia delle fasi di ossidazione primaria che secondaria.

Dal punto di vista industriale, l'ossidazione comporta perdite durante la raffinazione, una

riduzione della durata di conservazione e un'accettabilità compromessa del prodotto in applicazioni alimentari, zootecniche e cosmetiche. Pertanto, **il controllo continuo di PV, AV e Totox durante l'intero processo di lavorazione e stoccaggio è indispensabile per garantire la stabilità del prodotto**, la conformità normativa e la sostenibilità economica.

Metodi di titolazione ufficiali tradizionali vs. analisi fotometrica rapida

La determinazione ufficiale dei parametri di ossidazione e acidità negli oli, come il valore di perossido, il valore di anisidina e gli acidi grassi liberi, viene tradizionalmente eseguita utilizzando metodi di titolazione standardizzati descritti nei **protocolli AOCS** e ISO. Queste procedure richiedono in genere grandi volumi di solvente, la preparazione della vetreria, la standardizzazione dei reagenti, le correzioni del bianco e un'attenta rilevazione del punto finale. Inoltre, gli operatori devono maneggiare solventi organici infiammabili, acidi e basi corrosivi e reagenti fotosensibili. Il flusso di lavoro analitico può essere dispendioso in termini di tempo, spesso richiedendo una preparazione significativa del campione e competenze di laboratorio per garantire la riproducibilità e la conformità.

Al contrario, il sistema **CDR FoodLab®** applica un approccio analitico fotometrico utilizzando reagenti pre-confezionati in fiale e micro-quantità di campione. Il metodo elimina la necessità di preparazione del solvente, fasi di reflusso o titolazione manuale, riducendo significativamente i tempi di analisi e la variabilità dell'operatore. I risultati si ottengono in pochi minuti, consentendo un processo decisionale in tempo reale durante l'accettazione, la lavorazione e lo stoccaggio delle materie prime. Il ridotto utilizzo di sostanze chimiche pericolose aumenta la sicurezza dell'operatore e diminuisce l'impatto ambientale. Inoltre, il piccolo volume del campione riduce al minimo le interferenze dovute al colore dell'olio e alla complessità della matrice, garantendo misurazioni affidabili anche in oli scuri o altamente pigmentati.

Dal punto di vista operativo, sebbene i metodi di titolazione ufficiali rimangano il riferimento normativo, i sistemi fotometrici rapidi offrono un'alternativa pratica e adatta al settore per il controllo di qualità di routine, consentendo ai produttori di mantenere un monitoraggio continuo con maggiore efficienza, sicurezza e controllo dei costi.

Caratteristica	Metodi ufficiali tradizionali (titolazione)	Sistema CDR FoodLab®
Metodologia	Titolazione iodometrica per il numero di perossidi , titolazione acido-base per l' acidità , metodo spettrofotometrico per il valore di anisidina secondo gli standard AOCS/ISO.	Analisi fotometrica con metodi pre-calibrati e lettura spettrofotometrica.
Stato normativo	Metodi di riferimento definiti dalle norme AOCS, ISO, ASTM e EN.	Metodi i cui risultati sono correlati a quelli delle procedure di riferimento ufficiali per il controllo di qualità di routine e il monitoraggio dei processi.
Reagenti e solventi	Richiede la preparazione e la manipolazione di sostanze chimiche pericolose come acido acetico glaciale, isottano, idrossido di potassio e titolanti standardizzati.	Reagenti pronti all'uso e pre-infiati. Nessuna preparazione di grandi volumi di solventi e nessuna manipolazione di sostanze chimiche pericolose sfuse.
Tempo di analisi	Procedura lunga che prevede la standardizzazione dei reagenti, la correzione del bianco e fasi di titolazione manuale.	Analisi rapida con risultati disponibili in pochi minuti.
Preparazione del campione	Richiede pesatura accurata, dissoluzione del solvente e condizioni di reazione controllate.	Preparazione del campione minima o nulla.
Volume campione	Quantità analitiche standard con un consumo significativo di solvente.	Si usano microquantità di campione.
Interferenza di matrice	Il rilevamento del punto finale può essere influenzato dal colore dell'olio o dalla soggettività dell'operatore.	Interferenze minime della matrice grazie al piccolo volume del campione e alla lettura ottica oggettiva.
Attrezzatura Requisiti	Sono necessari vetreria da laboratorio, burette, sistemi di riflusso e un ambiente di laboratorio controllato.	Strumento compatto, adatto ad ambienti di laboratorio e di produzione.
Livello di competenza dell'operatore	Richiede personale di laboratorio qualificato ed esperto nelle tecniche di titolazione.	Progettato per l'uso industriale di routine, non richiede personale altamente specializzato.
Sicurezza e impatto ambientale	Implica l'utilizzo di solventi infiammabili, acidi corrosivi e soluzioni alcaline, con conseguente maggiore produzione di rifiuti chimici.	Maggiore sicurezza per gli operatori, riduzione della manipolazione di sostanze chimiche e minore impatto ambientale.
Applicazione operativa	Adatto per test di conformità ufficiali e certificazione da parte di laboratori esterni.	Ideale per il monitoraggio in tempo reale, l'accettazione delle materie prime e il controllo in corso di processo.

Bibliografia

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.