



Thymus vulgaris. Molti oli essenziali hanno dimostrato una notevole attività antimicrobica, che li rende interessanti per l'industria alimentare come agenti conservanti naturali.

Foto di Mireille Muggianu

***,**Francesco Donsi**

L'incorporazione degli oli essenziali negli alimenti: benefici, sfide e opportunità

Negli ultimi anni la crescente consapevolezza dell'importanza di uno stile di vita sano e di una dieta equilibrata ha generato un interesse crescente verso quei prodotti alimentari formulati esclusivamente con ingredienti di origine naturale, ovvero senza additivi sintetici aggiunti. La ricerca di alimenti naturali è diventata, quindi, una priorità per molti consumatori. Tuttavia, per molti di loro, non è sempre facile o possibile accedere a una dieta equilibrata basata su ingredienti naturali che contenga tutti i composti nutrizionalmente fondamentali.

Contemporaneamente sta emergendo sempre di più la comprensione del fatto che la dieta rappresenti il primo passo per prendersi cura della propria salute. Di conseguenza i consumatori sono sempre più orientati verso prodotti alimentari che possano contribuire a migliorare il loro benessere. L'intero comparto della filiera agro-alimentare, a partire dai produttori per finire ai trasformatori, ai ristoratori e alle mense, ha dimostrato un crescente interesse per soluzioni basate su composti naturali che possano conferire ai prodotti alimentari una serie di benefici, tra cui migliorarne il sapore e il colore, prolungarne la conservazione e promuovere il benessere e la salute dei consumatori.

Sistemi colloidali avanzati per la veicolazione e il rilascio controllato di oli essenziali in applicazioni alimentari

Negli ultimi anni la crescente richiesta da parte dei consumatori di prodotti più naturali ha favorito l'uso degli oli essenziali come additivi alimentari con elevate proprietà antimicrobiche, antiossidanti e aromatizzanti. Tuttavia l'uso degli oli essenziali è attualmente limitato dalla loro bassa solubilità negli alimenti a base acquosa, dalla loro elevata volatilità, dalla scarsa stabilità, dalla reattività con i componenti alimentari e dall'intenso aroma e sapore. I sistemi di veicolazione colloidali si sono dimostrati estremamente efficienti nell'incapsulamento degli oli essenziali, soprattutto per supportarne l'incorporazione in alimenti reali.

In questo contesto l'incorporazione degli oli essenziali nei prodotti alimentari si è affermata come una promettente opzione per arricchirli di funzionalità aggiuntive. Gli oli essenziali sono miscele naturali di composti volatili, prodotti dalle piante come meccanismo di difesa. Sono caratterizzati da un sapore e un aroma intensi, che favoriscono il loro ampio utilizzo nell'industria dei profumi e come agenti aromatizzanti.

Gli oli essenziali si possono trovare in fiori, boccioli, semi, foglie, rami, cortecce, erbe, legno, frutti e radici e possono essere estratti mediante diversi metodi, sia convenzionali che avanzati. Questi oli vengono utilizzati in una varietà di applicazioni, inclusi profumi, detergenti, antisettici e antimicrobici. Inoltre alcuni di essi presentano benefici per la salute, come attività anticancro e antiossidante (come il timo), anti-infiammatoria (come la camomilla), antidiabetica, espettorante, stimolante del sistema circolatorio (come lo zenzero, il rosmarino e il timo), attività antisettica e antimicrobica (come il timo, l'albero del tè, il chiodo di garofano, la salvia), miglioramento della digestione e dell'assorbimento del cibo (come il rosmarino). Pertanto, sono spesso utilizzati in applicazioni farmaceutiche, nutraceutiche e cosmetiche.

Fino ad oggi migliaia di oli essenziali hanno trovato applicazione nella cucina tradizionale, nella medicina o nella cosmetica. Tra questi, molti oli essenziali hanno dimostrato anche una notevole attività antimicrobica, rendendoli interessanti per l'industria alimentare come agenti conservanti naturali. Ad esempio sono ben noti per le loro proprietà antimicrobiche, antifungine, antivirali, insetticide e repellenti gli oli essenziali di menta, salvia, rosmarino, origano, timo e basilico. Una delle caratteristiche più af-

fascinanti degli oli essenziali è la loro azione antimicrobica "aspecifica". Ciò comporta che, a differenza di molti antibiotici, non contribuiscono allo sviluppo di fenomeni di resistenza antibiotica, in quanto esplicano la loro azione antimicrobica sulla membrana cellulare nel suo insieme, anziché sui suoi siti specifici.

Di conseguenza, grazie alla loro potente attività antimicrobica, gli oli essenziali rappresentano un'attraente risorsa per l'industria alimentare. Tuttavia l'utilizzo degli oli essenziali nei prodotti alimentari è fortemente limitato dalla loro natura idrofobica, che ne riduce la disperibilità nella fase acquosa degli alimenti, dove i microorganismi crescono e proliferano. Inoltre la loro efficacia antimicrobica può essere ridotta a causa dell'interazione con matrici alimentari complesse, contenenti grassi, proteine, carboidrati, minerali ed enzimi, e della loro degradazione in conseguenza dell'esposizione a condizioni di trasformazione e conservazione degli alimenti a temperature elevate, valori estremi di pH, variazioni di attività dell'acqua e forza ionica. Inoltre l'aggiunta degli oli essenziali agli alimenti deve tener conto del loro effetto sulle caratteristiche organolettiche.

Sistemi di Incapsulamento e Veicolazione degli Oli Essenziali per l'Industria Alimentare

Negli ultimi anni, la ricerca ha intensificato gli sforzi nello sviluppo di sistemi di incapsulamento e veicolazione degli oli essenziali all'interno degli alimenti di grado alimentare, al fine di promuovere l'uso come conservanti. In altre parole, è necessario trovare soluzioni per stabilizzare gli oli essenziali in modo che possano essere utilizzati nei prodotti alimentari senza comprometterne l'efficacia o il sapore.

La ricerca scientifica ha contri-

buito allo sviluppo di diverse soluzioni innovative di interesse per l'industria alimentare, con particolare attenzione a quelle adatte all'adozione su larga scala.

Tra le soluzioni più promettenti in termini di scalabilità e applicazioni pratiche, i sistemi colloidali di incapsulamento e veicolazione degli oli essenziali si sono affermati come particolarmente adatti all'industria alimentare. Questi sistemi sono costituiti da particelle o goccioline disperse in fase acquosa, con dimensioni submicrometriche, tipicamente comprese tra 10 e 500 nanometri, ossia inferiori a un milionesimo di metro o a un millesimo di millimetro.

I principali sistemi colloidali utilizzati per l'incapsulamento di composti bioattivi, compresi gli oli essenziali, possono essere suddivisi in due categorie principali: le particelle biopolimeriche (Figura 1) e i nanovettori a base lipidica (Figura 2).

Le particelle biopolimeriche sono costituite da una matrice di biopolimeri, macromolecole quali carboidrati o proteine, che sono disperse in fase acquosa. Queste particelle sono in grado di incapsulare composti bioatti-

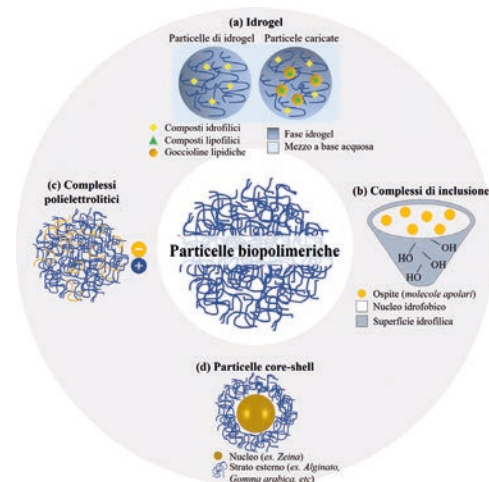
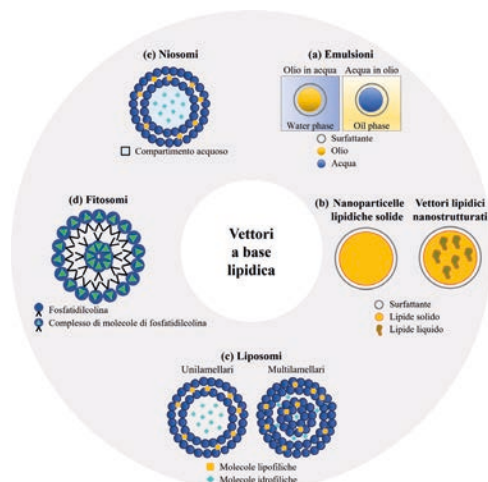


Fig.1 Sistemi colloidali per l'incapsulamento di composti bioattivi: le particelle biopolimeriche.

Fig. 2 Sistemi colloidali per l'incapsulamento dei composti bioattivi: i vettori a base lipidica.



vi, come gli oli essenziali, attraverso interazioni di natura fisica o chimica, come interazioni idrofobiche, di Van der Waals, o elettrostatiche. Tra le particelle biopolimeriche ci sono gli idrogel, che possono incorporare direttamente molecole idrofile o idrofobiche all'interno di goccioline di olio (particelle di idrogel caricate). Inoltre ci sono i complessi polielettrolitici, che sono particelle biopolimeriche formate attraverso la combinazione di macromolecole con cariche opposte attraverso forze di attrazione elettrostatica. L'incorporazione e il trasporto negli alimenti di vari composti bioattivi nei complessi polielettrolitici sono resi possibili attraverso interazioni molecolari con le molecole incapsulate. I complessi di inclusione sono un'altra categoria di particelle biopolimeriche basata sull'inclusione delle molecole bioattive all'interno del sistema vettore, grazie all'elevata compatibilità di forma tra la molecola ospite e quella ospitante - come una mano in un guanto - consentendo l'efficace dispersione di composti bioattivi idrofobici in fase acquosa, nonché l'elevata capacità di mascheramento del loro aroma e sapore. Tra le particelle biopolimeriche, quelle core-shell sono particolarmente interessanti. Queste particel-

le sono costituite da un nucleo carico con i composti bioattivi, come gli oli essenziali, e da un mantello esterno che li avvolge e protegge. Questa struttura consente una distribuzione efficace in fase acquosa e protegge i composti bioattivi anche in ambienti avversi, migliorandone la conservazione e consentendo un rilascio controllato.

I vettori a base lipidica comprendono una varietà di sistemi, tra cui le nanoemulsioni, le particelle lipidiche solide, i nanovettori lipidici strutturati, i niosomi, i fitosomi e i liposomi.

Le nanoemulsioni sono costituite da piccole goccioline di olio che vengono disperse in fase acquosa grazie all'azione di speciali molecole stabilizzanti, chiamate surfattanti. Questi surfattanti svolgono un ruolo chiave perché hanno una parte della loro molecola che è idrofila e un'altra parte che è lipofila, consentendo loro di stabilizzare efficacemente l'interfaccia tra l'olio e l'acqua. Ad oggi sono disponibili diversi surfattanti di origine naturale per l'utilizzo nell'industria alimentare, includendo sucrosesteri, saponine, diverse proteine e polisaccaridi. Le nanoemulsioni possono essere anche stabilizzate in modo efficace da particelle solide, a formare le cosiddette Pickering emulsions, che garantiscono una elevata stabilità fisica e la potenzialità di controllare efficacemente il rilascio delle molecole caricate.

Le nanoparticelle lipidiche solide, diversamente dalle nanoemulsioni, sono costituite da una fase lipidica composta da grassi che si trovano allo stato solido a temperatura ambiente. I nanovettori lipidici strutturati sono realizzati combinando diverse miscele di lipidi, in modo che il loro nucleo sia parzialmente solido e parzialmente liquido a temperatura ambiente. Attraverso il controllo dello stato fisi-

co del nucleo lipidico, da liquido a semiliquido e a solido, è possibile progettare sistemi di incapsulamento in grado di controllare accuratamente la velocità di rilascio dei composti bioattivi incapsulati.

I liposomi sono sistemi di veicolazione che consistono in un doppio strato di fosfolipidi, gli stessi lipidi che costituiscono le membrane cellulari, racchiusi su se stessi per formare una vescicola. I liposomi sono in grado di incapsulare composti bioattivi idrofilici nella loro cavità interna e composti bioattivi idrofobici, come gli oli essenziali, all'interno del doppio strato di fosfolipidi.

I niosomi sono concettualmente simili ai liposomi, da cui differiscono per il fatto che il doppio strato che costituisce la loro parete vescicolare è formato da molecole di surfattanti nonionici e colesterolo, dosati accuratamente per il controllo delle loro proprietà sia morfologiche che di rilascio. Sono meno costosi, in termini di ingredienti utilizzati, e più flessibili dei liposomi in termini di proprietà di incapsulamento e veicolazione.

I fitosomi sono sistemi vescicolari che incorporano composti bioattivi attraverso la complessazione con i fosfolipidi, ancorandoli alla testa polare, e quindi differenziandosi dai liposomi in cui i principi attivi lipofilici sono contenuti all'interno del doppio strato fosfolipidico. La complessazione dei composti bioattivi con i fosfolipidi influenza significativamente il comportamento dei fitosomi e permette di controllarne le proprietà. Sia i fitosomi che i niosomi sono noti per la loro capacità di incapsulare composti bioattivi idrofobici, come gli oli essenziali, in misura significativamente maggiore rispetto ai liposomi.

Questi diversi sistemi di veicolazione, basati sulle particelle biopolimeriche o sui vettori lipi-

dici, offrono opzioni flessibili per l'incapsulamento di composti bioattivi, quali gli oli essenziali, e trovano applicazione, grazie alla elevata scalabilità del loro processo di produzione, in vari settori, compresa l'industria alimentare. Ognuno di questi sistemi ha le proprie caratteristiche distintive, che li rendono adatti ad applicazioni specifiche nell'industria alimentare, e la scelta tra l'uno o l'altro dipenderà dalle specifiche esigenze di carattere industriale e di prodotto, nonché dalla natura dei composti bioattivi da incapsulare. Ognuno di essi offre vantaggi distinti che possono essere sfruttati in base alle necessità dettate dal tipo di olio essenziale, dalla matrice alimentare e dalla funzione desiderata, attraverso una progettazione su misura del sistema di veicolazione colloidale.

Conformità agli standard alimentari nei sistemi di veicolazione colloidali degli oli essenziali: formulazione e processi di produzione

Un aspetto cruciale che richiede attenta considerazione riguarda la conformità dei sistemi di veicolazione colloidali agli standard di qualità alimentare, sia nella formulazione che nei processi di produzione. La sicurezza per il consumo umano e il mantenimento della qualità degli alimenti sono priorità imprescindibili. Pertanto, quando si sviluppano sistemi colloidali per la veicolazione degli oli essenziali, è fondamentale utilizzare ingredienti naturali che siano compatibili con gli alimenti in cui verranno incorporati.

Per esempio, se si desidera sviluppare sistemi di incapsulamento per prodotti lattiero-casea-

ri, sarà opportuno considerare l'uso di proteine del latte nella formulazione. Questo potrebbe essere realizzato attraverso la preparazione di particelle biopolimeriche, come complessi polielettrolitici o particelle core-shell, o tramite emulsioni stabilizzate da proteine. Differentemente, nel caso di alimenti come la pasta o prodotti da forno, potrebbe essere più appropriato utilizzare proteine provenienti da grano o mais, come la glicina o la zeina, tenendo conto della specifica matrice alimentare a cui verranno aggiunti.

Quando invece è necessario espletare un'azione antimicrobica rapida, come nel caso dell'utilizzo di dispersioni di oli essenziali di lavaggio per la decontaminazione di prodotti vegetali, è consigliabile utilizzare nanoemulsioni stabilizzate con



Zataria multiflora. Liposomi contenenti oli essenziali di *Zataria multiflora* sono stati utilizzati per preservare la carne macinata.

Foto di <https://idefars.ir/>



Matricaria chamomilla. La camomilla ha anche, tra le molteplici proprietà, un effetto anti-infiammatorio.

Foto di beautifulcataya



Foto di ahmed m

Salvia officinalis. Gli oli essenziali di menta, salvia, rosmarino, origano, timo e basilico sono ben noti per le loro proprietà antimicrobiche, antifungine, antivirali, insetticide e repellenti.



Foto di Gérard

Syzygium aromaticum. Il chiodo di garofano è in grado di svolgere attività antisettica e antimicrobica.

surfattanti a basso peso molecolare (sucresteri o saponine) per accelerare il rilascio, e quindi l'azione, degli agenti antimicrobici. Inoltre, è importante considerare anche i processi di produzione degli oli essenziali incapsulati. Alcune tecniche proposte nella letteratura scientifica richiedono l'uso di solventi organici, che non è compatibile con gli standard previsti dall'industria alimentare. Inoltre l'utilizzo anche solo dell'etanolo potrebbe non essere accettabile per alcune fasce di consumatori per ragioni legate a scelte dietetiche o religiose. È quindi auspicabile l'adozione di tecniche di produzione basate su processi fisici o su principi di chimica verde per la preparazione di questi sistemi. Il rispetto di tali requisiti è di estrema importanza poiché contribuisce a garantire la produzione di alimenti sicuri e di alta qualità. Gli sviluppi nel campo dei sistemi colloidali devono mirare

a soddisfare questi standard, contribuendo così all'obiettivo di migliorare la sicurezza e la qualità degli alimenti.

Meccanismo di azione antimicrobica degli oli essenziali incapsulati

Nell'industria alimentare moderna la conservazione degli alimenti è fondamentale per garantire la loro sicurezza e durata. Gli oli essenziali sono emersi come potenti agenti antimicrobici naturali, ma la loro incorporazione diretta negli alimenti può essere problematica a causa della loro reattività e scarsa solubilità in acqua. I sistemi di veicolazione colloidali si sono rivelati come una soluzione tecnologica capace di incapsulare gli oli essenziali e renderli più disperdibili in fase acquosa, stabilizzarli efficacemente e controllarne il rilascio. La chiave per comprendere il successo di questi sistemi risiede nel meccanismo d'azione de-

gli oli essenziali incapsulati contro microrganismi nocivi. Quando gli oli essenziali vengono incapsulati in sistemi colloidali, il loro rilascio è regolato in modo controllato attraverso le caratteristiche morfologiche e chimico-fisiche del sistema di incapsulamento. Questo significa che gli oli essenziali non vengono rilasciati tutti in una volta, ma gradualmente nel tempo. Questo approccio ha vantaggi significativi quando si tratta di combattere microrganismi indesiderati nei prodotti alimentari. Un rilascio graduale consente una maggiore persistenza dell'attività antimicrobica degli oli essenziali. Invece di esaurirsi rapidamente, gli oli essenziali continuano a interagire con i microrganismi nel tempo, prolungando l'efficacia della conservazione degli alimenti. Questo è particolarmente utile per estendere la vita dei prodotti alimentari e prevenire la crescita

di batteri e funghi dannosi. Una volta rilasciati, gli oli essenziali incapsulati interagiscono con le membrane cellulari dei microrganismi. Questa interazione è cruciale per la loro attività antimicrobica. Gli oli essenziali possono compromettere l'integrità delle membrane cellulari dei batteri e dei funghi, causando perdita di contenuto cellulare e morte microbica.

Inoltre gli oli essenziali possono interferire con le proteine attive incorporate nelle membrane cellulari, disturbando il funzionamento vitale dei microrganismi. Questo è particolarmente importante perché contribuisce a impedire la crescita e la riproduzione dei microrganismi, preservando così la freschezza degli alimenti.

Tuttavia va notato che il meccanismo d'azione degli oli essenziali incapsulati non è ancora completamente chiaro e ci sono ancora molti aspetti da affrontare. La varietà biologica degli oli essenziali, le differenze nei sistemi di veicolazione colloidali e le interazioni complesse con le membrane cellulari aggiungono una complessità al quadro.

Mentre progressi significativi sono stati fatti nell'utilizzo di sistemi colloidali per veicolare gli oli essenziali nell'industria alimentare, rimane ancora molto lavoro da fare per comprendere completamente come massimizzare il loro potenziale. Le ricerche future continueranno a svelare i segreti di questo approccio innovativo alla conservazione alimentare, portando a prodotti alimentari più sicuri e sani per tutti noi.

Utilizzo degli oli essenziali incapsulati nei prodotti alimentari

Gli oli essenziali sono stati ampiamente utilizzati nell'industria alimentare grazie alle loro proprietà antimicrobiche, antiossidanti e al loro contributo all'a-

roma e al sapore degli alimenti. Tuttavia la loro applicazione diretta presenta alcune sfide, tra cui la stabilità a lungo termine, la limitata solubilità in alimenti acquosi e il forte sapore e odore che possono compromettere la qualità dei prodotti.

Per affrontare queste sfide sono stati sviluppati sistemi innovativi di incapsulamento degli oli essenziali, che consentono di migliorare la loro manipolazione, l'incorporazione negli alimenti e la stabilità durante la lavorazione, al tempo stesso mascherando i loro sapori e odori senza comprometterne le proprietà benefiche.

Le molteplici applicazioni degli oli essenziali incapsulati nell'industria alimentare possono essere classificate in quattro categorie principali, schematicamente illustrate in Figura 3:

1 - Miscelazione diretta. Gli oli essenziali incapsulati possono essere miscelati direttamente con alimenti liquidi o con gli ingredienti prima della preparazione dei cibi. Questa strategia mira a estendere la durata di conservazione, riducendo la crescita microbica. Ad esempio, nanoemulsioni di oli essenziali di timo sono state utilizzate per migliorare la qualità del latte, riducendo significativamente la crescita batterica e contribuendo a una maggiore durata del prodotto. Allo stesso modo, nanoemulsioni di olio dell'albero del tè sono state testate su succhi d'arancia e pera per inibire la crescita microbica senza comprometterne le proprietà organolettiche. Le nanoparticelle liposomiali incapsulanti gli oli essenziali di chiodo di garofano sono state applicate con successo nella produzione di tofu, migliorandone la durata di conservazione grazie al rilascio controllato dell'agente antimicrobico. Anche nanoemulsioni di oli essenziali di origano e nanoparticelle biopolimeriche di oli



essenziali di timo sono state utilizzate come agenti antimicrobici in paté di pollo e prodotti da forno, rispettivamente, consentendo una migliore ritenzione dei composti volatili rispetto agli oli essenziali liberi.

2 - Lavaggio con dispersioni acquose antimicrobiche. Il lavaggio di prodotti alimentari con dispersioni acquose contenenti oli essenziali incapsulati può essere utilizzato per ridurre la carica microbica superficiale presente su verdure a foglia e altri prodotti ortofrutticoli, senza l'uso di additivi chimici sintetici. Ad esempio, nanoemulsioni di oli essenziali di origano sono state utilizzate con successo per ridurre la crescita microbica su lattuga fresca, mentre nanoemulsioni di carvacrolo o eugenolo hanno ridotto il carico microbico sulle foglie di spinaci.

3 - Infusione in matrici alimentari porose. Quando i prodotti alimentari hanno una struttura porosa, l'immersione in soluzioni contenenti gli oli essenziali incapsulati consente un'azione antimicrobica sull'intero volume del prodotto, grazie all'infusione degli oli essenziali mediata dalle particelle colloidali. Questo è stato dimostrato efficacemente nell'infusione di nanoemulsioni di carvacrolo in zucchine, portando a una significativa riduzione della carica microbica. Lo stesso approccio è stato testato con successo su wurstel di maiale, riducendo in modo significativo la carica microbica endogena.

4 - Rivestimento con coating biopolimerici. Rivestire i prodotti alimentari con oli essenziali

Fig. 3 Strategie di incorporazione degli oli essenziali incapsulati negli alimenti.

incapsulati attraverso la deposizione di coating biopolimerici è un metodo promettente per estendere la loro durata di conservazione. Questi coating attivi contribuiscono a migliorare la sicurezza e la qualità di frutta e verdura fresca o appena tagliata, utilizzando solo piccole quantità di oli essenziali. Questo approccio non solo migliora la sicurezza alimentare, ma può anche aumentare il valore nutrizionale dei prodotti. Ad esempio, coating edibili contenenti nanoparticelle di chitosano caricate con oli essenziali di cannella sono stati utilizzati con successo per ridurre l'ossidazione lipidica e la crescita microbica in hamburger di manzo. Liposomi contenenti oli essenziali di *Zataria multiflora* sono stati utilizzati per preservare la carne macinata. Gli oli essenziali di rosmarino, all'interno di liposomi, sono stati applicati a filetti di trota per migliorarne la qualità organolettica e la durata di conservazione, riducendo la crescita batterica.

Questi esempi dimostrano chiaramente l'ampio potenziale degli oli essenziali incapsulati nell'industria alimentare, contribuendo a estendere la durata diversi tipi di prodotti.

Sicurezza e regolamentazione degli oli essenziali incapsulati negli alimenti

Il consumo di alimenti contenenti oli essenziali incapsulati richiede una valutazione attenta delle questioni legate alla sicurezza. Le normative relative all'incorporazione degli oli essenziali negli alimenti generalmente fanno riferimento agli additivi alimentari o agli aromi. Ad esempio, la Food and Drug Administration (FDA) negli Stati Uniti, l'Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare (EFSA) in Europa e l'Associazione Cinese degli Additivi Alimentari e degli Ingredienti forniscono database con l'elenco dei composti consentiti, le relative concentrazioni

e gli utilizzi alimentari ammessi. Poiché la composizione degli oli essenziali può variare notevolmente, sono regolamentate solo le sostanze tossiche che potrebbero eventualmente essere presenti negli oli essenziali.

Nel caso in cui un composto degli oli essenziali non sia presente nei database delle autorità regolatorie, è necessario definire i tipi di alimenti in cui può essere utilizzato, la quantità massima consentita e la sua identificazione nelle etichette alimentari, insieme agli effetti sulla salute a breve e lungo termine.

Inoltre i sistemi nanometrici per la distribuzione degli oli essenziali potrebbero costituire un rischio intrinseco per la salute, che finora non è stato completamente regolamentato dalle autorità competenti. Ad esempio, l'Unione Europea affronta i rischi associati all'uso delle nanotecnologie negli alimenti tramite la legge generale sugli alimenti o tramite processi di approvazione specifici. Tuttavia il quadro normativo dell'UE identifica come nanomateriale ingegnerizzato qualsiasi materiale fabbricato il cui 50% della composizione presenta una o più dimensioni esterne nella gamma nanometrica (1-100 nm).

La sicurezza e la regolamentazione degli oli essenziali incapsulati rappresentano una sfida importante, poiché è necessario garantire che questi prodotti siano sicuri per il consumo umano e che rispettino le normative alimentari vigenti.

Conclusioni e prospettive sull'utilizzo degli oli essenziali incapsulati negli alimenti

Negli ultimi anni la crescente richiesta da parte dei consumatori di prodotti più naturali ha favorito l'uso degli oli essenziali come additivi alimentari con elevate proprietà antimicrobiche, antiossidanti e aromatizzanti. Tuttavia l'uso degli oli essenziali è attualmente limitato dalla loro

bassa solubilità negli alimenti a base acquosa, dalla loro elevata volatilità, dalla scarsa stabilità, dalla reattività con i componenti alimentari e dall'intenso aroma e sapore. I sistemi di veicolazione colloidali si sono dimostrati estremamente efficienti nell'incapsulamento degli oli essenziali, soprattutto per supportarne l'incorporazione in alimenti reali, grazie alla loro possibile formulazione con ingredienti compatibili con gli alimenti, alla loro capacità di disperdere efficacemente gli oli essenziali nelle matrici acquose anche a concentrazioni elevate, di mascherare il sapore e di controllare il rilascio degli oli essenziali.

In particolare, tra i sistemi colloidali di grado alimentare per la veicolazione degli oli essenziali, le particelle biopolimeriche e i vettori a base lipidica sono caratterizzati da processi di produzione facilmente scalabili, elevata capacità di caricamento con oli essenziali, nonché sostenibilità economica e rappresentativa quindi le opzioni più praticabili per le applicazioni alimentari, in particolare per il controllo della crescita microbica e l'estensione della durata di conservazione dei prodotti.

Sono possibili diverse modalità di incorporazione degli oli essenziali nei prodotti alimentari, tra cui la miscelazione diretta con prodotti alimentari liquidi o ingredienti alimentari, il lavaggio delle superfici alimentari, l'infusione in alimenti porosi e l'incapsulamento in matrici biopolimeriche per la realizzazione di coating attivi. In particolare, quest'ultima opzione, grazie alla limitata quantità di oli essenziali da utilizzare, alle proprietà di barriera esercitate dalla matrice biopolimerica e al rilascio sostenuto degli oli essenziali dai sistemi colloidali dispersi nei coating biopolimerici, è particolarmente adatta per frutta e verdura fresca o appena tagliata. Tuttavia sono stati segnalati anche molti altri utilizzi, come nei

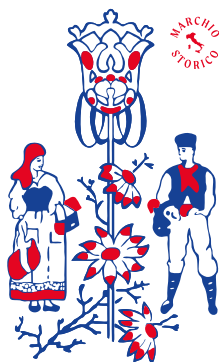
prodotti da forno, nella carne e nei formaggi.

Fino ad oggi, le principali sfide tecnologiche per un più ampio utilizzo degli oli essenziali, che dovrebbero essere affrontate dalla futura ricerca, riguardano l'efficiente incapsulamento degli oli essenziali non raffinati, anziché dei singoli componenti degli oli essenziali, per un effetto antimicrobico più integrato e sinergico, al fine di prevenire lo sviluppo di microrganismi multiresistenti, e una migliore compatibilità con gli alimenti, tenendo conto delle condizioni di trasformazione, conservazione e utilizzo degli alimenti. È tuttavia necessario tenere anche in debito conto le preferenze dei consumatori e favorire la riduzione dei costi di produzione, al fine di rendere l'uso di conservanti naturali, come gli oli essenziali incapsulati, competitivo con i processi di conservazione convenzionali.

* **UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SALERNO, Dipartimento di Ingegneria Industriale, Fisciano (SA), Italia**
 ** **Natural Extracts & more S.r.l., Avellino (AV), Italia**

Bibliografia:

- Donsi F., "Applications of Nanoemulsions in Foods" In "Nanoemulsions. Formulation, Applications, and Characterization", edito da Seid Mahdi Jafari, David Julian McClements; Publisher Elsevier Inc. ISBN: 978-0-12-811838-2 (pp. 349-377).
- Donsi F., Annunziata M., Sessa M., Ferrari G., "Nanoencapsulation of Essential Oils to Enhance Their Antimicrobial Activity in Foods", *LWT - Food Science & Technology* 44, (2011), 1908-1914.
- Donsi F., Annunziata, M., Vincenzi M., Ferrari G., "Design of nanoemulsion-based delivery systems of natural antimicrobials: Effect of the emulsifier" *Journal of Biotechnology* 159(4), (2012), 342-350.
- Donsi F., Ferrari G., "Essential oil nanoemulsions as antimicrobial agents in food", *Journal of Biotechnology* 233, (2016), 106-120.
- Donsi F., Velikov K.P., "Encapsulation of food ingredients by single O/W and W/O Nanoemulsions" In "Nanoencapsulation in the Food Industry: Lipid-Based Nanostructures for Food Encapsulation Purposes", Volume 2, edito da Prof. Seid Mahdi Jafari; Publisher Academic Press, ISBN 978-0-12-815673-5 (pp. 37-87).
- Fathi M., Vinceković M., Jurić S., Viskić M., Režek Jambak A., Donsi F., "Food-Grade Colloidal Systems for the Delivery of Essential Oils", *Food Reviews International* 37(1), (2021), 1-45.
- Marchese E., D'onofrio N., Balestrieri M. L., *et al.*, "Bergamot essential oil nanoemulsions: antimicrobial and cytotoxic activity", *Zeitschrift für Naturforschung C* 75(7-8), (2020), 279-290.
- Mauriello E., Ferrari G., Donsi F., "Effect of formulation on properties, stability, carvacrol release and antimicrobial activity of carvacrol emulsions", *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 197, (2021) 111424.
- Ribes S., Fuentes A., Talens P., *et al.*, "Influence of emulsifier type on the antifungal activity of cinnamon leaf, lemon and bergamot oil nanoemulsions against *Aspergillus niger*", *Food Control* 73, (2017), 784-795.
- Taştan Ö., Ferrari G., Baysal T., Donsi F., "Understanding the effect of formulation on functionality of modified chitosan films containing carvacrol nanoemulsions", *Food Hydrocolloids* 61, (2016), 756-771.
- Taştan Ö., Pataro G., Donsi F., *et al.*, "Decontamination of fresh-cut cucumber slices by a combination of a modified chitosan coating containing carvacrol nanoemulsions and pulsed light", *International Journal of Food Microbiology* 260C, (2017), 75-80.



A. MINARDI & FIGLI
S.R.L.



Via Boncellino 32 - 48012 Bagnacavallo (Ra)

**90 anni di esperienza
 nella lavorazione e nel commercio all'ingrosso
 delle piante officinali**

Tel. (0545) 61460 – Fax (0545) 60686 – <http://www.minardierbe.it> – e-mail: info@minardierbe.it