



Co-funded by
the European Union



DESCRIZIONE CURRICULUM

Titolo del progetto: Cooperazione per l'implementazione di metodi innovativi per la valutazione delle piante medicinali con ruolo centrale nella farmaceutica, nell'agricoltura e nella nutrizione.

Acronimo del progetto: EURO-PLANT-ACT

Progetto no: 2022-1-RO01-KA220-HED-000088958

Il Curriculum è rivolto a specialisti in settori quali l'agricoltura, l'industria alimentare, la nutrizione, la farmacia e intende fornire diverse informazioni specialistiche tra cui le tecniche di coltivazione e raccolta delle piante medicinali, i metodi agro-biotecnologici per la caratterizzazione delle piante medicinali al fine di promuovere e mantenere una risorsa ecologica preziosa, i metodi per ottenere prodotti finiti a base di piante (estratti, oli essenziali), ma anche per sviluppare nuove formule e integratori alimentari innovativi per la salute umana nell'attuale processo di cambiamento climatico e globalizzazione.

Professori responsabili delle parti teoriche:

Coordinatore (UMFVBT): Dehelean Cristina Adriana, Pînzaru Iulia Andreea, Macașoi Ioana Gabriela, Șoica Codruța Marinela

Partner 1 (USVT): Alexa Ersilia, Negrea Monica, Cocan Ileana, Obistoiu Diana, Pop Georgeta

Partner 2 (UNIOS): Vrandečić Karolina, Ćosić Jasenka, Baličević Renata, Ravlić Marija

Partner 3 (UNICAL): Conforti Filomena, Statti Giancarlo

Partner 4 (ROMPAN): Voica Daniela, Avram Dana

Professori responsabili delle parti pratiche:

Coordinatore (UMFVBT): Dehelean Cristina Adriana, Pînzaru Iulia Andreea, Minda Daliana Ionela, Drăghici George Andrei

Partner 1 (USVT): Alexa Ersilia, Negrea Monica, Cocan Ileana, Obistoiu Diana, Pop Georgeta

Partner 2 (UNIOS): Vrandečić Karolina, Ćosić Jasenka, Baličević Renata, Ravlić Marija

Partner 3 (UNICAL): Conforti Filomena, Statti Giancarlo

Partner 4 (ROMPAN): Voica Daniela, Avram Dana

Obiettivi	Il curriculum si propone di stabilire le competenze cognitive e professionali necessarie per la gestione delle piante medicinali ecologiche con un ruolo centrale nella nutrizione, nella farmacia e nell'agricoltura. Questo curriculum fornirà le conoscenze tecniche e scientifiche relative alla coltivazione, alla selezione, alla caratterizzazione botanica e fisico-chimica del materiale vegetale, alla preparazione dei prodotti (estratti, oli essenziali), alla valutazione (profilo farmaco-tossicologico) e alla valorizzazione (nutrizione, industria alimentare, integratori alimentari), informazioni che saranno presentate ai formatori.
Competenze cognitive	Competenze cognitive necessarie per approfondire e utilizzare conoscenze scientifiche specialistiche nei settori dell'agricoltura, della farmacia e della nutrizione per l'analisi e la valutazione delle piante medicinali con un ruolo centrale nei settori specificati.



	<p>Capacità di selezionare le conoscenze tecniche e scientifiche relative alla coltivazione, alla selezione, alla caratterizzazione botanica e fisico-chimica del materiale vegetale, alla preparazione dei prodotti (estratti, oli essenziali), alla valutazione (profilo farmaco-tossicologico) e alla valorizzazione (nutrizione, industria alimentare, integratori alimentari).</p>
Competenze professionali	<p>La capacità di eseguire la caratterizzazione botanica e l'uso delle piante medicinali attraverso l'analisi degli effetti erbicidi degli estratti vegetali e degli oli essenziali;</p> <p>La capacità di analizzare le malattie delle piante medicinali e di valutare l'attività antifungina degli oli essenziali in agricoltura;</p> <p>La capacità di stabilire le condizioni agrotecniche, la coltivazione, la raccolta e la conservazione delle piante medicinali.</p> <p>Capacità di analizzare le piante medicinali di provata efficacia contro i ceppi batterici patogeni in campo medico e di valutare l'attività delle piante medicinali contro i batteri patogeni prevalenti nell'industria alimentare.</p> <p>Capacità di conoscere in dettaglio l'uso delle piante medicinali come ingredienti a valore aggiunto nell'industria funzionale della panificazione e della pasticceria, della carne e dei latticini.</p> <p>Capacità di analizzare l'azione farmacologica e la consapevolezza degli effetti sulla salute esercitati dai prodotti naturali derivati dalle piante officinali e di studiare le piante officinali e i valori dietetici di riferimento</p> <p>Capacità di conoscere aspetti specifici relativi alla preparazione di prodotti vegetali (estratti, oli essenziali), alla caratterizzazione fitochimica e all'influenza della geolocalizzazione sulla composizione dei fitocomplessi.</p> <p>Capacità di analizzare le attuali problematiche di sicurezza dei nuovi alimenti e delle fonti di nutrienti (interazioni tra integratori/alimenti e farmaci) e delle sostanze presenti negli integratori alimentari (rapporto tra efficacia e tossicità - piante ed estratti di piante).</p>
Unità di competenza	<p>Conoscenza delle specie vegetali e dei prodotti vegetali medicinali (estratti vegetali, oli essenziali) con un ruolo nell'agricoltura, nella farmacia e nella nutrizione;</p> <p>Ottenere e caratterizzare i prodotti delle piante medicinali con un ruolo nell'agricoltura, nella farmacia e nella nutrizione;</p> <p>Studio di prodotti funzionali di panetteria e pasticceria, carne e latticini in cui le piante medicinali e i prodotti derivati possono essere utilizzati come ingredienti a valore aggiunto.</p>
Elementi di innovazione	<p>Gli elementi innovativi sono legati all'interdisciplinarietà e alla complementarietà delle competenze che si prevede di implementare tra gli studenti e i giovani ricercatori. Questi elementi si riferiscono a: (i) la caratterizzazione botanica delle piante medicinali, il loro uso e i prodotti derivati in modo biologico in agricoltura sulla base degli effetti erbicidi, antimicrobici e antifungini che possiedono; (ii) l'uso delle piante medicinali come ingredienti a valore aggiunto nelle industrie della panificazione e della pasticceria, della carne e del latte; (iii) la valutazione dell'azione farmacologica e degli effetti sulla salute dei prodotti a base di piante medicinali e (iv) l'analisi della sicurezza dell'uso delle piante medicinali e dei prodotti erboristici.</p>
Impatto	<p>L'impatto di questo curriculum risiede nelle competenze interdisciplinari, complementari e traslazionali che saranno acquisite dagli studenti e dai giovani ricercatori, nonché nella capacità di implementare e utilizzare</p>



tecniche e metodi innovativi nella gestione dell'uso di prodotti medicinali e derivati (ad esempio estratti vegetali, oli essenziali). Una conoscenza esaustiva nel campo delle piante medicinali (e dei loro prodotti - estratti e oli essenziali) con un ruolo nella farmaceutica, nella nutrizione e nell'agricoltura, combinando le competenze dei partner in campi scientifici, come le pratiche agronomiche (buone pratiche agricole in termini di coltivazione, raccolta), il controllo biologico/botanico e l'autenticazione delle piante medicinali, la determinazione del contenuto fitochimico, lo screening biologico e tossicologico e l'utilizzo dei prodotti vegetali nell'industria alimentare. Inoltre, vengono affrontate diverse strategie e metodologie per ridurre l'impatto del cambiamento climatico sulle piante medicinali, oltre a misure di conservazione e sostenibilità.

L'impatto previsto a breve termine attraverso l'implementazione delle conoscenze e dei dati presentati si riferisce all'aumento del grado di conoscenza e di formazione professionale basato sullo sviluppo delle capacità di studio e di sperimentazione degli studenti di tutti i cicli di studio (laurea, master e dottorato) e dei giovani ricercatori.

L'impatto a lungo termine è associato al trasferimento di conoscenze nell'ambiente socio-economico, allo sviluppo di un segmento di mercato oggi di reale interesse (piante medicinali e prodotti derivati), all'analisi e alla sicurezza dei prodotti a base di piante medicinali o contenenti prodotti derivati da piante medicinali, alla consapevolezza del corretto uso delle piante medicinali nei settori dell'agricoltura, della farmacia e della nutrizione.

Pertanto, si creerà: (i) un ambiente più moderno, dinamico e professionale all'interno delle organizzazioni partecipanti, pronto a integrare nuove best practice e metodi; (ii) una sinergia con i partner sul mercato dei profili; (iii) una pianificazione strategica dello sviluppo professionale del personale in accordo con le esigenze individuali e gli obiettivi organizzativi; (iv) una maggiore capacità di professionalità necessaria per lavorare a livello europeo/internazionale.

Ogni università coinvolta nel programma intende formare giovani qualificati in grado di: sviluppare lo spirito di iniziativa e di imprenditorialità, enfatizzare le competenze digitali e l'uso delle risorse digitali nell'apprendimento e nella formazione. Inoltre, migliorare le loro capacità di integrazione professionale e la creazione di nuove imprese (comprese le imprese sociali), per avere una partecipazione più attiva nella società. Contribuire a una migliore comprensione e riconoscimento delle competenze e delle qualifiche in Europa e nel mondo.



Ore di attività - curriculum			
<i>Ore Totali</i>	Teoria	Pratica	Studio Individuale
80	40	20	20
Curriculum EURO-PLANT-ACT			
PARTE TEORICA		No di ore	Osservazioni
<i>Capitolo 1. Piante medicinali - questioni attuali relative al loro ruolo in agricoltura, farmacia e nutrizione (Dehelean CA, Macașoi IG, Pînzaru IA)</i>		6	La parte tecnico-scientifica consiste in 8 ore x 5 giorni. In totale 40 ore
<i>Capitolo 2. Caratterizzazione botanica e utilizzo delle piante medicinali (Baličević R, Ravlić M)</i>		2	
<i>Capitolo 3. Effetto erbicida di estratti di piante e oli essenziali (Ravlić M, Baličević R)</i>		2	
<i>Capitolo 4. Malattie delle piante nella produzione medicinale (Ćosić J, Vrandečić K)</i>		2	
<i>Capitolo 5. Attività antifungina degli oli essenziali in agricoltura (Vrandečić K, Ćosić J)</i>		2	
<i>Capitolo 6. Condizioni agrotecniche, coltivazione, raccolta e conservazione delle piante medicinali (Pop G, Obistioiu D)</i>		2	
<i>Capitolo 7. Piante medicinali di provata efficacia contro ceppi batterici patogeni per uso medico (Obistioiu D, Pop G, Voica D, Avram D)</i>		2	
<i>Capitolo 8. L'attività delle piante medicinali contro i batteri patogeni prevalenti nell'industria alimentare (Negrea M, Cocan I, Alexa E, Obistioiu D, Voica D, Avram D)</i>		2	
<i>Capitolo 9. L'uso delle piante officinali come ingredienti a valore aggiunto nell'industria dei prodotti funzionali di panetteria e pasticceria (Alexa E, Voica D, Negrea M, Cocan I, Avram D)</i>		2	
<i>Capitolo 10. L'uso delle piante medicinali come ingredienti a valore aggiunto nell'industria della carne e dei prodotti lattiero-caseari (Cocan I, Negrea M, Alexa E, Obistioiu D, Voica D, Avram D)</i>		2	
<i>Capitolo 11. Azione farmacologica ed effetti sulla salute esercitati dai prodotti naturali derivati dalle piante medicinali (Dehelean CA, Soica CM, Pînzaru IA)</i>		2	
<i>Capitolo 12. Piante medicinali e valori dietetici di riferimento (Dehelean CA, Macașoi IG, Pînzaru IA)</i>		2	
<i>Capitolo 13. Questioni attuali sulla sicurezza dei nuovi alimenti e delle fonti di nutrienti - Interazioni tra integratori/alimenti e farmaci (Conforti F, Statti G)</i>		2	



Capitolo 14. Preparazione di prodotti dalle piante (estratti, oli essenziali), caratterizzazione fitochimica e influenza della geolocalizzazione sulla composizione dei fitocomplessi (Conforti F, Statti G)	2	
Capitolo 15. Sostanze negli integratori alimentari tra efficacia e tossicità - piante ed estratti di piante (Pînzaru IA, Macaşoi IG, Dehelean CA)	2	
Valutazione	2	
PARTE PRATICA	No di ore	Osservazioni
Tutte le attività pratiche previste saranno svolte nei laboratori specializzati delle università partner. Queste attività prevedono la realizzazione di metodi innovativi che riguardano:		La parte pratica consiste in 5 ore x 4 giorni. In totale x ore
(i) selezione, coltivazione, raccolta e caratterizzazione di piante medicinali biologiche,	5	
(ii) valutazione della composizione chimica e analisi delle proprietà farmacologiche,	5	
(iii) definizione del profilo di sicurezza farmacocinetica e	5	
(iv) metodi di valorizzazione delle piante medicinali e dei prodotti da esse derivati (estratti, oli essenziali).	5	
Metodi di valutazione: La valutazione degli studenti avviene attraverso i metodi consueti, ovvero: valutazione basata sui principi della scelta doppia o multipla, valutazione basata su risposte brevi, domande complementari o strutturate in cui gli studenti intervengono con soluzioni e/o con la creazione di saggi specifici.		
Valutazione della certificazione delle competenze: viene effettuata utilizzando strumenti e metodi sviluppati in conformità alle disposizioni relative alle competenze cognitive e professionali, tenendo conto sia dei criteri di prestazione che delle condizioni di applicabilità. Questi strumenti e metodi si basano anche sulla valutazione integrata di diverse competenze o di diversi criteri di prestazione che appartengono a una specifica competenza o a diverse competenze. La valutazione sottolinea la misura in cui gli studenti acquisiscono competenze pratiche relative alla selezione, alla coltivazione, alla raccolta e alla caratterizzazione delle piante medicinali biologiche; alla valutazione della composizione chimica e all'analisi delle proprietà farmacologiche; alla definizione del profilo di sicurezza farmacocinetica e dei metodi di valorizzazione delle piante medicinali e dei prodotti da esse derivati (estratti, oli essenziali, ecc.).		
Materiali di studio e di ricerca: Stimolando la partecipazione e il coinvolgimento degli studenti e dei giovani ricercatori nell'apprendimento permanente, durante l'attuazione del progetto ma anche in seguito, vengono utilizzati metodi di insegnamento-apprendimento efficaci e adattati ai nuovi metodi in costante evoluzione, utilizzati a livello internazionale. Pertanto, tutti i programmi sono chiaramente strutturati, sviluppati in quattro lingue (inglese, rumeno, italiano e croato), in relazione a ciascun Paese del partenariato.		



CURRICULUM ESTESO

Capitolo 1. Piante medicinali - questioni attuali relative al loro ruolo in agricoltura, farmacia e nutrizione (Dehelean CA, Macaşoi IG, Pînzaru IA)

Nel corso della storia dell'uomo, le piante medicinali hanno svolto un ruolo importante nello sviluppo dell'umanità, rispondendo a bisogni fondamentali come medicine, cibo, fertilizzanti, ecc. [Dar 2017]. Considerando il fatto che al mondo esistono più di mezzo milione di piante, molte delle quali inesplorate, il futuro delle piante medicinali è promettente, sia in campo medico che in campo nutrizionale e agricolo [Mathur 2017].

Negli ultimi due decenni, il settore agricolo ha subito numerosi e importanti cambiamenti in termini di fabbisogno energetico e tecnologia. Attualmente, la continua crescita della popolazione ha portato a una mancanza di sicurezza alimentare, tenendo conto della limitata quantità di terreno agricolo disponibile. Si stima che la domanda di cibo aumenterà del 70% entro il 2050. Le attuali pratiche agricole possono soddisfare questa esigenza solo se si utilizzano pesticidi chimici, che hanno effetti dannosi sulla salute umana e sull'ambiente [Priyanka 2020]. Negli ultimi anni è stata posta particolare attenzione all'agricoltura sostenibile [Christos 2008]. I microbiomi vegetali svolgono un ruolo importante nell'agricoltura sostenibile, contribuendo alla crescita delle piante e alla fertilità del suolo. Il microbioma è responsabile della regolazione della crescita delle piante attraverso meccanismi diretti o indiretti, come il rilascio di regolatori della crescita, la fissazione biologica dell'azoto o l'antagonizzazione di microbi patogeni [Ajar 2020]. Inoltre, i composti naturali possono essere utilizzati per controllare insetti e piante infestanti. Di conseguenza, lo studio dei composti vegetali può contribuire allo sviluppo di nuove strategie agronomiche in grado di ridurre i danni causati alla salute umana e all'ambiente utilizzando pratiche sostenibili. Inoltre, i composti naturali hanno il vantaggio di richiedere meno controlli normativi per la registrazione rispetto ai composti sintetici, riducendo così i costi di commercializzazione [Petroski 2009].

La nicotina appartiene alla famiglia degli alcaloidi piridinici. Viene utilizzata in agricoltura sotto forma di sali cloridrati o solfati, estremamente efficaci contro gli afidi, ma anche estremamente tossici per gli animali domestici e le persone [Badhane 2021]. La caffeina è stata approvata sia come additivo alimentare sia per l'uso in agricoltura, dove si è dimostrata utile come veleno contro lumache e limacce, senza causare effetti negativi sulla salute umana [Hollingsworth, 2003]. L'eucaliptolo ha inibito la germinazione dei tuberi di patata e la crescita del micelio



Co-funded by
the European Union



fungino. Inoltre, si è dimostrato efficace come insetticida e nella soppressione delle popolazioni di zanzare nel nord della California [Wang 2014].

Storicamente, i composti delle piante medicinali sono stati una base importante per la scoperta di prodotti farmaceutici che hanno dato un contributo significativo ai trattamenti antitumorali e antinfettivi. I composti naturali presentano diversi vantaggi, attribuiti principalmente alla loro rigidità molecolare, che favorisce le interazioni proteina-proteina, e alla loro capacità di intervenire nelle funzioni biologiche, il che spiega la loro efficacia nel ridurre le malattie infettive e il cancro [Atanasov, 2021]. I prodotti naturali sono alla base di molti dei prodotti farmaceutici oggi in uso. Tra gli esempi più rilevanti c'è l'aspirina, il farmaco più conosciuto e utilizzato al mondo. *Salix* spp. e *Populus* spp. sono i generi di piante che rappresentano la fonte dell'aspirina [Desborough 2017].

Spesso è difficile distinguere tra gli usi medicinali e nutrizionali delle piante. Di conseguenza, alcune piante possono essere utili solo dal punto di vista nutrizionale, essendo utilizzate come alimenti funzionali o tonici, mentre altre piante possono essere utili sia dal punto di vista nutrizionale che medico [Jennings 2015]. L'Organizzazione Mondiale della Sanità ha avviato una tendenza alla ricerca integrativa su cibo e medicina, data l'importanza del legame tra cibo e malattia [OMS 2013]. L'uso di piante medicinali come ingredienti negli alimenti conferisce loro un valore nutrizionale aggiunto, noto anche come alimento funzionale. Negli alimenti funzionali sono presenti diverse sostanze derivate dalle piante, come alcaloidi, fenoli, terpeni, flavonoidi e molte altre. Di conseguenza, l'alimento contiene un valore nutrizionale aggiuntivo dovuto alla presenza di molecole bioattive, fornendo all'alimento un beneficio supplementare [Mirmiran 2014]. Pur avendo elementi in comune con gli alimenti convenzionali, gli alimenti funzionali contengono un valore nutrizionale aggiuntivo, motivo per cui possono essere definiti "migliorati, arricchiti o fortificati". Pane, biscotti e varie polveri o miscele utilizzate come integratori alimentari sono esempi di alimenti che possono contenere alimenti ricchi di nutrienti [Galanakis 2021].

In agricoltura, farmacia e alimentazione, le piante medicinali hanno svolto per secoli un ruolo fondamentale nella civiltà umana. È importante notare, tuttavia, che esistono diverse problematiche e sfide attuali legate al loro uso e alla loro conservazione in queste aree:

Perdita di biodiversità. A causa della distruzione dell'habitat, della raccolta eccessiva e dei cambiamenti climatici, molte piante medicinali sono minacciate. La perdita di biodiversità minaccia la sopravvivenza di queste piante in futuro [Sen 2015].



Co-funded by
the European Union



Raccolta sostenibile. È fondamentale garantire un raccolto sostenibile delle piante medicinali. Gli ecosistemi possono essere stravolti e le popolazioni possono essere impoverite da una raccolta eccessiva [Chen 2016].

Coltivazione e addomesticamento. La coltivazione e la domesticazione delle piante medicinali è essenziale per ridurre la pressione sulle popolazioni selvatiche. In questo modo, è possibile garantire una fornitura costante e di qualità di materiali di piante medicinali [Ramawat 2021].

Controllo di qualità. Nell'industria farmaceutica e fitoterapica, il controllo della qualità è di estrema importanza. Per garantire la sicurezza e l'efficacia dei prodotti derivati dalle piante medicinali, come gli integratori a base di erbe, è necessaria la standardizzazione [Efferth 2012].

Quadri normativi. Esiste un'ampia gamma di normative sull'uso e la vendita delle piante medicinali in diversi Paesi. L'armonizzazione di queste normative e la garanzia di un giusto equilibrio tra sicurezza e accessibilità sono sfide importanti [Thakkar 2020].

Ricerca farmacologica. Convalidare l'efficacia e la sicurezza delle piante medicinali tradizionali rimane un compito impegnativo. Sono necessarie ulteriori ricerche sui composti attivi e sulle loro potenziali interazioni con i farmaci moderni [Süntar 2020].

Si può concludere che le piante medicinali continueranno a svolgere un ruolo importante in agricoltura, farmacia e nutrizione. Per garantirne la disponibilità sostenibile e l'uso responsabile, nel rispetto delle conoscenze tradizionali e della conservazione della biodiversità, è indispensabile affrontare le attuali problematiche legate al loro uso e alla loro conservazione. Per affrontare queste sfide, è essenziale la collaborazione tra governo, ricercatori, operatori del settore e comunità locali.



Co-funded by
the European Union



Capitolo 2. Caratterizzazione botanica e utilizzo delle piante medicinali (Baličević R, Ravlić M)

Il capitolo, Identificazione botanica e uso delle piante medicinali, si propone di fornire informazioni sull'identificazione e sulle caratteristiche botaniche delle specie vegetali, nonché sull'uso delle piante medicinali, in particolare come metodo alternativo per il controllo dei parassiti nella produzione agricola.

L'uso di qualsiasi specie vegetale inizia con la sua corretta identificazione e caratterizzazione botanica [Kellogg 2019]. L'identificazione e la buona conoscenza delle specie vegetali è essenziale per il miglioramento della produttività agricola, la scoperta di nuovi farmaci, il controllo della qualità dei prodotti medicinali e la scoperta e lo sviluppo di nuovi bioerbicidi. Le piante vengono tradizionalmente identificate in base alle loro caratteristiche morfologiche utilizzando diversi strumenti. Le chiavi dicotomiche consentono l'identificazione fino al livello di specie, dividendo i gruppi di organismi in due categorie in base a caratteristiche chiave. Si possono utilizzare atlanti di piante, guide ed erbari. Recentemente, per un'identificazione più rapida delle specie vegetali sono disponibili strumenti digitali come database internet e applicazioni mobili. L'identificazione delle piante può richiedere molto tempo ed essere un processo impegnativo a causa dell'elevata variabilità morfologica e della somiglianza delle specie appartenenti a generi con un gran numero di specie [Wäldchen 2018].

Le piante medicinali coltivate e selvatiche hanno un'ampia varietà di applicazioni e utilizzi nella medicina tradizionale e moderna, come fonte di reddito e nella produzione agricola [Bolouri 2022]. Nella protezione delle piante, le piante medicinali sono utilizzate come strumento sostenibile nei sistemi di gestione integrata dei parassiti, come alternativa efficace ai pesticidi di sintesi, grazie all'ampia varietà di composti biologicamente attivi che possiedono. Gli estratti vegetali e gli oli essenziali derivati dalle piante medicinali mostrano attività erbicida, antifungina, antibatterica, antivirale, nematocida e insetticida [Chen 2016]. I pesticidi di origine vegetale possono essere applicati alle piante come i pesticidi di sintesi senza effetti negativi sull'ambiente, sugli organismi non bersaglio, sulle piante e sulla salute umana e animale. Possono agire come repellenti e attrattivi per gli insetti, o come antifeedanti, inibire l'ovodeposizione e avere effetti ovicidi e larvicidi [Souto 2021]. Gli oli essenziali estratti da molte piante possiedono proprietà antifungine e sono efficaci contro i patogeni delle piante [Abd 2021]. Le piante medicinali con potenziale allelopatico sono utilizzate anche per il controllo delle infestanti in diversi modi, ad esempio nella rotazione delle colture, come colture di copertura o colture intercalari. La consociazione di piante con potenziale allelopatico



Co-funded by
the European Union



sopprime la crescita delle infestanti attraverso il rilascio di sostanze allelochimiche e la competizione tra infestanti e colture. La pacciamatura superficiale con residui vegetali, l'incorporazione di biomassa vegetale e l'applicazione di estratti vegetali preparati con acqua o metanolo in varie concentrazioni riducono la germinazione delle infestanti. Le specie vegetali con effetto allelopatico positivo possono essere utilizzate come biostimolatori per promuovere la crescita delle colture [Aniya 2020].

In sintesi, il profilo botanico meticoloso delle piante medicinali è indispensabile per riconoscerle e utilizzarle con precisione. Queste piante vantano una tradizione storica nella medicina tradizionale e rimangono oggetto di continue esplorazioni scientifiche e bioprospezioni. Di conseguenza, la registrazione meticolosa, la conservazione e la supervisione sostenibile di queste risorse inestimabili sono imperative per garantire la loro accessibilità duratura per l'assistenza sanitaria e per vari altri scopi.



Capitolo 3. Effetto erbicida di estratti di piante e oli essenziali (Ravlić M, Baličević R)

L'impatto erbicida degli estratti vegetali e degli oli essenziali riguarda l'applicazione di composti naturali provenienti dalle piante per gestire o ostacolare la proliferazione di erbe infestanti, vegetazione o parassiti indesiderati in ambienti agricoli e orticoli. Questo metodo è una componente del più ampio dominio del controllo naturale o biologico dei parassiti. L'effetto erbicida degli estratti vegetali e degli oli essenziali si propone di presentare la ricerca sugli estratti vegetali e sugli oli essenziali ottenuti dalle piante medicinali e il loro potenziale utilizzo in agricoltura come strumento di controllo della germinazione e della crescita delle erbe infestanti. L'agricoltura moderna si basa principalmente sull'applicazione di erbicidi sintetici come metodo semplice, economico e altamente efficiente per il controllo delle erbe infestanti [Jouini 2020]. Tuttavia, l'uso eccessivo e improprio di erbicidi sintetici può portare alla comparsa di popolazioni resistenti alle infestanti, alla presenza di residui di erbicidi negli alimenti, a un impatto negativo sull'ambiente e sulla salute umana e animale. Allo stesso modo, le restrizioni nell'applicazione di erbicidi di sintesi, il divieto di utilizzo di ingredienti attivi e la richiesta pubblica di alimenti prodotti in sistemi biologici richiedono l'implementazione di nuovi metodi di controllo delle infestanti [Curl 2020]

Le piante medicinali, sia coltivate che selvatiche, rappresentano una grande fonte di composti bioattivi. Questi composti sono fonti di potenziali bioerbicidi e la maggior parte di essi sono biodegradabili in presenza di fattori ambientali, per cui il loro uso è considerato uno strumento sostenibile ed ecologico nella gestione integrata dei parassiti. I metaboliti secondari bioattivi delle piante (allelochimici) sono presenti in varie concentrazioni nelle piante e nelle loro parti (radici, foglie, fusti, semi ecc.) e comprendono composti fenolici, alcaloidi e terpenoidi. L'applicazione di estratti di piante e oli essenziali produce diversi effetti sulle specie infestanti bersagliate [De Mastro 2021]. Possono inibire o ridurre la germinazione delle erbe, causare la perdita di vigore dei semi, ritardare la germinazione, ridurre la lunghezza delle radici e dei germogli delle piantine, indurre la necrosi delle radici e ridurre l'accumulo di biomassa delle piantine [Liu 2015].

Il potenziale erbicida degli estratti di piante e degli oli essenziali dipende da molteplici fattori. Le specie vegetali appartenenti a famiglie e generi diversi differiscono notevolmente nel loro effetto, così come le popolazioni di specie particolari. L'origine geografica, le pratiche agricole, così come le variazioni stagionali e lo stadio di crescita delle piante influenzano l'efficacia erbicida [Kumar 2021]. Fattori ambientali come la posizione microclimatica, l'intensità della



Co-funded by
the European Union



luce e della temperatura, la disponibilità di acqua e di nutrienti e altri fattori abiotici e biotici possono aumentare la produzione di metaboliti secondari nelle piante e potenziarne il potenziale erbicida [Roberts 2022]. L'attività è influenzata anche dalla concentrazione, dal metodo di estrazione (estrazione a freddo/caldo, estratti acquosi, estratti metanolici, estratti etanolici, oli essenziali) e dal fatto che il materiale vegetale sia fresco o secco [Hasan 2021]. Il potenziale erbicida dipende anche in larga misura dalle specie infestanti bersaglio poiché differiscono nella loro sensibilità. Allo stesso modo, è importante che gli estratti vegetali e gli oli essenziali non abbiano effetti negativi sul raccolto quando vengono applicati. Gli estratti vegetali e gli oli essenziali possono essere applicati sui semi o sulle piantine di piante infestanti da soli o in combinazione con dosi inferiori di erbicidi sintetici [Zhang 2022].

Lo screening delle specie vegetali in condizioni di laboratorio è il primo passo nella valutazione del potenziale erbicida, sia su terreno artificiale che nel terreno, seguito da esperimenti in serra. Le sperimentazioni dovrebbero considerare diversi fattori, come specie vegetali, metodo di estrazione, concentrazione, metodo di applicazione e specie target, al fine di valutare appieno l'efficacia degli estratti vegetali e degli oli essenziali [Schein 2022].

In sintesi, l'utilizzo di estratti vegetali e oli essenziali per scopi erbicidi rappresenta una strategia promettente ed ecologica per il controllo delle erbe infestanti e dei parassiti in agricoltura. Nonostante i loro numerosi vantaggi, è fondamentale tenere conto della loro diversa efficacia, dei limitati effetti residui e del potenziale di non selettività quando li si integra nei piani di gestione dei parassiti. Il raggiungimento di risultati positivi dipende dall'applicazione e dal dosaggio precisi.



Capitolo 4. Malattie delle piante nella produzione medicinale (Ćosić J, Vrandečić K)

Le malattie delle piante nella coltivazione medicinale hanno implicazioni sostanziali per la qualità, la resa e la sicurezza delle specie di piante medicinali. Le infezioni patogene possono esercitare un'influenza pronunciata sugli aspetti quantitativi e qualitativi dei costituenti bioattivi all'interno di queste piante, esercitando di conseguenza effetti a cascata sulla loro efficacia terapeutica e sul profilo di sicurezza nell'ambito della fitoterapia. Il contenuto principale della parte relativa alle malattie delle piante nella produzione di piante medicinali è presentare la ricerca nel campo dei patogeni vegetali nelle piante medicinali incentrata sullo studio delle malattie causate da vari agenti patogeni, che possono influenzare la salute e la produttività di queste preziose piante [Sofowora 2013]. Tra tutti gli agenti patogeni biotici, i patogeni fungini sono i più importanti. In base all'ambiente ospite i patogeni vegetali si dividono in polifagi, oligofagi e monofagi. Perché si manifesti una malattia devono essere soddisfatte tre condizioni: (i) l'agente patogeno deve essere presente sulla o nella pianta; (ii) le condizioni ambientali devono essere adatte all'agente patogeno e (iii) la pianta deve essere suscettibile alla malattia [Pandit 2022].

Comprendere le interazioni pianta-patogeno e sviluppare strategie di gestione efficaci sono fondamentali per mantenere la quantità e la qualità delle piante medicinali.

L'identificazione e la caratterizzazione dei patogeni vegetali è il primo passo nella loro gestione. Sulle piante possono causare diversi sintomi che in alcuni casi sono molto tipici di alcune malattie e sulla base di questi sintomi possiamo determinare l'agente eziologico della malattia. Molto più spesso i sintomi non sono specifici e quindi eseguiamo ulteriori analisi per determinare la causa della malattia. La biologia dei patogeni e i meccanismi di infezione fanno parte dello studio della biologia e dei meccanismi di infezione dei patogeni delle piante, aiutando a comprendere come interagiscono con le piante medicinali e causano malattie e perdite di rendimento [Venbrux 2023].

Questa conoscenza aiuta a identificare i punti critici di vulnerabilità e a sviluppare misure di controllo mirate.

Strategie di gestione delle malattie: lo sviluppo di strategie efficaci di gestione delle malattie è fondamentale per prevenire e controllare le malattie delle piante nelle colture medicinali. I ricercatori esplorano vari approcci, tra cui pratiche colturali, controllo chimico, controllo biologico e uso di cultivar resistenti o tecniche di ingegneria genetica per mitigare le epidemie di malattie [Scortichini 2022].

I vantaggi fondamentali della protezione chimica delle piante consistono nella soppressione rapida, economica ed efficace degli agenti patogeni delle piante, ma questi vantaggi sono



Co-funded by
the European Union



ridotti dall'impatto indiretto negativo sulla salute umana, sull'inquinamento ambientale e sull'equilibrio ecologico [Marchand 2023].

Gestione integrata delle malattie significa un'attenta considerazione di tutti i metodi fitosanitari disponibili e la successiva integrazione di misure appropriate che scoraggiano lo sviluppo di agenti patogeni delle piante e mantengono l'uso di prodotti fitosanitari e altre forme di intervento a livelli economicamente ed ecologicamente giustificati e riducono o minimizzano rischi per la salute umana e per l'ambiente. Gli approcci di gestione integrata delle malattie implicano la combinazione di più strategie per controllare le malattie delle piante. I ricercatori studiano l'efficacia delle pratiche di gestione integrata dei parassiti (IPM) al fine di ridurre al minimo l'incidenza della malattia [Razdan 2009].

In sintesi, le malattie delle piante nel contesto della produzione di piante medicinali presentano notevoli ostacoli all'integrità, alla produttività e alla sicurezza della flora e delle erbe medicinali. Queste affezioni patogene hanno la capacità di perturbare la composizione dei costituenti bioattivi, la produzione delle colture e la vitalità generale di questi esemplari botanici. L'adozione imperativa di approcci di gestione delle malattie sostenibili ed ecologicamente armoniose assume un significato fondamentale nel sostenere la fornitura ininterrotta di piante medicinali di qualità superiore per l'impiego nella fitoterapia e in ambiti affini. Inoltre, l'applicazione di rigorose misure di garanzia della qualità e valutazioni della sicurezza assume un'importanza fondamentale nella salvaguardia del benessere dei consumatori nel settore della fitoterapia.



Capitolo 5. Attività antifungina degli oli essenziali in agricoltura (Vrandečić K, Ćosić J)

L'attività antifungina degli oli essenziali in agricoltura è la parte del corso che mira a fornire informazioni sugli oli essenziali e sulle loro potenziali proprietà antimicrobiche come alternative naturali per il controllo dei patogeni delle piante. Gli oli essenziali potrebbero non sostituire completamente i fungicidi tradizionali, ma possono fungere da strumenti preziosi nelle strategie di gestione integrata dei parassiti [Nazzaro 2017]. I composti biologici estratti dalle piante potrebbero rappresentare una delle alternative più importanti che non hanno effetti pericolosi sulla salute umana e sull'ambiente. La storia dell'utilizzo di composti di origine vegetale come oli essenziali ed estratti contro i fitopatogeni risale quasi ai tempi in cui venivano attribuite le malattie delle piante. È noto da tempo che gli oli essenziali hanno attività antifungina, antibatterica e antivirale. Molti oli essenziali presentano proprietà antifungine e possono essere efficaci contro una serie di agenti patogeni delle piante. Possono inibire la crescita e la riproduzione dei funghi responsabili di malattie come la muffa grigia, il marciume radicale e il marciume radicale. Molte ricerche sono in corso e la maggior parte di esse sono in vitro. Gli oli essenziali possono essere applicati direttamente sui tessuti vegetali o utilizzati come spray fogliari per controllare gli agenti patogeni. Gli effetti antifungini degli oli essenziali dipendono dal metodo di applicazione. Possono essere volatilizzati e utilizzati come fumiganti per controllare gli agenti patogeni presenti nell'aria. I componenti fenolici più grandi (timolo, eugenolo) hanno l'effetto migliore se applicati direttamente al terreno, mentre i componenti più piccoli (citrale, isotiocianato di allile) sono più efficaci quando vengono utilizzati come volatili [Montenegro 2020]

Gli oli essenziali spesso contengono più di 50 componenti, di cui da 1 a 3 sono i componenti principali che rappresentano il 90% o più del volume totale. Tutte le altre componenti sono spesso rappresentate in misura inferiore all'1%. La loro attività biologica dipende dalla composizione chimica che è determinata dalla specie vegetale, dalla concentrazione applicata, dall'origine geografica, dalle condizioni ambientali e dalla pratica agronomica. Inoltre, l'efficacia antifungina degli oli essenziali è influenzata dalla sensibilità delle specie bersaglio [Moumni 2021].

L'espressione dell'effetto fungistatico o fungicida degli oli essenziali è spesso molto chiara, ma, in molti casi, la modalità di azione antifungina non è completamente compresa. La modalità d'azione degli oli essenziali dipende dal tipo di organismi bersaglio ed è principalmente correlata alla struttura della parete cellulare e alla disposizione della membrana



Co-funded by
the European Union



esterna. Aumentano la permeabilità delle membrane cellulari e ne riducono la funzione, inibiscono la crescita dei funghi, la sporulazione e l'allungamento del tubo germinale di molti agenti patogeni delle piante. In un gran numero di casi l'attività antimicrobica risulta dalla complessa interazione tra diversi composti come esteri, eteri, fenoli, aldeidi, alcoli e chetoni. In alcuni casi, le bioattività degli oli essenziali sono strettamente correlate all'attività dei principali componenti degli oli. D'altra parte, i risultati di molte ricerche precedenti hanno affermato che gli oli essenziali interi hanno effetti antifungini più elevati rispetto al loro componente principale o alla miscela di diversi componenti principali. Questi fatti portano a supporre che i componenti minori siano estremamente importanti per l'attività sinergica dei componenti. Inoltre, è molto difficile per i funghi sviluppare resistenza a una miscela di componenti oleosi con diversi meccanismi di attività antimicrobica [Basak 2018].

È importante considerare l'olio essenziale specifico, la concentrazione e l'agente patogeno bersaglio quando si utilizzano oli essenziali come fitofarmaci. È essenziale condurre studi su piccola scala in vitro e in vivo per determinare l'efficacia e i potenziali effetti fitotossici degli oli essenziali sui patogeni target [Beressa 2020].

In sintesi, l'utilizzo degli oli essenziali per le loro proprietà antifungine in ambienti agricoli presenta un approccio prospettico ed ecologicamente sostenibile per mitigare gli effetti deleteri delle malattie fungine sulla coltivazione delle colture. Gli oli essenziali fungono da componenti preziosi all'interno dei paradigmi di gestione integrata dei parassiti, salvaguardando così la produttività agricola e mitigando l'impatto ecologico collaterale. È fondamentale sottolineare che l'efficacia degli oli essenziali richiede un'adeguata comprensione delle metodologie di applicazione e delle dinamiche sfumate di particolari colture e delle malattie fungine associate.



Capitolo 6. Condizioni agrotecniche, coltivazione, raccolta e conservazione delle piante medicinali (Pop G, Obistioiu D)

I prerequisiti agrotecnici, le metodologie di coltivazione, le tecniche di raccolta e le procedure di conservazione costituiscono componenti integrali della produzione di piante medicinali. La coltivazione e la salvaguardia duratura degli esemplari di piante medicinali dipendono dalla fusione di diversi fattori e metodologie. La produzione di materia prima vegetale è condizionata, sia quantitativamente che qualitativamente, da una serie di fattori tra cui: biologici, ecologici, tecnologici e socio-economici [Civitarese 2023]

Fattori Biologici. Il contenuto di principi attivi delle piante medicinali e aromatiche è influenzato dalla produzione ereditaria, dai requisiti di qualità della cultivar e dal valore culturale del materiale del seme.

Fattori Ecologici. Oltre ad una flora diversificata e ricca, il nostro paese presenta un'ampia varietà di condizioni climatiche e del suolo. La produttività delle piante medicinali e aromatiche coltivate e la qualità della loro produzione sono condizionate da fattori biologici (valore biologico e culturale del materiale vegetale); fattori ecologici (clima del suolo, orografia); zonizzazione ecologica delle piante e da fattori tecnologici (rotazione, concimazione, lavorazione del terreno, semina o impianto, lavorazione del terreno, raccolta e condizionamento della produzione) [Liu 2015].

Temperatura. Durante l'ontogenesi, i principali fenomeni biologici e fisiologici (assorbimento di acqua e nutrienti, velocità di movimento, reazioni chimiche, crescita e sviluppo delle piante) si svolgono in condizioni ottimali ad una determinata temperatura - l'"ottimo armonico" - differenziata a seconda della specie. [Wróbel 2020].

Umidità. L'acqua influenza la quantità e la qualità della produzione vegetale, nel senso che assolutamente tutti i processi biochimici e fisiologici vitali consumati nel corpo vegetale avvengono in presenza di acqua. L'importanza dell'acqua risiede: (i) nella formazione della soluzione del suolo; (ii) il trasporto di sostanze minerali e sintetiche all'interno dell'impianto; (iii) la partecipazione in proporzioni uguali all'anidride carbonica nel processo di assimilazione della clorofilla (sintesi della materia organica) grazie ai suoi componenti - ossigeno e idrogeno; (iv) le reazioni di ossidazione e riduzione come mezzo di reazione; (v) facilitare l'assorbimento e la circolazione attraverso i vasi; (vi) il mantenimento della tensione cellulare; (vii) il rilascio o l'assorbimento di energia e la regolazione della temperatura dei tessuti attraverso la traspirazione e l'evaporazione [Herzog 2021].



Co-funded by
the European Union



Luce. La luce gioca un ruolo speciale nella vita vegetale. Attraverso la luce l'energia solare viene integrata nella pianta come energia potenziale. L'energia luminosa viene assorbita dalla clorofilla, che attraverso il processo di fotosintesi converte l'anidride carbonica prelevata dalle foglie in monosaccaridi [Kubica 2020].

Terreno. Il suolo è importante per le sue caratteristiche: consistenza, struttura, soluzione del suolo, reazione del suolo e capacità tampone.

La tessitura del suolo, cioè la composizione granulometrica del terreno, influenza lo sviluppo e la capacità di assorbimento del sistema radicale, la circolazione dell'acqua, la ritenzione degli ioni nutritivi, la capacità di scambio cationico, l'attività microbiologica, ecc.

La struttura del suolo è un fattore molto importante per la fertilità del suolo, influenzando lo scambio di gas, il regime termico, la circolazione dell'acqua e il modo in cui le particelle elementari sono raggruppate in aggregati strutturali. La struttura e la tessitura del suolo sono quelle carenze considerate requisiti imprescindibili per lo sviluppo delle piante: le specie con seme basso e molto basso vengono seminate superficialmente, e nel terreno deve essere assicurato un rapporto favorevole tra il regime acqua-aria e un adeguato apporto di nutrienti [Liu 2021].

In sintesi, la prospera coltivazione delle piante medicinali richiede una meticolosa valutazione dei parametri agrotecnici, che comprendono le caratteristiche del suolo, le condizioni climatiche e l'esposizione solare. L'implementazione di tecniche di coltivazione appropriate, che comprendano un'accurata selezione dei semi, metodologie organiche e l'adozione di strategie di controllo dei parassiti, rappresentano fattori determinanti fondamentali per la vitalità delle piante. La raccolta tempestiva, accompagnata da prudenti tecniche di essiccazione e lavorazione, serve a perpetuare gli attributi medicinali. Inoltre, pratiche di conservazione diligenti, insieme ad un'etichettatura precisa, sono fondamentali per il mantenimento della qualità delle piante medicinali, soddisfacendo così uno spettro di applicazioni, che comprende la medicina erboristica e i prodotti farmaceutici.



Capitolo 7. Piante medicinali di provata efficacia contro ceppi batterici patogeni medici (Obistoiu D, Pop G, Voica D, Avram D)

Nel corso della storia, la flora medicinale è stata impiegata per un lungo periodo per alleviare diverse malattie mediche, con un sottoinsieme di queste specie botaniche che hanno dimostrato un'efficacia empiricamente verificata contro i ceppi batterici patogeni. L'utilizzo di piante medicinali con proprietà antibatteriche ha acquisito rilevanza alla luce della crescente sfida posta dalla resistenza agli antibiotici, accelerando l'esplorazione di modalità terapeutiche alternative.

Le piante e altre fonti naturali possono fornire molti composti strutturalmente diversi e complessi. Estratti vegetali e oli essenziali con proprietà antifungine, antibatteriche e antivirali sono stati analizzati in tutto il mondo come potenziali fonti di nuovi composti antimicrobici, conservanti alimentari e trattamenti alternativi per le malattie infettive. Agli oli essenziali sono state attribuite proprietà antisettiche, antibatteriche, antivirali, antiossidanti, antiparassitarie, antifungine e insetticide. Gli oli essenziali (EO) possono quindi essere un potente strumento per combattere i microrganismi resistenti [Chouhan 2017; Duque-Soto 2023]. Sebbene in passato lavori pionieristici abbiano chiarito i meccanismi d'azione di diversi componenti, manca ancora una conoscenza dettagliata dei meccanismi d'azione della stragrande maggioranza dei composti [Chouhan 2017].

Gli EO (oli volatili) sono liquidi aromatici e oleosi estratti dalle piante (foglie, germogli, frutti, fiori, erbe, rami, corteccia, legno, radici e semi [El 2016, Safaei-Ghomi 2010]. Negli ultimi anni è aumentato l'interesse nella ricerca e nello sviluppo di nuovi agenti antimicrobici derivati da diverse fonti per combattere la resistenza microbica. L'aggiunta di oli essenziali agli antibiotici può ridurre la concentrazione minima inibente antimicrobica (MIC), con l'effetto maggiore osservato con gli aminoglicosidi come l'amikacina [Chouhan 2017, Basavegowda 2022].

La composizione, i gruppi funzionali dei componenti attivi e le loro interazioni sinergiche determinano l'attività antimicrobica. Il meccanismo d'azione antimicrobico varia a seconda del tipo di prodotto naturale o del ceppo di microrganismi. È noto che i batteri Gram-positivi sono più sensibili all'attività dei prodotti vegetali naturali rispetto ai batteri Gram-negativi. Questo perché i batteri Gram-negativi hanno una membrana esterna rigida e più complessa, ricca di lipopolisaccaridi (LPS), che limita la diffusione dei composti idrofobici. Al contrario, i batteri Gram-positivi sono circondati da una spessa parete di peptidoglicano che non è abbastanza



Co-funded by
the European Union



denza da resistere alle piccole molecole di antimicrobici, facilitandone così l'accesso attraverso la membrana cellulare. A causa delle estremità lipofile dell'acido lipoteicoico nella membrana cellulare, i batteri Gram-positivi possono anche facilitare la penetrazione dei composti idrofobici dell'EO [Chouhan 2017, Balouiri 2016].

Diversi studi hanno dimostrato che le molecole bioattive possono attaccarsi alla superficie cellulare e attraversare la barriera fosfolipidica della membrana cellulare. Il loro accumulo distrugge l'integrità strutturale della membrana cellulare, il che può essere dannoso, alterando il metabolismo cellulare e causando la mortalità cellulare [Basavegowda 2022]. L'interazione tra gli antimicrobici in una miscela può avere tre risultati distinti: sinergico, additivo o antagonista [Chouhan 2017, Yang 2022, Zhang 2017].

Gli elevati tassi di morbilità e mortalità sono la prova evidente dell'allarmante aumento della multiresistenza degli agenti patogeni. È uno dei maggiori ostacoli che medici e ricercatori devono affrontare. I trattamenti medici inefficaci esistenti hanno spinto alla ricerca di farmaci nuovi ed efficaci per affrontare questo problema. A causa dell'aumento dei batteri resistenti agli antibiotici e della scarsità di nuovi antibiotici sul mercato, è necessario sviluppare strategie alternative per il trattamento delle infezioni causate dall'azione di diversi batteri resistenti ai farmaci. Tra le strategie proposte figurano la creazione di alternative agli antibiotici e la scoperta o lo sviluppo di adiuvanti. Una possibilità è la combinazione di antibiotici con farmaci non antibiotici. Gli antibiotici possono anche essere combinati con adiuvanti o agenti antimicrobici selezionati dal serbatoio di composti bioattivi presenti in natura [Balouiri 2016].

È fondamentale riconoscere che l'efficacia delle piante medicinali può mostrare variabilità dipendente da fattori tra cui la modalità di preparazione della pianta, la concentrazione e il particolare ceppo batterico in considerazione. Inoltre, nonostante le dimostrate proprietà antibatteriche di questi agenti botanici, essi potrebbero non servire invariabilmente come unico sostituto degli agenti antibiotici convenzionali. Spesso vengono utilizzati in combinazione con interventi medici complementari o come misure profilattiche volte a rafforzare la salute generale.

Prima dell'utilizzo delle piante medicinali a fini terapeutici, è necessario chiedere il parere di un operatore sanitario per accertarne l'applicazione sicura ed efficace, in particolare in scenari che comportano gravi infezioni batteriche.



Co-funded by
the European Union



Capitolo 8. L'attività delle piante medicinali contro i batteri patogeni prevalenti nell'industria alimentare (Negrea M, Cocan I, Alexa E, Obistoiu D, Voica D, Avram D)

La valutazione dell'efficacia delle piante medicinali contro i batteri patogeni prevalenti nell'industria alimentare è emersa come un ambito sempre più significativo nel campo della sicurezza alimentare e della salute pubblica. L'ubiquità dei batteri patogeni all'interno dell'ambiente di produzione alimentare sottolinea l'imperativo di studiare approcci alternativi di derivazione naturale per mitigare questi agenti microbici, che hanno il potenziale di favorire malattie di origine alimentare ed epidemie. La prevenzione del deterioramento degli alimenti e della comparsa di agenti patogeni che causano intossicazioni alimentari viene solitamente ottenuta attraverso l'uso di additivi chimici che hanno una serie di effetti negativi, tra cui: i rischi per la salute umana derivanti dai composti chimici, la presenza di residui chimici negli alimenti e catene alimentari e acquisizione della resistenza microbica ai prodotti chimici utilizzati.

A causa di queste preoccupazioni, è più importante che mai trovare un'alternativa naturale, sana e sicura ai conservanti. Da tempo gli estratti vegetali vengono utilizzati per prevenire le intossicazioni alimentari e conservare gli alimenti [Mostafa AA 2018].

Alcune delle sfide che i produttori di pane devono affrontare includono l'estensione della durata di conservazione riducendo l'irrancidimento e diminuendo il deterioramento microbico, poiché questi cambiamenti portano al deterioramento del pane e di altri prodotti da forno. Per superare queste difficoltà e aumentare la durata di conservazione, vengono utilizzati antiossidanti e conservanti chimici disponibili in commercio, come gli inibitori della muffa. Il pane può essere utilizzato come alimento funzionale per aumentare in modo efficiente l'assunzione di erbe che promuovono la salute umana e prevengono le malattie poiché è uno degli alimenti più importanti e ampiamente consumati in tutto il mondo [Ibrahim 2015].

Secondo il movimento "ritorno alla natura", l'uso di erbe naturali e piante medicinali nei pasti è visto come un'alternativa all'uso di prodotti chimici di sintesi [Nieto 2020].

Le erbe medicinali sono utilizzate da migliaia di anni in cucina e sono poco costose, facilmente disponibili e salutari. Inoltre, poiché contengono sostanze fitochimiche vantaggiose, vengono utilizzati in diverse formulazioni medicinali sia per curare che per prevenire i disturbi. Inoltre, le erbe vengono utilizzate nel settore alimentare come antiossidanti naturali per prevenire l'ossidazione dei lipidi, aumentare il valore nutrizionale degli alimenti e conferire gusto a una varietà di bevande [Lourenço 2019].



Co-funded by
the European Union



Poiché le piante contengono una varietà di composti antifungini vitali, come composti fenolici, glucosinolati, glicosidi cianogenici, ossilipine e alcaloidi, gli estratti vegetali sono stati studiati a fondo come bioconservanti nei prodotti da forno [Axel 2017].

Grazie al loro potenziale come conservanti alimentari naturali, agenti aromatizzanti e agenti decontaminanti, gli oli essenziali vegetali stanno attirando molto interesse nell'industria alimentare poiché sono anche generalmente riconosciuti come sicuri - GRAS [Colombo 2020]. Sono stati condotti numerosi studi per determinare se gli oli essenziali possono prolungare la durata di conservazione del pane. Di conseguenza, gli oli essenziali hanno proprietà antifungine. Secondo studi condotti in precedenza, gli oli di timo, cannella e chiodi di garofano erano noti per inibire i funghi deterioranti, mentre gli oli di arancia, salvia e rosmarino avevano solo un effetto trascurabile [Liu 2017]. I ricercatori hanno riferito che è stato scoperto che l'olio di cannella, chiodi di garofano e cardamomo sopprime la crescita di microrganismi nei biscotti [Sulieman 2023].

L'issopo è un'importante erba medicinale utilizzata nelle miscele di tè per avere benefici antifungini, antispastici e antitosse. Il suo olio essenziale è utilizzato nell'industria alimentare ed è ricco di pinocamfone, -pinene, mirtenolo, linalolo, metileugenolo e limonene [Hatipoğlu 2013]. Secondo gli studi condotti da Gavahian et al., una varietà di oli essenziali, come timo, cannella, origano e citronella, possono fermare lo sviluppo di germi pericolosi nel pane, prolungandone la durata di conservazione e migliorandone la sicurezza. [Gavahian 2020]. The potential of L'olio essenziale di *Thymus vulgaris* è stato precedentemente studiato contro *Aspergillus*, *Penicillium*, *Ulocladium*, *Cladosporium*, *Trichoderma*, *Rhizopus*, *Chaetomium* e *Aspergillus niger*, mostrando attività antifungina [Khalili 2015].

Altri studi hanno evidenziato che l'olio di palmarosa, con la specifica fragranza della rosa, sembra essere un buon candidato per essere utilizzato come agente antibatterico contro il *Bacillus subtilis* nell'industria della panificazione [Lodhia 2009].

In sintesi, l'utilizzo di piante medicinali comprovate per le loro proprietà antibatteriche nel settore alimentare mostra un potenziale nell'aumentare la sicurezza alimentare e nel diminuire la prevalenza di microrganismi patogeni di origine alimentare. La ricerca in corso in questo ambito continua a esaminare l'efficacia di distinti estratti e oli essenziali di origine vegetale contro batteri patogeni all'interno di diverse matrici alimentari. Poiché le preferenze dei consumatori tendono verso una maggiore sicurezza alimentare e una predilezione per le soluzioni naturali, l'integrazione delle piante medicinali come conservanti alimentari naturali potrebbe prevedibilmente testimoniare una fiorente adozione all'interno dell'industria alimentare.



Capitolo 9. L'uso delle piante medicinali come ingredienti a valore aggiunto nell'industria dei prodotti funzionali da forno e pasticceria (Alexa E, Voica D, Negrea M, Cocan I, Avram D)

Le piante officinali possono essere aggiunte tal quali o sotto forma di estratti, oli essenziali nei prodotti da forno con la seguente finalità: i) migliorare le proprietà sensoriali dei prodotti; ii) per un ruolo antiossidante attraverso l'inclusione di principi attivi polifenolici, e iii) per un ruolo antimicrobico dovuto ai composti antifungini e antibatterici biologicamente attivi presenti nelle piante medicinali [Milla 2021].

Piante medicinali utilizzate per migliorare il gusto, il colore e l'aroma dei prodotti da forno

Piante officinali come: aneto, prezzemolo in foglie, salvia, basilico, timo, cerfoglio, crescione, coriandolo, cumino, anice ed altre vengono utilizzate in panetteria e pasticceria allo scopo di condire i prodotti. Le piante officinali aggiunte in diverse forme di preparazione dell'impasto ne migliorano le proprietà sensoriali, esercitando effetti positivi o negativi sulle sue proprietà reologiche. Uno studio precedente ha dimostrato che i parametri di qualità del pane (rapporto H/D, volume, porosità) ottenuto con l'aggiunta del 5% di cumino come infuso sono superiori rispetto al controllo [Sayed 2018]. Al contrario, altri studi hanno riportato che l'aggiunta di piante aromatiche porta al peggioramento delle proprietà reologiche dell'impasto come: gommosità, forza, adesività, elasticità, masticabilità, tra gli altri, questo effetto è dovuto ai composti polifenolici presenti nell'impasto composizione delle piante che esercitano attività antiossidante [Czajkowska–González 2021]. Alcuni principi attivi derivati da piante officinali come la curcumina vengono utilizzati come coloranti in panetteria e pasticceria per esaltare il colore dei prodotti alimentari o per farli apparire più gustosi e attraenti al consumatore [Arraiza 2009].

Piante medicinali come agenti antiossidanti nei prodotti da forno

Un effetto antiossidante ottenuto dopo l'arricchimento del pane integrale con estratti di *Camellia sinensis*, *Asparagus racemosus* e *Curcuma longa* è stato riportato da Pop et al. Hanno evidenziato che l'aggiunta del 5% di estratti aumentava la capacità antiossidante del pane senza alterarne le proprietà sensoriali [Pop 2016]. Sono state segnalate anche le proprietà antiossidanti della polvere di tè verde che sostituisce parte della farina nei pan di spagna [Ma 2018].

Anche se sono evidenti gli effetti benefici riguardanti l'aumento della capacità antiossidante dei prodotti da forno mediante l'aggiunta di estratti di piante officinali, sono stati riportati studi riguardanti le modifiche nel comportamento del glutine del pane causate dai polifenoli [Czajkowska–González 2021].



Co-funded by
the European Union



Piante medicinali come agenti antimicrobici nei prodotti da forno

Diversi tipi di oli essenziali, in particolare quelli appartenenti alla famiglia delle Lamiaceae e delle Umbrellifere, sono menzionati come agenti antimicrobici nell'industria della panificazione, risultando in un prodotto con una durata di conservazione prolungata e una maggiore sicurezza [Gavahian 2020]. Sitara et al. Hanno valutato gli oli essenziali estratti dai semi di neem (*Azadirachta indica*), senape (*Brassica campestris*), cumino nero (*Nigella sativa*) e assafetida (*Ferula asafoetida*) contro funghi come: *F. oxysporum*, *F. moniliforme*, *F. nivale*, *F. semitectum*. Tutti gli oli estratti hanno mostrato attività fungicida [Sitara 2008].

Per la sua composizione chimica, l'*Origanum vulgare* contribuisce a prolungare la conservabilità e le qualità nutrizionali di molti prodotti, come pane e prodotti da forno, cereali [Chis 2017]. La pianta dell'origano è ricca di fibre, attività antiossidante, contenuto fenolico e può essere utilizzata fino al 2% nel pane per migliorare qualità nutrizionali e sensoriali, volume specifico e conservabilità, avendo anche un'azione inibitrice sulle muffe [Muresan 2012]. Sono necessari ulteriori studi per lo sviluppo di strategie comuni per il controllo e la prevenzione dello sviluppo di funghi e micotossine nei prodotti da forno e di pasticceria.

In sintesi, l'inclusione delle piante medicinali come componenti a valore aggiunto nel settore della panificazione e della pasticceria offre una prospettiva per lo sviluppo di alimenti funzionali che fondono attributi gustativi con potenziali proprietà benefiche per la salute. Ciò è in linea con la crescente inclinazione dei consumatori verso prodotti dotati di attributi che promuovono il benessere, rendendo l'inclusione di questi componenti botanici una caratteristica di marketing distintiva per i produttori. Questa diversificazione amplia anche lo spettro di prodotti da forno e pasticceria più attenti alla salute e arricchiti dal punto di vista nutrizionale a disposizione dei consumatori. Il raggiungimento di questo obiettivo dipende da una formulazione meticolosa, da rigorose misure di garanzia della qualità e da una divulgazione inequivocabile di informazioni ai consumatori.



Co-funded by
the European Union



Capitolo 10. L'uso delle piante medicinali come ingredienti a valore aggiunto nell'industria della carne e dei latticini (Cocan I, Negrea M, Alexa E, Obistoiu D, Voica D, Avram D)

L'incorporazione delle piante medicinali come componenti a valore aggiunto nel settore della carne e dei latticini rappresenta un fenomeno in evoluzione che unisce l'ingegno gastronomico con potenziali attributi di promozione della salute. Questo approccio comprende l'inclusione di una vasta gamma di piante medicinali nella carne e nei latticini, culminando nella fornitura di alimenti funzionali ai consumatori. Questi prodotti non solo soddisfano le preferenze sensoriali, ma offrono anche il potenziale per attributi di miglioramento della salute. Le piante medicinali vengono utilizzate anche negli alimenti con l'obiettivo di conferire valore funzionale al prodotto alimentare in cui vengono aggiunte per la promozione della salute, poiché negli ultimi tempi le malattie cardiovascolari o gastrointestinali, l'ipertensione, il diabete e il cancro sono in aumento nei paesi industrializzati e benestanti. paesi sviluppati. I ricercatori sono quindi alla ricerca di modi per prevenire queste malattie o alleviarne le conseguenze producendo alimenti più sani e funzionali. Pertanto, l'uso di piante medicinali con effetti benefici sulla salute è noto dalla medicina tradizionale. Allo stesso tempo, l'uso delle piante medicinali mira anche a ridurre il contenuto di grassi o sale [Krickmeier 2019].

L'aggiunta di antiossidanti e antimicrobici naturali alla carne e ai prodotti a base di carne è una delle strategie importanti nello sviluppo di prodotti a base di carne più sani e nuovi. A questo proposito, diversi studi che utilizzano erbe, spezie, frutta ed estratti vegetali hanno dimostrato che l'aggiunta di questi estratti a prodotti a base di carne cruda e cotta riduce l'ossidazione dei lipidi, migliora la stabilità del colore e le capacità antiossidanti totali, che sono caratteristiche importanti la conservazione di prodotti a base di carne [Hygreeva 2014].

I principali componenti attivi/fitochimici responsabili dell'attività antiossidante dei derivati vegetali sono polifenoli, flavonoidi, diterpeni fenolici e tannini [Zhang 2010].

Un fattore importante da considerare quando si utilizzano erbe come antiossidanti è la concentrazione minima efficace, poiché la maggior parte di esse, a causa del loro alto contenuto di antiossidanti, possono imprimere colore e gusto molto intensi [Oswell 2018].

Alcune spezie con un potenziale antiossidante inferiore richiedono una dose di utilizzo maggiore. Questo è il caso del cumino e del cardamomo, con la dose più bassa riscontrata per la carne cotta (1%), come determinato da Qureshi et al. [Qureshi 2023].

Il latte e i latticini sono uno degli alimenti più comuni nelle diete di tutti i gruppi di popolazione e vengono consumati come tali e rappresentano un mezzo idoneo alla crescita di microrganismi indesiderati. Alcuni microrganismi deterioranti possono influire negativamente



Co-funded by
the European Union



sull'aspetto visivo e sul valore commerciale, mentre altri sono agenti patogeni che influiscono sulla sicurezza del prodotto. Studi recenti hanno registrato l'efficacia dei composti vegetali naturali quando introdotti direttamente nel latte o nel formaggio mediante immersione o spruzzatura [Clarke 2019; Ritota 2020].

Le erbe come sostituti degli additivi sono ampiamente utilizzate nell'industria lattiero-casearia. Grazie al loro ricco contenuto di vitamine, minerali e altre sostanze biologicamente attive hanno effetti benefici sulla digestione, sull'attività e sullo stato emotivo del sistema cardiovascolare [Ogneva 2015; Stanislav 2019].

Inoltre, le erbe conferiscono ai latticini un gusto e un odore pronunciati specifici delle piante, oltre a un aspetto attraente. Le sostanze biologicamente attive provenienti da materiali vegetali, comprese le piante medicinali, rappresentano una direzione promettente nella produzione di prodotti animali medicinali, preventivi e funzionali [Stanislav 2019].

In sintesi, l'integrazione delle piante medicinali come costituenti supplementari nel settore della carne e dei latticini rappresenta una strada per lo sviluppo di alimenti funzionali che armonizzano gli attributi sensoriali con potenziali caratteristiche di miglioramento della salute. In risposta alla crescente inclinazione dei consumatori verso prodotti che conferiscono potenziali benefici per il benessere, l'inclusione di questi elementi botanici stabilisce un vantaggio di marketing distintivo per i produttori. L'efficacia di questo impegno dipende da una formulazione meticolosa, da una rigorosa garanzia di qualità e da una comunicazione schietta con i consumatori, in linea con la crescente domanda dei consumatori di selezioni di carne e latticini più attenti alla salute e arricchiti dal punto di vista nutrizionale.



Co-funded by
the European Union



Capitolo 11. Azione farmacologica ed effetti sulla salute esercitati dai prodotti naturali derivati dalle piante medicinali (Dehelean CA, Soica CM, Pînzaru IA)

L'azione farmacologica dei prodotti naturali derivati dalle piante medicinali e i loro effetti sulla salute sono di notevole interesse per gli operatori della farmacologia, della medicina e della medicina naturale. I prodotti naturali contengono una varietà di composti bioattivi che possono avere diversi effetti all'interno del corpo umano. Nel corso della storia della medicina, le piante hanno avuto un ruolo fondamentale per le loro notevoli proprietà terapeutiche. Ancora oggi, attraverso l'esplorazione delle piante, vengono scoperte nuove molecole bioattive. Oggi più della metà dei farmaci utilizzati per la cura e la prevenzione di varie malattie provengono dalle piante. Inoltre, la medicina tradizionale è il metodo principale di trattamento per la maggior parte delle malattie in tutto il mondo [Gad 2013].

La morfina è stato il primo composto vegetale isolato e utilizzato nella medicina umana. Fu ottenuto dalla specie *Papaver somniferum* e segnò l'inizio dell'era della scoperta dei farmaci nel 1803 [Krishnamurti 2016]. Da allora, oltre 70.000 specie vegetali sono state studiate e utilizzate nella medicina tradizionale per le loro notevoli proprietà biologiche. Più recentemente, il numero di medicinali erboristici scoperti è aumentato grazie ai progressi scientifici in campi quali la genomica e la proteomica. Gli studi metabolomici vengono utilizzati anche per identificare nuovi bersagli biologici, per chiarire i meccanismi d'azione e per mantenere l'evidenza del beneficio dei farmaci e degli effetti terapeutici che sono stati sviluppati [Nasim 2022].

La ricerca in campo medico è focalizzata principalmente sulla scoperta del composto più promettente che sarà efficace nel trattamento di una moltitudine di patologie, tra cui cancro, malattie cardiovascolari e disturbi neurodegenerativi. [Thomford 2018]. Per ottenere un medicinale, i primi passi comprendono l'isolamento e la purificazione dei composti dalle loro fonti naturali. Successivamente i composti vengono valutati farmacologicamente e tossicologicamente per selezionare quelli con i migliori risultati con effetti mirati. Sta diventando sempre più diffuso tra gli scienziati la derivatizzazione di composti di origine vegetale per renderli più efficaci nell'interagire con bersagli biologici. Come fase finale vengono effettuati test tossicologici, farmacocinetici e farmacodinamici e, se i risultati sono positivi, i composti di origine vegetale possono essere considerati potenziali candidati terapeutici [Dzobo 2022].

Dal punto di vista dell'uso terapeutico, le piante forniscono diverse modalità di somministrazione. Il metodo di trattamento più comune è l'uso di rimedi casalinghi, come le



Co-funded by
the European Union



tisane. Esistono anche alcuni estratti vegetali che possono essere utilizzati in varie forme farmaceutiche, come tinture e polveri, in forma grezza o in frazioni standardizzate. È anche possibile il confezionamento di composti bioattivi sotto forma di medicinali [Nasim 2022].

Le piante producono molecole di segnalazione come citochinina, auxina e acido salicilico, nonché metaboliti secondari come alcaloidi, polifenoli e terpenoidi, che svolgono un ruolo fondamentale nei processi fisiologici delle piante. Il rilascio di queste molecole è particolarmente importante in condizioni di stress per proteggere la pianta. La medicina tradizionale fa molto affidamento su questi composti a causa delle loro piccole dimensioni molecolari e dei diversi meccanismi d'azione [Lepri 2023].

Il progresso biotecnologico ha portato anche allo sviluppo di proteine terapeutiche ricavate dai vegetali. I medicinali a base di erbe possono essere utilizzati per trattare un'ampia varietà di condizioni, tra cui il cancro, l'HIV, le malattie cardiovascolari e il diabete. I rimedi sono conosciuti come prodotti biologici dalle piante e hanno il vantaggio di produrre proteine terapeutiche più facilmente rispetto ai metodi basati su colture cellulari animali o fermentazione microbica. Inoltre, sono caratterizzati da un minor rischio di contaminazione microbica, che li rende una piattaforma competente e una delle classi di prodotti in più rapida crescita nell'industria farmaceutica. Molti farmaci utilizzati nel mondo moderno si basano su proteine derivate dalle piante [Chen 2016]. Ad esempio, le carote producono taliglucerasi alfa, una sostanza utilizzata per trattare la malattia di Gaucher. Inoltre, i vaccini antinfluenzali sono in fase di sperimentazione clinica e i vaccini contro il COVID-19 basati su particelle simili a virus rappresentano un importante candidato biofarmaceutico [Rosales-Mendoza 2020]

I prodotti naturali hanno attirato l'attenzione dell'industria farmaceutica, determinando un crescente interesse per i medicinali a base vegetale. Le medicine naturali presentano una serie di vantaggi rispetto alle medicine sintetiche, tra cui rischi minori, maggiore efficienza terapeutica e metabolismo e assorbimento più facili. Inoltre, i processi di purificazione e standardizzazione di un singolo composto sono più convenienti, facilitandone l'utilizzo nei moderni sistemi di somministrazione dei farmaci.

In conclusione, i prodotti naturali derivati dalle piante medicinali esercitano un ampio spettro di azioni farmacologiche. Vari aspetti della salute possono trarre beneficio dal loro potenziale terapeutico, dal controllo dell'infiammazione alla protezione dalle infezioni e dallo stress ossidativo. Sia nella medicina tradizionale che in quella moderna, questi prodotti naturali hanno svolto un ruolo importante nello sviluppo dei farmaci. Per garantire sicurezza ed efficacia, il loro utilizzo dovrebbe essere guidato da prove scientifiche e competenze mediche.



Co-funded by
the European Union



Capitolo 12. Piante medicinali e valori dietetici di riferimento (Dehelean CA, Soica CM, Pînzaru IA)

I valori dietetici di riferimento e le piante medicinali sono due aspetti distinti della salute e della nutrizione. Nell'ambito delle linee guida dietetiche vengono stabiliti valori dietetici di riferimento al fine di guidare gli individui nel mantenimento di una dieta equilibrata e sana e le piante medicinali possono contribuire al raggiungimento di questi obiettivi dietetici. A livello globale, la nutrizione svolge un ruolo fondamentale nella prevenzione della mortalità [English 2021]. Alla luce di ciò, l'intervento dietetico richiede uno sforzo significativo sia da parte degli operatori sanitari che da parte dei pazienti. È stato riscontrato che la consulenza ai pazienti da un punto di vista nutrizionale viene spesso trattata in modo superficiale, concentrandosi principalmente sugli interventi farmacologici [Hever 2017]. I principali benefici della dieta a base vegetale sono stati sottolineati anche in concomitanza con il progresso scientifico nel settore. La definizione di alimento intero è l'associazione di verdura, frutta, legumi, cereali integrali, noci, semi, erbe aromatiche e spezie. Diverse associazioni dedite alla prevenzione delle malattie cardiovascolari e del cancro, nonché il Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti, hanno sottolineato l'importanza di fornire un adeguato apporto di fibre, minerali e vitamine garantendo che metà del piatto sia costituito da frutta e verdura [McGuire 2016]. Il rapporto ideale dei macronutrienti negli alimenti è ancora un argomento intensamente dibattuto. Esistono ampie prove che hanno evidenziato i benefici per la salute di una dieta a base vegetale [Yokose 2021]. I macronutrienti più importanti che si possono trovare nel regno vegetale includono carboidrati, proteine e acidi grassi.

Carboidrati. L'assunzione giornaliera raccomandata di carboidrati in condizioni normali è di circa 130 grammi, escludendo la gravidanza e l'allattamento [Clemente-Suárez 2021]. Ecco una serie di fonti ottimali di carboidrati, tra cui verdure, frutta e cereali. È prassi comune etichettare come fonti primarie di carboidrati alcuni prodotti di origine vegetale, come tuberi interi e patate. Il contenuto proteico di questi prodotti è soddisfacente nonostante siano considerati ad alto contenuto energetico, ma poveri di proteine. Sostituendo il riso al pollo, ad esempio, l'equilibrio dell'azoto viene mantenuto. Questi risultati dimostrano che le fonti alimentari a base vegetale possono soddisfare i fabbisogni nutrizionali in modo sano ed equilibrato [Alcorta 2021].

Proteina. Il consumo raccomandato di proteine è di 0,8 g/kg/giorno per gli adulti. Diversi studi recenti raccomandano un aumento di questa assunzione a 1,2 g/kg/giorno per gli individui di età superiore ai 65 anni [Lonnie 2018]. Sebbene il marketing alimentare si sia concentrato in gran parte sulle proteine di origine animale, tutti gli aminoacidi essenziali sono sintetizzati da



Co-funded by
the European Union



batteri o piante, quindi possono essere facilmente ottenuti da prodotti vegetali [Hertzler 2020]. Gli alimenti a base vegetale ricchi di proteine includono noci, legumi, semi, soia e cereali integrali. Nonostante queste piante tendano a contenere una quantità minore di aminoacidi essenziali rispetto ai prodotti animali, alcuni studi suggeriscono che questa differenza può essere benefica [Gorissen 2018].

Acidi grassi alimentari. Gli acidi grassi hanno un intervallo di assunzione raccomandato più ampio rispetto ad altri macronutrienti, compreso tra il 20% e il 35% delle calorie totali per gli adulti di età superiore ai 19 anni [Poli 2023]. Ci sono solo due acidi grassi essenziali nella dieta: omega-3 e omega-6. Gli acidi grassi omega-3 si trovano principalmente nei semi di lino, semi di chia, semi di canapa, semi di soia, noci e germe di grano. Gli Omega 3 derivati dalle piante presentano molti vantaggi rispetto ai prodotti marini perché non contengono metalli pesanti come mercurio, piombo o altri inquinanti industriali [Liu 2022]. L'acido grasso omega-6, invece, si trova nella maggior parte delle piante ed è un acido grasso essenziale. Per questo motivo, alcune diete moderne tendono ad essere eccessive di grassi omega-6 consumando cibi ricchi di questo grasso, ma poveri di grassi omega-3. Malattie infiammatorie e croniche avevano maggiori probabilità di svilupparsi a causa di questo aumento del rapporto omega-6/omega-3 [Nur Mahendra 2023].

È importante notare che, sebbene gli studi si siano concentrati sul contenuto di macronutrienti delle piante, studi più recenti hanno evidenziato il ruolo benefico di altri micronutrienti nei prodotti a base vegetale. Una dieta sana deve contenere una varietà di micronutrienti, come vitamine, minerali e fitonutrienti [Assunção 2022]. Tra i fitonutrienti, i polifenoli sono una classe di composti di origine naturale che hanno attirato l'attenzione. Ad esso sono associate una serie di azioni biologiche benefiche, come le proprietà antiossidanti e la capacità di regolare la funzione delle cellule [Zhang 2022]. Numerosi altri composti, come flavonoidi, stilbeni e curcuminoidi, svolgono un ruolo importante nella prevenzione delle malattie cardiovascolari, delle malattie neurodegenerative e dei tumori. Inoltre, questi micronutrienti sono spesso cofattori enzimatici e hanno effetti pleiotropici e sinergici, diminuendo il rischio di malattie croniche [Monjotin 2022].

Una dieta a base vegetale ha numerosi benefici per la salute, con prove scientifiche che dimostrano che il consumo regolare di verdura, frutta, cereali integrali, noci e semi può ridurre significativamente il rischio di malattie croniche, come le malattie cardiovascolari.

In conclusione, le piante medicinali e i valori dietetici di riferimento sono strettamente correlati nel contesto della promozione della nutrizione e della salute. Una dieta completa ed equilibrata può trarre beneficio dal consumo di piante medicinali, poiché contengono nutrienti essenziali,



Co-funded by
the European Union



antiossidanti e fibre alimentari. Tuttavia, il loro utilizzo dovrebbe essere guidato da prove scientifiche e gli individui dovrebbero essere consapevoli delle potenziali interazioni e dei dosaggi per garantirne la sicurezza e l'efficacia.

Capitolo 13. Problemi attuali relativi alla sicurezza di nuovi alimenti e fonti di nutrienti: interazioni tra integratori/alimenti e farmaci (Conforti F, Statti G)

Recentemente è stata prestata notevole attenzione alla sicurezza dei nuovi alimenti e sostanze nutritive, in particolare nel contesto delle interazioni tra integratori/alimenti e farmaci. I nuovi alimenti sono alimenti o ingredienti “nuovi” rispetto a quelli tradizionalmente intesi. Sono definiti come alimenti che non sono stati consumati in misura significativa nell'Unione Europea prima del 15 maggio 1997, data in cui è entrata in vigore la prima normativa sui nuovi alimenti. Possono trattarsi di nuovi alimenti, alimenti prodotti utilizzando nuove tecnologie e processi produttivi oppure alimenti tradizionalmente consumati al di fuori dell'UE [Grimsby 2020]. Gli alimenti o gli ingredienti alimentari disciplinati dal presente regolamento non devono: (i) presentare un rischio per il consumatore; (ii) trarre in inganno il consumatore; (iii) differiscono dagli altri alimenti o ingredienti alimentari alla cui sostituzione sono destinati, in misura tale che il loro consumo normale sarebbe svantaggioso dal punto di vista nutrizionale per il consumatore [Fortin 2022].

Il concetto di “Novel food” non è recente. Nuovi tipi di alimenti, ingredienti o metodi di produzione alimentare sono sempre arrivati in Europa da tutto il mondo, ad esempio: mais, patate e pomodori dall'America sono stati importati in Europa a partire dal XV secolo, così come il riso e la pasta che venivano importati in Europa a partire dal XV secolo. importato dall'Asia, o dal caffè dell'Africa orientale fino ai più recenti semi di Chia e quinoa. Fino a qualche decennio fa i nuovi alimenti immessi sul mercato erano rappresentati principalmente da estratti concentrati di principi attivi naturali di diversa origine (fitosteroli, licopene, oli ricchi di omega-3), negli ultimi anni l'attenzione si sta progressivamente spostando sull'utilizzo di prodotti specifici fonti per ottenere alimenti nutrizionalmente sani, formulati anche senza ricorrere a materie prime e ingredienti tradizionalmente utilizzati [Siegrist 2020]. La ricerca attuale, infatti, si concentra su diverse categorie di fonti alimentari e processi produttivi. I nuovi alimenti possono essere fonti alternative di proteine, carboidrati o integratori alimentari. Le colture di leguminose sottoutilizzate, i funghi commestibili, le piante terrestri e acquatiche, le microalghe e gli insetti sono importanti fonti di proteine con un minore impatto sull'ambiente [Quintieri 2023]. L'allevamento di insetti, ad esempio, ha minori emissioni di gas serra e può quindi



Co-funded by
the European Union



rappresentare una valida alternativa alle fonti proteiche animali [Van Huis 2017]. La biomassa del lievito *Yarrowia lipolytica* è una grande fonte di proteine, aminoacidi esogeni, oligoelementi essenziali e composti lipidici, principalmente acidi grassi insaturi, nonché una fonte di vitamine del gruppo B [Jach 2022]. Dei 26 estratti approvati come nuovi alimenti dall'Unione Europea, 23 sono stati approvati per l'uso negli integratori alimentari (FS). Questi includono: estratti di origine fungina, estratti animali, estratti di alghe ed estratti vegetali [Ververis 2020]. L'utilizzo di sostanze di origine vegetale è una pratica comune nella produzione di integratori alimentari e, in particolare, quelli derivati da prodotti botanici ed estratti vegetali hanno registrato una crescita sostanziale. Questa rapida espansione ha dato luogo ad approfondite ricerche scientifiche volte ad esaminare i potenziali vantaggi e svantaggi legati al loro consumo.

Le interazioni farmacologiche rappresentano una delle principali preoccupazioni sia per le aziende farmaceutiche che per le agenzie di regolamentazione. L'Agenzia europea per i medicinali ha sviluppato e successivamente aggiornato nel 2013 linee guida speciali, note come "Linee guida sull'indagine delle interazioni farmacologiche", che delineano un approccio globale per valutare il potenziale di interazione di un farmaco. Per ciascun farmaco in fase di sviluppo vengono condotti studi di interazione farmaco-farmaco, farmaco-alimento e farmaco-integratore classico.

La Food and Drug Administration (FDA) non richiede ai produttori di integratori alimentari di dimostrare la loro sicurezza ed efficacia, sebbene tali integratori debbano comunque presentare un record di sicurezza. Produttori e distributori di integratori sono tenuti a segnalare eventuali effetti collaterali gravi alla FDA attraverso il sistema "MedWatch", un programma dedicato alla segnalazione della sicurezza dei prodotti medici. Gli studi clinici sugli integratori, vista la loro crescente crescita, sono aumentati notevolmente negli ultimi anni. Per informazioni sugli studi attualmente in corso è possibile consultare il NIH National Center for Complementary and Integrative Health (NCCIH). [Iwatsubo 2020]. Farmaci, cibo e integratori possono interferire tra loro sia nella cinetica che nella dinamica. Nelle interazioni farmacodinamiche, una sostanza (farmaco, alimento o integratore) modifica la sensibilità dei tessuti ad altre sostanze, esercitando lo stesso effetto (agonista) o bloccando l'effetto (antagonista).

Questi effetti si verificano abitualmente a livello del recettore ma possono verificarsi anche a livello intracellulare. Nelle interazioni farmacocinetiche, la somministrazione di sostanze può alterare l'assorbimento, la distribuzione, il metabolismo o l'escrezione di un'altra sostanza. Pertanto, la quantità e la persistenza del farmaco in cui è espresso il recettore risultano alterate. Durante la fase di assorbimento, la co-somministrazione di farmaci o prodotti



Co-funded by
the European Union



erboristici può ridurre o aumentare l'assorbimento di una o entrambe le sostanze somministrate agendo, ad esempio, sul pH gastrico o interagendo con la glicoproteina P intestinale. Durante la fase di distribuzione possono interferire con il legame con le proteine plasmatiche mentre nella fase di metabolismo possono agire come induttori enzimatici riducendo l'efficacia di una sostanza. Infine, nella fase di eliminazione possono aumentare o inibire l'escrezione renale, portando ad una ridotta efficacia o alla comparsa di effetti tossici [Sprouse 2019].

In conclusione, è chiaro che la sicurezza dei nuovi alimenti e delle fonti di nutrienti è una questione complessa, soprattutto in termini di interazioni con i farmaci. È essenziale acquisire una migliore comprensione di queste interazioni al fine di ottimizzare i risultati sanitari. È responsabilità degli operatori sanitari, degli enti governativi e dei pazienti affrontare queste sfide, garantendo che le abitudini alimentari e l'uso degli integratori siano allineati con i regimi terapeutici al fine di massimizzare la sicurezza e l'efficacia. Gli approcci individualizzati all'assistenza sanitaria possono fornire soluzioni più personalizzate per i singoli individui, tenendo conto delle loro risposte uniche.



Capitolo 14. Preparazione di prodotti da piante (estratti, oli essenziali), caratterizzazione fitochimica e influenza della geolocalizzazione sulla composizione dei fitocomplessi (Conforti F, Statti G)

Le industrie a base vegetale dipendono dalla preparazione di prodotti vegetali, inclusi estratti e oli essenziali, nonché dalla caratterizzazione fitochimica di questi prodotti. A causa dell'origine geografica delle piante, i fitocomplessi (la complessa miscela di sostanze fitochimiche nelle piante) sono significativamente influenzati dalla loro geolocalizzazione. I preparati che si possono ottenere dalle piante sono numerosi. Gli estratti sono preparati che possono essere di consistenza liquida, semisolida o solida, ottenuti mediante varie tecniche di estrazione. Gli estratti sono preparati derivati dall'evaporazione totale o parziale di soluzioni ottenute per esaurimento delle droghe vegetali essiccate, utilizzando idonei solventi [Azwanida 2015]. Utilizzando processi di macerazione o percolazione, gli estratti ottenuti possono essere classificati come segue: (i) estratti fluidi: tali estratti contengono la stessa quantità di principio attivo presente nella droga vegetale di partenza; (ii) estratti molli: durante il processo di concentrazione si ottiene una consistenza simile al miele e sono da 2 a 6 volte più concentrati rispetto agli estratti fluidi; (iii) estratti secchi: sono polveri solide ottenute per completa evaporazione del solvente utilizzato per l'estrazione [Abubakar 2020].

Altri preparati ottenuti mediante macerazione o percolazione sono le tinture. Si tratta di soluzioni liquide ottenute dalla lavorazione delle droghe vegetali con un solvente appropriato. Comunemente si utilizza una soluzione idroalcolica (una miscela di acqua e alcool), il cui contenuto alcolico viene scelto in base alla solubilità dei principi attivi da estrarre. La principale distinzione tra estratti e tinture sta nel fatto che, nei primi, viene effettuato un processo di evaporazione per aumentare la concentrazione dei principi attivi nel preparato. Le tinture si possono invece ottenere anche semplicemente diluendo il corrispondente estratto fluido. Un'altra sostanza estratta dai materiali vegetali è l'oleoresina, che contiene una miscela di oli essenziali (componenti aromatici volatili) e resine (componenti non volatili). Questa estrazione viene solitamente eseguita mediante processi di estrazione con solvente o ad alta pressione [Hudz 2020]. Infine abbiamo gli oli essenziali, che possono essere ottenuti da materiale vegetale sottoposto a distillazione a vapore, idrodistillazione o spremitura a freddo, a seconda della pianta e del tipo di olio che si vuole ottenere. Sono costituiti da una complessa miscela di composti chimici, tra cui terpeni, aldeidi, chetoni, alcoli e altri, che conferiscono loro sia il loro aroma caratteristico che le potenziali proprietà terapeutiche [Aziz 2018].



Co-funded by
the European Union



Le tecniche cromatografiche, che si basano sulle interazioni con una fase stazionaria (solida o liquida) e una fase mobile (liquida o gassosa), sono comunemente utilizzate per separare, identificare e quantificare i fitocomplessi [Coskun 2016], come segue:

- 1) Cromatografia su colonna: è una tecnica di separazione basata sulla distribuzione differenziale dei componenti di una miscela tra una fase mobile (solvente) e una fase stazionaria (colonna impaccata con materiale solido o gel). È comunemente usato per la purificazione e la separazione di miscele di composti organici [Revathy 2011].
- 2) Gascromatografia (GC): in questo caso la fase mobile è un gas e la fase stazionaria è un rivestimento o una colonna impaccata con materiale solido. I campioni vengono vaporizzati e iniettati nella colonna per la separazione. È una tecnica ampiamente utilizzata per analizzare miscele di composti volatili e termicamente stabili [McNair 2019].
- 3) Cromatografia liquida ad alte prestazioni (HPLC): la fase mobile è un liquido pompato attraverso una colonna riempita di piccole particelle stazionarie. La separazione si basa sulle interazioni chimico-fisiche tra i componenti della miscela e la fase stazionaria [Rahimi 2020].
- 4) Cromatografia su strato sottile ad alte prestazioni (HPTLC): è una variante della cromatografia su strato sottile (TLC) che utilizza strati sottili altamente uniformi di materiale stazionario (silice) su una piastra di vetro o alluminio come fase stazionaria e una fase mobile liquida per separazione. A differenza della TLC la semina non viene effettuata manualmente ma con un'apposita macchina, il percorso viene effettuato in una camera (Automatic Development Chamber) a temperatura, umidità e saturazione controllate. La visualizzazione avviene mediante uno strumento specifico (Visualizer) che consente l'acquisizione delle immagini su un computer [Ramu 2018].

La composizione fitochimica di un estratto naturale può variare notevolmente a seconda della pianta di origine, del metodo di estrazione, delle condizioni di crescita e della parte della pianta utilizzata. Il contenuto di principi attivi di una pianta è influenzato da diversi fattori ambientali, come le condizioni climatiche, l'altitudine, la latitudine e la composizione del suolo, oltre che da fattori biotici. La luce e la temperatura sono fondamentali per la fotosintesi delle piante, che a sua volta influisce sulla produzione di composti secondari. La temperatura può anche influenzare la velocità delle reazioni enzimatiche. L'altitudine e la latitudine hanno un impatto significativo sulla composizione chimica delle piante medicinali, con variazioni spesso notate tra le piante che crescono nelle zone montuose e quelle che crescono nelle pianure [Altemimi 2017]. Fattori biotici, come le interazioni tra diverse specie vegetali o la presenza di organismi vicini, possono influenzare la produzione di metaboliti secondari nelle piante. L'interazione reciproca tra piante e altri organismi può portare a cambiamenti nella composizione



Co-funded by
the European Union



fitochimica. In sintesi, il contenuto di principi attivi delle piante è influenzato da una complessa serie di fattori ambientali e biotici, per cui è importante considerare queste influenze nell'analisi fitochimica e nella produzione di piante medicinali [Shan 2023].

Di conseguenza, la preparazione di prodotti vegetali, inclusi estratti e oli essenziali, nonché la caratterizzazione fitochimica di questi prodotti sono vitali per una varietà di settori. La posizione geografica gioca un ruolo significativo nel determinare la composizione dei fitocomplessi, nonché la qualità, l'autenticità e le proprietà terapeutiche dei prodotti a base vegetale. È fondamentale comprendere queste influenze geografiche al fine di standardizzare, garantire il controllo di qualità e sviluppare prodotti a base vegetale che siano sicuri ed efficaci.



Co-funded by
the European Union



Capitolo 15. Sostanze presenti negli integratori alimentari tra efficacia e tossicità - piante ed estratti vegetali (Pînzaru IA, Macaşoi IG, Dehelean CA)

Gli integratori sono prodotti che vengono consumati in aggiunta alla dieta abituale per fornire nutrienti aggiuntivi benefici per la salute e il benessere dell'organismo. A questo proposito, gli integratori alimentari hanno lo scopo di integrare la dieta, contengono ingredienti come vitamine, minerali, aminoacidi, erbe o prodotti botanici e possono essere somministrati sotto forma di losanghe, capsule o varie forme farmaceutiche liquide [Wierzejska, 2021].

La medicina tradizionale si basa sulle piante che costituiscono la principale e importante fonte di molti farmaci oggi utilizzati, come l'aspirina e la morfina. Inoltre, numerosi prodotti di origine vegetale vengono utilizzati nella produzione di integratori alimentari. La popolarità dei prodotti a base vegetale è aumentata di recente, una tendenza che può essere spiegata dalla lunga storia del loro utilizzo. Secondo un sondaggio condotto tra il 2003 e il 2006, circa il 20% degli adulti consuma regolarmente integratori a base di erbe [Bailey 2011]. È importante notare che uno dei problemi più significativi associati a questo elevato apporto di integratori alimentari è che la maggior parte dei pazienti non si rivolge al proprio medico e molti integratori possono interferire con le cure mediche. Questi integratori hanno guadagnato popolarità grazie alle loro qualità naturali e olistiche percepite, offrendo una vasta gamma di benefici per la salute. Tuttavia, è essenziale capire che solo perché qualcosa è naturale non significa necessariamente che sia sicuro, e l'efficacia di queste sostanze può essere strettamente legata al loro potenziale di tossicità [Ronis 2018].

Per quanto riguarda l'efficacia delle sostanze presenti negli integratori alimentari, particolare attenzione deve essere posta ai seguenti argomenti: densità dei nutrienti, medicina tradizionale, sinergia e biodisponibilità e proprietà adattogene.

Densità dei nutrienti. Molti integratori alimentari a base vegetale, come quelli contenenti vitamine, minerali e antiossidanti, possono fornire nutrienti essenziali che spesso mancano nella dieta standard. Questi nutrienti sono cruciali per varie funzioni corporee, tra cui la produzione di energia, il supporto immunitario e la salute generale [Drewnowski 2014].

Medicina tradizionale: molti estratti vegetali hanno una lunga storia di utilizzo nei sistemi di medicina tradizionale in tutto il mondo. Ad esempio, erbe come il ginseng, l'echinacea e la curcuma sono utilizzate da secoli per i loro potenziali benefici per la salute, tra cui il supporto immunitario e le proprietà antinfiammatorie [Boy 2018].

Sinergia e biodisponibilità: si ritiene che alcuni composti vegetali funzionino in sinergia con altri componenti nella loro forma naturale, aumentandone la biodisponibilità e i potenziali benefici



Co-funded by
the European Union



per la salute. Questo viene spesso definito "effetto entourage", in cui più composti in una pianta lavorano insieme per un impatto più significativo [Nair 2018].

Proprietà adattogene: alcuni estratti vegetali, come gli adattogeni (ad esempio ashwagandha e rodiola), sono stati associati alla riduzione dello stress, al miglioramento della resistenza e alla maggiore chiarezza mentale, offrendo una potenziale soluzione naturale per le esigenze della vita moderna [Todorova 2021].

Al polo opposto c'è la tossicità delle sostanze utilizzate negli integratori alimentari, in base alla quale si riscontrano principalmente: dosaggio e concentrazione, reazioni allergiche, interazioni, purezza e contaminazione e mancanza di regolamentazione.

Dosaggio e concentrazione. Le sostanze naturali presenti negli estratti vegetali possono essere potenti e, se consumate in alte concentrazioni, possono causare tossicità. Il sovradosaggio di alcuni integratori a base vegetale può provocare effetti avversi, tra cui problemi digestivi, mal di testa o problemi di salute più gravi [Brima 2017].

Reazioni allergiche. Gli individui possono essere allergici ai composti vegetali, anche se sono considerati generalmente sicuri. Le reazioni allergiche possono variare da lievi irritazioni cutanee a gravi risposte anafilattiche [Shahali 2018].

Interazioni. Gli integratori a base vegetale possono interagire con farmaci o altri integratori, portando a effetti collaterali inaspettati o ad una diminuzione dell'efficacia. È fondamentale consultare un operatore sanitario prima di aggiungere nuovi integratori al tuo regime, soprattutto se stai assumendo farmaci su prescrizione [Sprouse 2016].

Purezza e contaminazione. La fonte e la qualità degli integratori a base vegetale sono fondamentali. Prodotti di scarsa provenienza o contaminati possono introdurre tossine o sostanze nocive nel corpo, portando a effetti negativi [Ratajczak 2020].

Mancanza di regolamentazione. L'industria degli integratori alimentari non è regolamentata così rigidamente come quella farmaceutica, il che porta a variazioni in termini di qualità e sicurezza tra i diversi prodotti. È importante scegliere marchi affidabili che seguano buone pratiche di produzione [Dwyer 2018].

In conclusione, le sostanze contenute negli integratori alimentari derivati da piante ed estratti vegetali possono offrire una serie di benefici per la salute, ma la loro efficacia e sicurezza dipendono da vari fattori, tra cui dosaggio, purezza, tolleranza individuale e potenziali interazioni con altre sostanze. È fondamentale che le persone si avvicinino a questi integratori con cautela, facciano le loro ricerche, si consultino con gli operatori sanitari e prestino molta attenzione alla qualità e all'approvvigionamento del prodotto per garantire che ricevano i potenziali benefici evitando tossicità ed effetti avversi.



Bibliografia

Capitolo 1

Refaz A Dar, Mohd S, Parvaiz HQ. General overview of medicinal plants: A review. *The Journal of Phytopharmacology*. 2017; 6(6): 349-351

Mathur S, Hoskins C. Drug development: Lessons from nature. *Biomed Rep*. 2017 Jun;6(6):612-614.

Pathania P, Rajta A, Singh PC, Bhatia R. Role of plant growth-promoting bacteria in sustainable agriculture. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2020;30: 101842.

Dordas C. Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2008;28:33–46.

Yadav AN. Current Research and Future Challenges. *Plant Microbiomes for Sustainable Agriculture*. 2020

Petroski RJ, Stanley DW. Natural compounds for pest and weed control. *J Agric Food Chem*. 2009 Sep 23;57(18):8171-9. doi: 10.1021/jf803828w. PMID: 19719128.

Badhane G, Solomon K, Venkata R. Bioinsecticide Production from Cigarette Wastes. *International Journal of Chemical Engineering*. 2021;2021: 4888946

Hollingsworth RG, Armstrong JW, Campbell E. Caffeine as a repellent for slugs and snails. *Nature*. 2002 Jun 27;417(6892):915-6.

Wang Y, You CX, Wang CF, Yang K, Chen R, Zhang WJ, et al. Chemical constituents and insecticidal activities of the essential oil from *Amomum tsaoko* against two stored-product insects. *J Oleo Sci*. 2014;63(10):1019-26.

Atanasov AG, Zotchev SB, Dirsch VM; International Natural Product Sciences Taskforce; Supuran CT. Natural products in drug discovery: advances and opportunities. *Nat Rev Drug Discov*. 2021 Mar;20(3):200-216.

Desborough MJR, Keeling DM. The aspirin story - from willow to wonder drug. *Br J Haematol*. 2017 Jun;177(5):674-683.

Jennings HM, Merrell J, Thompson JL, Heinrich M. Food or medicine? The food-medicine interface in households in Sylhet. *J Ethnopharmacol*. 2015;167:97-104.

World Health Organization. WHO Traditional Medicine Strategy: 2014-2023. Geneva, Switzerland: World Health Organization. 2013.

Mirmiran P, Bahadoran Z, Azizi F. Functional foods-based diet as a novel dietary approach for management of type 2 diabetes and its complications: A review. *World J Diabetes*. 2014;5(3):267-281.

Galanakis CM. Functionality of Food Components and Emerging Technologies. *Foods*. 2021;10(1):128.

Sen T, Samanta SK. Medicinal plants, human health and biodiversity: a broad review. *Biotechnological applications of biodiversity*. 2015:59-110.

Chen SL, Yu H, Luo HM, Wu Q, Li CF, Steinmetz A. Conservation and sustainable use of medicinal plants: problems, progress, and prospects. *Chinese medicine*. 2016;11:1-0.

Ramawat KG, Arora J. Medicinal plants domestication, cultivation, improvement, and alternative technologies for the production of high value therapeutics: an overview. *Medicinal Plants: Domestication, Biotechnology and Regional Importance*. 2021:1-29.

Efferth T, Greten HJ. Quality control for medicinal plants. *Medicinal & aromatic plants*. 2012;1(07):2167-0412.

Thakkar S, Anklam E, Xu A, Ulberth F, Li J, Li B, et al. Regulatory landscape of dietary supplements and herbal medicines from a global perspective. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2020;114:104647.

Süntar I. Importance of ethnopharmacological studies in drug discovery: role of medicinal plants. *Phytochemistry Reviews*. 2020;19(5):1199-209.

Capitolo 2

Kellogg JJ, Paine MF, McCune JS, Oberlies NH, Cech NB. Selection and characterization of botanical natural products for research studies: a NaPDI center recommended approach. *Nat Prod Rep*. 2019;36(8):1196-1221.

Wäldchen J, Rzanny M, Seeland M, Mäder P. Automated plant species identification-Trends and future directions. *PLoS Comput Biol*. 2018;14(4):e1005993.

Bolouri P, Salami R, Kouhi S, et al. Applications of Essential Oils and Plant Extracts in Different Industries. *Molecules*. 2022;27(24):8999.

Chen SL, Yu H, Luo HM, Wu Q, Li CF, Steinmetz A. Conservation and sustainable use of medicinal plants: problems, progress, and prospects. *Chin Med*. 2016;11:37.

Souto AL, Sylvestre M, Tölke ED, Tavares JF, Barbosa-Filho JM, Cebrián-Torrejón G. Plant-Derived Pesticides as an Alternative to Pest Management and Sustainable Agricultural Production: Prospects, Applications and Challenges. *Molecules*. 2021;26(16):4835.

Abd Rashed A, Rathi DG, Ahmad Nasir NAH, Abd Rahman AZ. Antifungal Properties of Essential Oils and Their Compounds for Application in Skin Fungal Infections: Conventional and Nonconventional Approaches. *Molecules*. 2021;26(4):1093.

Aniya Nomura Y, Fuerdeng Appiah KS, Fujii Y. Evaluation of Allelopathic Activity of Chinese Medicinal Plants and Identification of Shikimic Acid as an Allelochemical from *Illicium verum* Hook. f. *Plants (Basel)*. 2020;9(6):684.

Capitolo 3

Jouini A, Verdeguer M, Pinton S, et al. Potential Effects of Essential Oils Extracted from Mediterranean Aromatic Plants on Target Weeds and Soil Microorganisms. *Plants (Basel)*. 2020;9(10):1289.

Curl CL, Spivak M, Phinney R, Montrose L. Synthetic Pesticides and Health in Vulnerable Populations: Agricultural Workers. *Curr Environ Health Rep*. 2020;7(1):13-29.



Co-funded by
the European Union



De Mastro G, El Mahdi J, Ruta C. Bioherbicidal Potential of the Essential Oils from Mediterranean Lamiaceae for Weed Control in Organic Farming. *Plants* (Basel). 2021;10(4):818.

Liu Y, Yang SX, Cheng Y, Liu DQ, Zhang Y, Deng KJ, Zheng XL. Production of herbicide-resistant medicinal plant *Salvia miltiorrhiza* transformed with the bar gene. *Appl Biochem Biotechnol*. 2015 Dec;177(7):1456-65.

Kumar J, Ramlal A, Mallick D, Mishra V. An Overview of Some Biopesticides and Their Importance in Plant Protection for Commercial Acceptance. *Plants* (Basel). 2021;10(6):1185.

Roberts J, Florentine S, Fernando WGD, Tennakoon KU. Achievements, Developments and Future Challenges in the Field of Bioherbicides for Weed Control: A Global Review. *Plants* (Basel). 2022;11(17):2242.

Hasan M, Ahmad-Hamdani MS, Rosli AM, Hamdan H. Bioherbicides: An Eco-Friendly Tool for Sustainable Weed Management. *Plants* (Basel). 2021;10(6):1212.

Zhang J, Duan G, Yang S, et al. Improved Bioherbicidal Efficacy of *Bipolaris eleusines* through Herbicide Addition on Weed Control in Paddy Rice. *Plants* (Basel). 2022;11(19):2659.

Schein D, Santos MSN, Schmaltz S, Nicola LEP, Bianchin CF, Ninaus RG, et al. Microbial Prospection for Bioherbicide Production and Evaluation of Methodologies for Maximizing Phytotoxic Activity. *Processes*. 2022; 10(10):2001.

Capitolo 4

Sofowora A, Ogunbodede E, Onayade A. The role and place of medicinal plants in the strategies for disease prevention. *Afr J Tradit Complement Altern Med*. 2013;10(5):210-229.

Pandit MA, Kumar J, Gulati S, et al. Major Biological Control Strategies for Plant Pathogens. *Pathogens*. 2022;11(2):273.

Venbrux M, Crauwels S, Rediers H. Current and emerging trends in techniques for plant pathogen detection. *Front Plant Sci*. 2023;14:1120968.

Scortichini M. Sustainable Management of Diseases in Horticulture: Conventional and New Options. *Horticulturae*. 2022; 8(6):517.

Marchand PA. EU Chemical Plant Protection Products in 2023: Current State and Perspectives. *Agrochemicals*. 2023; 2(1):106-117.

Razdan, V., Sabitha, M. Integrated Disease Management: Concepts and Practices. In: Peshin, R., Dhawan, A.K. (eds) *Integrated Pest Management: Innovation-Development Process*. Springer, Dordrecht. 2009

Capitolo 5

Nazzaro F, Fratianni F, Coppola R, Feo V. Essential Oils and Antifungal Activity. *Pharmaceuticals* (Basel). 2017;10(4):86.

Montenegro I, Said B, Godoy P, Besoain X, Parra C, Díaz K, Madrid A. Antifungal Activity of Essential Oil and Main Components from *Mentha pulegium* Growing Wild on the Chilean Central Coast. *Agronomy*. 2020; 10(2):254.



Co-funded by
the European Union



Moumni M, Romanazzi G, Najar B, et al. Antifungal Activity and Chemical Composition of Seven Essential Oils to Control the Main Seedborne Fungi of Cucurbits. *Antibiotics* (Basel). 2021;10(2):104.

Basak S, Guha P. A review on antifungal activity and mode of action of essential oils and their delivery as nano-sized oil droplets in food system. *J Food Sci Technol*. 2018;55(12):4701-4710.

Beressa TB, Deyno S, Alele PE. Antifungal Activity of the Essential Oil of *Echinops kebericho* Mesfin: An In Vitro Study. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2020;2020:3101324.

Capitolo 6

Civitarese V, Acampora A, Sperandio G, Bassotti B, Latterini F, Picchio R. A Comparison of the Qualitative Characteristics of Pellets Made from Different Types of Raw Materials. *Forests*. 2023; 14(10):2025.

Liu W, Liu J, Yin D, Zhao X. Influence of ecological factors on the production of active substances in the anti-cancer plant *Sinopodophyllum hexandrum* (Royle) T.S. Ying. *PLoS One*. 2015;10(4):e0122981.

Wróbel M, Jewiarz M, Mudryk K, Knapczyk A. Influence of Raw Material Drying Temperature on the Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Biomass Agglomeration Process—A Preliminary Study. *Energies*. 2020; 13(7):1809.

Herzog J, Wendel R, Weidler PG, Wilhelm M, Rosenberg P, Henning F. Moisture Adsorption and Desorption Behavior of Raw Materials for the T-RTM Process. *Journal of Composites Science*. 2021; 5(1):12.

Kubica P, Szopa A, Prokopiuk B, Komsta Ł, Pawłowska B, Ekiert H. The influence of light quality on the production of bioactive metabolites - verbascoside, isoverbascoside and phenolic acids and the content of photosynthetic pigments in biomass of *Verbena officinalis* L. cultured in vitro. *J Photochem Photobiol B*. 2020;203:111768.

Liu S, Qin T, Dong B, Shi X, Lv Z, Zhang G. The Influence of Climate, Soil Properties and Vegetation on Soil Nitrogen in Sloping Farmland. *Sustainability*. 2021; 13(3):1480.

Capitolo 7

Chouhan S, Sharma K, Guleria S. Antimicrobial Activity of Some Essential Oils—Present Status and Future Perspectives. *Medicines* (Basel). 2017;4(3):58. Published 2017 Aug 8.

Duque-Soto C, Ruiz-Vargas A, Rueda-Robles A, Quirantes-Piné R, Borrás-Linares I, Lozano-Sánchez J. Bioactive Potential of Aqueous Phenolic Extracts of Spices for Their Use in the Food Industry—A Systematic Review. *Foods*. 2023;12(16):3031.

El Kolli M, Laouer H, El Kolli H, Akkal S, Sahli F. Chemical Analysis, Antimicrobial and Anti-Oxidative Properties of *Daucus Gracilis* Essential Oil and Its Mechanism of Action. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 2016; 6:8–15

Safaei-Ghomi J, Ahd AA. Antimicrobial and antifungal properties of the essential oil and methanol extracts of *Eucalyptus largiflorens* and *Eucalyptus intertexta*. *Pharmacogn Mag*. 2010;6(23):172-5.



Basavegowda N, Baek K-H. Combination Strategies of Different Antimicrobials: An Efficient and Alternative Tool for Pathogen Inactivation. *Biomedicines*. 2022; 10(9):2219.

Balouiri M, Sadiki M, Ibnsouda SK. Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *J Pharm Anal*. 2016;6(2):71-79.

Yang DD, Paterna NJ, Senetra AS, Casey KR, Trieu PD, Caputo GA, et al. Synergistic interactions of ionic liquids and antimicrobials improve drug efficacy. *iScience*. 2020;24(1):101853.

Zhang J, Ye KP, Zhang X, Pan DD, Sun YY, Cao JX. Antibacterial Activity and Mechanism of Action of Black Pepper Essential Oil on Meat-Borne *Escherichia coli*. *Front Microbiol*. 2017;7:2094.

Capitolo 8

Mostafa AA, Al-Askar AA, Almaary KS, Dawoud TM, Sholkamy EN, Bakri MM. Antimicrobial activity of some plant extracts against bacterial strains causing food poisoning diseases. *Saudi J Biol Sci*. 2018;25(2):361-366.

Ibrahim UK, Salleh RM, Maqsood-ul-Haque SN. Bread towards functional food: an overview. *International Journal of Food Engineering*. 2015;1(1):39-43.

Nieto G. How Are Medicinal Plants Useful When Added to Foods?. *Medicines (Basel)*. 2020;7(9):58.

Lourenço SC, Moldão-Martins M, Alves VD. Antioxidants of Natural Plant Origins: From Sources to Food Industry Applications. *Molecules*. 2019;24(22):4132.

Axel C, Zannini E, Arendt EK. Mold spoilage of bread and its biopreservation: A review of current strategies for bread shelf life extension. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2017;57(16):3528-3542.

Colombo F, Restani P, Biella S, Di Lorenzo C. Botanicals in Functional Foods and Food Supplements: Tradition, Efficacy and Regulatory Aspects. *Applied Sciences*. 2020; 10(7):2387.

Liu Q, Meng X, Li Y, Zhao CN, Tang GY, Li HB. Antibacterial and Antifungal Activities of Spices. *Int J Mol Sci*. 2017;18(6):1283.

Sulieman AME, Abdallah EM, Alanazi NA, Ed-Dra A, Jamal A, Idriss H, Alshammari AS, Shommo SAM. Spices as Sustainable Food Preservatives: A Comprehensive Review of Their Antimicrobial Potential. *Pharmaceuticals*. 2023; 16(10):1451.

Hatipoğlu G, Sökmen M, Bektaş E, Daferera D, Sökmen A, Demir E, Şahin H. Automated and standard extraction of antioxidant phenolic compounds of *Hyssopus officinalis* L. ssp. *angustifolius*. *Ind. Crop. Prod*. 2013;43:427–433.

Gavahian M, Chu YH, Lorenzo JM, Mousavi Khaneghah A, Barba FJ. Essential oils as natural preservatives for bakery products: Understanding the mechanisms of action, recent findings, and applications. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2020;60(2):310-321.



Co-funded by
the European Union



Khalili ST, Mohsenifar A, Beyki M, Zhavah S, Rahmani T, Abdollahi A, Tabatabaei M. Encapsulation of Thyme essential oils in chitosan-benzoic acid nanogel with enhanced antimicrobial activity against *Aspergillus flavus*. *LWT-Food Science and Technology*. 2015;60: 502-508

Capitolo 9

Milla PG, Peñalver R, Nieto G. Health Benefits of Uses and Applications of *Moringa oleifera* in Bakery Products. *Plants (Basel)*. 2021;10(2):318.

Sayed Ahmad B, Talou T, Straumite E, Sabovics M, Kruma Z, Saad Z, et al. Protein Bread Fortification with Cumin and Caraway Seeds and By-Product Flour. *Foods*. 2018; 7(3):28.

Czajkowska–González YA, Alvarez–Parrilla E, del Rocío Martínez–Ruiz N, Vázquez–Flores AA, Gaytán–Martínez M, de la Rosa LA. Addition of phenolic compounds to bread: antioxidant benefits and impact on food structure and sensory characteristics. *Food Production, Processing and Nutrition*. 2021;3(1):1-12.

Arraiza MP, de Pedro JL. Industrial use of medicinal and aromatic plants. 2009

Pop A, Petrut G, Muste S, Paucean A, Muresan C, Salanta L, Man S. Addition of plant materials rich in phenolic compounds in wheat bread in terms of functional food aspects. *Hop and Medicinal Plants*. 2016;24(1/2):37-44.

Ma X, Ryu G. Effects of green tea contents on the quality and antioxidant properties of textured vegetable protein by extrusion-cooking. *Food Sci Biotechnol*. 2018;28(1):67-74.

Gavahian M, Chu YH, Lorenzo JM, Mousavi Khaneghah A, Barba FJ. Essential oils as natural preservatives for bakery products: Understanding the mechanisms of action, recent findings, and applications. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2020;60(2):310-321.

Sitara U, Niaz I, Naseem J, Sultana N. Antifungal effect of essential oils on in vitro growth of pathogenic fungi. *Pak. J. Bot*. 2008;40: 409-414.

Chis MS, Muste S, Paucean A, Man S, Sturza A, Petrut GS, et al. A comprehensive review about antimicrobial effects of herb and oil oregano (*Origanum vulgare* ssp. *Hirtum*). *Hop Med Plants*. 2017;25(1-2):17-27.

Muresan C, Stan L, Man S, Scrob S, Muste S. Sensory evaluation of bakery products and its role in determining of the consumer preferences. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*. 2012;18(4):304–306.

Capitolo 10

Krickmeier J, Schnaekkel W, Schnaekkel D. Recipe development for healthy sausages with medical plants. *Food Science and Applied Biotechnology*. 2019;2(1):54-61.

Hygreeva D, Pandey MC, Radhakrishna K. Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products. *Meat Sci*. 2014;98(1):47-57.

Zhang W, Xiao S, Samaraweera H, Lee EJ, Ahn DU. Improving functional value of meat products. *Meat Sci*. 2010;86(1):15-31.



Oswell NJ, Thippareddi H, Pegg RB. Practical use of natural antioxidants in meat products in the U.S.: A review. *Meat Sci.* 2018;145:469-479.

Qureshi TM, Nadeem M, Iftikhar J, Salim-ur-Rehman, Ibrahim SM, Majeed F, Sultan M. Effect of Traditional Spices on the Quality and Antioxidant Potential of Paneer Prepared from Buffalo Milk. *Agriculture.* 2023; 13(2):491.

Clarke HJ, Griffin C, Rai DK, et al. Dietary Compounds Influencing the Sensorial, Volatile and Phytochemical Properties of Bovine Milk. *Molecules.* 2019;25(1):26.

Ritota M, Manzi P. Natural Preservatives from Plant in Cheese Making. *Animals.* 2020; 10(4):749.

Ogneva OA. Developing fruit and vegetable products with bifidogenic properties. *Cand eng. sci. diss.* Krasnodar: North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture; 2015;159.

Stanislav S, Lidiia A, Yuliya G, Andrey L, Elizaveta P, Irina M, Aleksandr R. Functional dairy products enriched with plant ingredients. *Foods and Raw materials.* 2019; 7(2): 428-438.

Capitolo 11

Gad HA, El-Ahmady SH, Abou-Shoer MI, Al-Azizi MM. Application of chemometrics in authentication of herbal medicines: a review. *Phytochem Anal.* 2013;24(1):1-24.

Krishnamurti C, Rao SC. The isolation of morphine by Serturmer. *Indian J Anaesth.* 2016;60(11):861-862.

Nasim N, Sandeep IS, Mohanty S. Plant-derived natural products for drug discovery: current approaches and prospects. *Nucleus (Calcutta).* 2022;65(3):399-411.

Thomford NE, Senthebane DA, Rowe A, Munro D, Seele P, Maroyi A, Dzobo K. Natural products for drug discovery in the 21st century: innovations for novel drug discovery. *International journal of molecular sciences.* 2018;19(6):1578.

Dzobo K. The role of natural products as sources of therapeutic agents for innovative drug discovery. *Comprehensive Pharmacology.* 2022:408.

Lepri A, Longo C, Messori A, Kazmi H, Madia VN, Di Santo R, Costi R, Vittorioso P. Plants and Small Molecules: An Up-and-Coming Synergy. *Plants.* 2023; 12(8):1729.

Chen Q, Davis KR. The potential of plants as a system for the development and production of human biologics. *F1000Res.* 2016;5:F1000 Faculty Rev-912.

Rosales-Mendoza S. Will plant-made biopharmaceuticals play a role in the fight against COVID-19? *Expert Opin Biol Ther.* 2020;20(6):545-548.

Capitolo 12

English LK, Ard JD, Bailey RL, et al. Evaluation of Dietary Patterns and All-Cause Mortality: A Systematic Review. *JAMA Netw Open.* 2021;4(8):e2122277.



Co-funded by
the European Union



Hever J, Cronise RJ. Plant-based nutrition for healthcare professionals: implementing diet as a primary modality in the prevention and treatment of chronic disease. *J Geriatr Cardiol.* 2017;14(5):355-368.

McGuire S. Scientific Report of the 2015 Dietary Guidelines Advisory Committee. Washington, DC: US Departments of Agriculture and Health and Human Services, 2015. *Adv Nutr.* 2016;7(1):202-204.

Yokose C, McCormick N, Choi HK. Dietary and lifestyle-centered approach in gout care and prevention. *Current rheumatology reports.* 2021;23:1-5.

Clemente-Suárez VJ, Mielgo-Ayuso J, Martín-Rodríguez A, Ramos-Campo DJ, Redondo-Flórez L, Tornero-Aguilera JF. The Burden of Carbohydrates in Health and Disease. *Nutrients.* 2022;14(18):3809.

Alcorta A, Porta A, Tárrega A, Alvarez MD, Vaquero MP. Foods for Plant-Based Diets: Challenges and Innovations. *Foods.* 2021;10(2):293.

Lonnie M, Hooker E, Brunstrom JM, et al. Protein for Life: Review of Optimal Protein Intake, Sustainable Dietary Sources and the Effect on Appetite in Ageing Adults. *Nutrients.* 2018;10(3):360.

Hertzler SR, Lieblein-Boff JC, Weiler M, Allgeier C. Plant Proteins: Assessing Their Nutritional Quality and Effects on Health and Physical Function. *Nutrients.* 2020;12(12):3704.

Gorissen SHM, Crombag JJR, Senden JMG, et al. Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. *Amino Acids.* 2018;50(12):1685-1695.

Poli A, Agostoni C, Visioli F. Dietary Fatty Acids and Inflammation: Focus on the n-6 Series. *International Journal of Molecular Sciences.* 2023;24(5):4567.

Liu H, Wang F, Liu X, Xie Y, Xia H, Wang S, Sun G. Effects of marine-derived and plant-derived omega-3 polyunsaturated fatty acids on erythrocyte fatty acid composition in type 2 diabetic patients. *Lipids Health Dis.* 2022;21(1):20.

Nur Mahendra MY, Kamaludeen J, Pertiwi H. Omega-6: Its Pharmacology, Effect on the Broiler Production, and Health. *Vet Med Int.* 2023;2023:3220344.

Assunção AGL, Cakmak I, Clemens S, González-Guerrero M, Nawrocki A, Thomine S. Micronutrient homeostasis in plants for more sustainable agriculture and healthier human nutrition. *J Exp Bot.* 2022;73(6):1789-1799.

Zhang Z, Li X, Sang S, McClements DJ, Chen L, Long J, Jiao A, Jin Z, Qiu C. Polyphenols as Plant-Based Nutraceuticals: Health Effects, Encapsulation, Nano-Delivery, and Application. *Foods.* 2022;11(15):2189.

Capítulo 13

Grimsby S. New novel food regulation and collaboration for innovation. *British Food Journal.* 2020;123(1):245-59.

Fortin ND. Food regulation: law, science, policy, and practice. John Wiley & Sons; 2022 May 3.



Co-funded by
the European Union



Siegrist M, Hartmann C. Consumer acceptance of novel food technologies. *Nature Food*. 2020;1(6):343-50.

Quintieri L, Nitride C, De Angelis E, Lamonaca A, Pilolli R, Russo F, Monaci L. Alternative Protein Sources and Novel Foods: Benefits, Food Applications and Safety Issues. *Nutrients*. 2023;15(6):1509.

Van Huis A, Oonincx DG. The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2017;37:1-4.

Jach ME, Malm A. *Yarrowia lipolytica* as an alternative and valuable source of nutritional and bioactive compounds for humans. *Molecules*. 2022;27(7):2300.

Ververis E, Ackerl R, Azzollini D, Colombo PA, de Sesmaisons A, Dumas C, Fernandez-Dumont A, da Costa LF, Germini A, Goumperis T, Kouloura E. Novel foods in the European Union: Scientific requirements and challenges of the risk assessment process by the European Food Safety Authority. *Food Research International*. 2020;137:109515.

Iwatsubo T. Evaluation of drug–drug interactions in drug metabolism: Differences and harmonization in guidance/guidelines. *Drug metabolism and pharmacokinetics*. 2020;35(1):71-5.

Sprouse AA, Van Breemen RB. Pharmacokinetic interactions between drugs and botanical dietary supplements. *Drug Metabolism and Disposition*. 2016;44(2):162-71.

Capitolo 14

Azwanida NN. A review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation. *Med Aromat Plants*. 2015;4(196):2167-0412.

Abubakar AR, Haque M. Preparation of medicinal plants: Basic extraction and fractionation procedures for experimental purposes. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*. 2020;12(1):1.

Hudz N, Makowicz E, Shanaida M, et al. Phytochemical Evaluation of Tinctures and Essential Oil Obtained from *Satureja montana* Herb. *Molecules*. 2020;25(20):4763.

Aziz ZAA, Ahmad A, Setapar SHM, Karakucuk A, Azim MM, Lokhat D, Rafatullah M, Ganash M, Kamal MA, Ashraf GM. Essential Oils: Extraction Techniques, Pharmaceutical And Therapeutic Potential - A Review. *Curr Drug Metab*. 2018;19(13):1100-1110.

Coskun O. Separation techniques: Chromatography. *North Clin Istanb*. 2016;3(2):156-160.

Revathy S, Elumalai S, Antony MB. Isolation, purification and identification of curcuminoids from turmeric (*Curcuma longa* L.) by column chromatography. *Journal of Experimental sciences*. 2011;2(7).

McNair HM, Miller JM, Snow NH. *Basic gas chromatography*. John Wiley & Sons; 2019.

Rahimi F, Chatzimichail S, Saifuddin A, Surman AJ, Taylor-Robinson SD, Salehi-Reyhani A. A review of portable high-performance liquid chromatography: the future of the field?. *Chromatographia*. 2020;83:1165-95.



Co-funded by
the European Union



Ramu B, Chittela KB. High Performance Thin Layer Chromatography and Its Role Pharmaceutical Industry. *Open Sci. J. Biosci. Bioeng.* 2018;5(3):29-34.

Altemimi A, Lakhssassi N, Baharlouei A, Watson DG, Lightfoot DA. *Phytochemicals: Extraction, Isolation, and Identification of Bioactive Compounds from Plant Extracts.* Plants (Basel). 2017;6(4):42.

Shan Z, Zhou S, Shah A, Arafat Y, Arif Hussain Rizvi S, Shao H. Plant Allelopathy in Response to Biotic and Abiotic Factors. *Agronomy.* 2023; 13(9):2358.

Capitolo 15

Wierzejska RE. Dietary Supplements-For Whom? The Current State of Knowledge about the Health Effects of Selected Supplement Use. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(17):8897.

Bailey RL, Gahche JJ, Lentino CV, et al. Dietary supplement use in the United States, 2003-2006. *J Nutr.* 2011;141(2):261-266.

Ronis MJJ, Pedersen KB, Watt J. Adverse Effects of Nutraceuticals and Dietary Supplements. *Annu Rev Pharmacol Toxicol.* 2018;58:583-601.

Drewnowski A, Fulgoni VL 3rd. Nutrient density: principles and evaluation tools. *Am J Clin Nutr.* 2014;99(5 Suppl):1223S-8S.

Boy HI, Rutilla AJ, Santos KA, Ty AM, Alicia IY, Mahboob T, Tangpoong J, Nissapatorn V. Recommended medicinal plants as source of natural products: a review. *Digital Chinese Medicine.* 2018;1(2):131-42.

Nair KM, Augustine LF. Food synergies for improving bioavailability of micronutrients from plant foods. *Food chemistry.* 2018;238:180-5.

Todorova V, Ivanov K, Delattre C, Nalbantova V, Karcheva-Bahchevanska D, Ivanova S. Plant adaptogens—History and future perspectives. *Nutrients.* 2021;13(8):2861.

Brima EI. Toxic elements in different medicinal plants and the impact on human health. *International journal of environmental research and public health.* 2017;14(10):1209.

Shahali Y, Dadar M. Plant food allergy: influence of chemicals on plant allergens. *Food and Chemical Toxicology.* 2018;115:365-74.

Sprouse AA, Van Breemen RB. Pharmacokinetic interactions between drugs and botanical dietary supplements. *Drug Metabolism and Disposition.* 2016;44(2):162-71.

Ratajczak M, Kaminska D, Światły-Błaszkiwicz A, Matysiak J. Quality of dietary supplements containing plant-derived ingredients reconsidered by microbiological approach. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 2020;17(18):6837.

Dwyer JT, Coates PM, Smith MJ. Dietary Supplements: Regulatory Challenges and Research Resources. *Nutrients.* 2018;10(1):41.