

Oli essenziali: composizione, applicazioni e considerazioni analitiche

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

Introduzione

Gli oli essenziali sono miscele complesse di composti organici volatili sintetizzati naturalmente dalle piante come parte del loro metabolismo secondario. Sono tipicamente ottenuti tramite distillazione a vapore, idrodistillazione, spremitura a freddo nel caso delle scorze di agrumi o altri processi di estrazione meccanica. I prodotti risultanti sono generalmente liquidi idrofobi, parzialmente o completamente insolubili in acqua, caratterizzati da elevata volatilità e da un aroma caratteristico e intenso.

Il termine "essenziale" si riferisce alla loro funzione di essenza della pianta, ovvero la frazione responsabile della sua fragranza caratteristica e della sua attività biologica. Da un punto di vista biologico, gli oli essenziali svolgono molteplici ruoli nella fisiologia vegetale. Contribuiscono ai meccanismi di difesa contro erbivori e microrganismi patogeni, supportano la protezione dai fattori di stress ambientale, partecipano ai processi di comunicazione tra le piante e attraggono gli impollinatori.

Composizione chimica

Gli oli essenziali sono composti prevalentemente da composti terpenoidi, insieme a frazioni minori di fenilpropanoidi e altre molecole aromatiche. I terpeni rappresentano la classe principale e sono costituiti da unità isopreniche, ciascuna contenente cinque atomi di carbonio. I terpeni sono classificati in base al numero di tali unità: emiterpeni (1 unità isoprenica, 5 atomi di carbonio), monoterpeni (2 unità, 10 atomi di carbonio), sesquiterpeni (3 unità), diterpeni (4 unità) fino a 8 unità.

I monoterpeni sono generalmente i costituenti più abbondanti negli oli essenziali e sono responsabili della loro elevata volatilità. Sesquiterpeni e diterpeni, che hanno un peso molecolare più elevato, contribuiscono a creare note aromatiche più intense e persistenti. La proporzione relativa di terpeni a basso e alto peso molecolare determina se una secrezione vegetale si comporta come un olio essenziale volatile o come una resina semisolida. Gli oli essenziali rimangono liquidi a temperatura ambiente a causa della predominanza di composti volatili a basso peso molecolare. Molti composti terpenoidi mostrano un'attività biologica documentata, tra cui effetti antimicrobici, antivirali, antinfiammatori e antiossidanti. Tra gli esempi figurano gli oli essenziali derivati da pino, limone, rosmarino e tea tree.

Proprietà e usi

Gli oli essenziali presentano un ampio spettro di attività biologiche direttamente correlate alla loro composizione chimicamente diversificata, che include terpeni, fenoli, alcoli e altri composti volatili. La loro natura lipofila facilita l'interazione con le membrane biologiche, contribuendo agli effetti antimicrobici, antivirali, antinfiammatori e antiossidanti, nonché all'attività di rilassamento della muscolatura liscia. Oltre alla loro attività biologica, gli oli essenziali sono ampiamente utilizzati in formulazioni cosmetiche e per la cura della persona, sistemi di conservazione naturali, profumazioni ambientali e prodotti per l'igiene domestica, sia per le loro proprietà funzionali che per i loro aromi caratteristici. Nelle applicazioni topiche vengono generalmente utilizzati in forma diluita, poiché diversi oli essenziali possono causare irritazione o sensibilizzazione se applicati non diluiti, mentre alcuni oli derivati dagli agrumi possono indurre fotosensibilità a causa del contenuto di furanocumarine. In aromaterapia, l'inalazione tramite sistemi di diffusione o vapore stimola le vie olfattive che possono influenzare le risposte emotive e autonome, con effetti segnalati tra cui riduzione dello stress, modulazione del sonno, miglioramento dell'umore e lieve supporto analgesico o antiemetico.

Meccanismi di ossidazione negli oli essenziali

Sebbene gli oli essenziali siano spesso associati a proprietà antiossidanti, la loro composizione chimica li rende intrinsecamente suscettibili alla degradazione ossidativa. A differenza degli oli vegetali, che sono matrici lipidiche composte principalmente da trigliceridi e acidi grassi insaturi, gli oli essenziali non sono sistemi lipidici. Sono miscele complesse di composti volatili a basso peso molecolare, prevalentemente monoterpeni e sesquiterpeni insaturi.

Negli oli vegetali, l'ossidazione coinvolge principalmente gli acidi grassi insaturi e segue i classici percorsi di autossidazione lipidica, portando alla formazione di idroperossidi lipidici e composti aldeidici secondari. Al contrario, l'ossidazione negli oli essenziali riguarda principalmente le molecole terpeniche, che possono reagire facilmente con l'ossigeno atmosferico attraverso meccanismi di autossidazione mediati dai radicali.

Monoterpeni come limonene, linalolo e α -pinene sono particolarmente soggetti a ossidazione.

Durante la conservazione e l'esposizione a luce, calore o ossigeno, questi composti possono formare idroperossidi terpenici, epossidi, aldeidi e chetoni, prodotti di riarrangiamento secondario. Ad esempio, il limonene può essere convertito in idroperossidi di limonene, il linalolo in ossidi di linalolo e il pinene in ossidi di pinene. Questi prodotti di ossidazione non solo sono responsabili di alterazioni del profilo aromatico, con lo sviluppo di note sgradevoli e perdita di freschezza, ma possono anche aumentare il potenziale di sensibilizzazione dell'olio.

Dal punto di vista normativo, i terpeni ossidati destano particolare preoccupazione nel settore delle fragranze e dei cosmetici. Diversi prodotti di ossidazione sono stati identificati come potenziali sensibilizzanti cutanei e sono soggetti a controlli ai sensi degli standard IFRA e delle valutazioni di sicurezza cosmetica. Pertanto, il monitoraggio dei prodotti di ossidazione primaria non è solo una questione di qualità organolettica, ma anche di rilevanza tossicologica.

L'elevata volatilità e la reattività chimica delle matrici ricche di terpeni complicano ulteriormente il controllo della stabilità. L'ossidazione può essere accelerata da condizioni di conservazione improprie, tra cui l'esposizione all'ossigeno, a temperature elevate e ai raggi ultravioletti. Il confezionamento in contenitori di vetro scuro, la riduzione dell'ossigeno nello spazio di testa e il controllo delle temperature di conservazione sono comunemente raccomandati per limitare la degradazione ossidativa.

Per questi motivi, la valutazione della stabilità ossidativa rappresenta un passaggio fondamentale nel controllo della qualità degli oli essenziali e fornisce la base scientifica per la determinazione di parametri analitici come il valore di perossido.

Metodi ufficiali per l'analisi chimica

I parametri chiave per il monitoraggio della qualità degli oli essenziali sono il **numero di perossidi** e il **valore di acidi grassi liberi**, che forniscono informazioni sulla degradazione ossidativa e sulla stabilità chimica. Le linee guida del settore sono supportate da organizzazioni come l'**International Fragrance Association (IFRA)** e la **European Federation of Essential Oils**, che definiscono i quadri analitici e di sicurezza per le applicazioni commerciali.

La determinazione del **numero di perossidi** viene comunemente eseguita secondo il **metodo analitico IFRA per il numero di perossidi**, basato sulla titolazione iodometrica. Il metodo quantifica gli idroperossidi formati durante le prime fasi dell'ossidazione ed esprime i risultati come **milliequivalenti di ossigeno attivo per**

chilogrammo (meq O₂/kg) o, in alternativa, come **millimoli di perossido per litro (mmol/L)**.

L'analisi viene condotta in un mezzo organico acido, tipicamente una miscela di acido acetico glaciale e isoottano, seguita dalla titolazione dello iodio liberato con tiosolfato di sodio standardizzato. A causa della volatilità e della reattività delle matrici ricche di terpeni, è necessario un rigoroso controllo dell'esposizione alla luce, della standardizzazione dei reagenti e della correzione del bianco per garantire la riproducibilità.

La determinazione del **valore di acidi grassi liberi** viene eseguita secondo la **norma ISO 1242**, che definisce un metodo di titolazione acido-base per la quantificazione dei costituenti acidi liberi negli oli volatili. Il campione viene sciolto in solvente alcolico neutralizzato e titolato con idrossido di potassio standardizzato, con risultati espressi in **mg KOH per grammo di campione (mg KOH/g)**. Un'acidità elevata può indicare degradazione idrolitica o ossidativa e condizioni di conservazione inadeguate. Il metodo richiede un'attenta manipolazione di solventi infiammabili e reagenti alcalini, nonché attenzione alle perdite per evaporazione dovute alla natura volatile degli oli essenziali.

Data l'elevata reattività chimica dei sistemi ricchi di terpeni, è essenziale ridurre al minimo l'esposizione ossidativa durante la conservazione e la lavorazione. Allo stesso tempo, i protocolli di controllo qualità dovrebbero mirare a ridurre i tempi di manipolazione e analisi dei campioni, garantendo al contempo un monitoraggio accurato e affidabile della stabilità ossidativa.

Un approccio alternativo all'analisi: il sistema CDR FoodLab®

Contrariamente ai metodi convenzionali di titolazione iodometrica e acido-base, che richiedono volumi significativi di solvente, vetreria, condizioni di laboratorio controllate e personale qualificato, **CDR FoodLab®** fornisce un'alternativa rapida e semplificata per la determinazione dei parametri ossidativi chiave: **valore dell'acidità** e il **numero dei perossidi**.

Basato sull'analisi fotometrica con reagenti pronti all'uso, il sistema fornisce risultati in pochi minuti, consentendo un controllo di qualità immediato al ricevimento delle materie prime, durante lo stoccaggio o direttamente negli ambienti di produzione. Il metodo richiede solo microquantità di campione, un vantaggio importante quando si analizzano oli essenziali con intensa colorazione intrinseca, poiché il volume minimo di campione previene l'interferenza del colore e garantisce una misurazione ottica affidabile. L'assenza di solventi organici tossici migliora significativamente la

sicurezza dell'operatore e riduce l'impatto ambientale rispetto alle tecniche di titolazione classiche. Il sistema non richiede personale altamente specializzato, rendendo il controllo analitico accessibile anche alle piccole e medie imprese produttive. La sua versatilità consente l'applicazione sia a oli liquidi che a grassi solidi, coprendo un'ampia gamma di materie prime.



Confronto dei metodi analitici per gli oli essenziali

Caratteristica	Metodi ufficiali tradizionali (titolazione)	Sistema CDR FoodLab®
Metodologia	Titolazione Titolazione iodometrica (numero di perossidi) o titolazione acido-base ISO 1242 (valore di acidi grassi liberi).	Analisi fotometrica Lettura spettrofotometrica.
Reagenti e solventi	Complesso e pericoloso Richiede solventi organici tossici (ad esempio, acido acetico glaciale, isoottano), solventi infiammabili e reagenti alcalini (KOH).	pronti all'uso e più sicuri . Non sono richiesti solventi organici tossici.
Tempo di analisi	Lungo Richiede preparazione, standardizzazione dei reagenti e correzione del bianco.	Rapido Fornisce risultati in pochi minuti.
Volume del campione	Standard Richiede volumi significativi di solvente e quantità standard di campione.	Microquantità Richiede solo una quantità molto piccola di campione.
Interferenza	Rischio di interferenza cromatica L'intensa colorazione intrinseca degli oli essenziali può rendere difficile la visualizzazione dei punti finali della titolazione.	Nessuna interferenza Il volume minimo del campione previene le interferenze cromatiche, garantendo misurazioni ottiche affidabili.
Attrezzatura e abilità	Specializzato Richiede vetreria, condizioni di laboratorio controllate e personale qualificato.	Semplificato Non richiede vetreria o personale altamente specializzato. Può essere utilizzato in ambienti di produzione.
Sicurezza e ambiente	Sicurezza inferiore: comporta la manipolazione di sostanze chimiche pericolose e solventi infiammabili.	Elevata sicurezza Migliora significativamente la sicurezza dell'operatore e riduce l'impatto ambientale.

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>