



Co-funded by  
the European Union



EURO-PLANT-ACT



# GESTIONE DELLE PIANTE MEDICINALI DALLA COLTIVAZIONE ALLA SICUREZZA DEL CONSUMATORE

EURO-PLANT-ACT

Erasmus+ Project – Partnership for Cooperation  
Project Code 2022-1-RO01-KA220-HED-000088958

Eds. Dehelean Cristina Adriana, Pinzaru Iulia Andreea

Edizione Italiana a cura di: Filomena Conforti, Giancarlo Statti





Co-funded by  
the European Union





## CONTENUTI

Capitolo 1. Piante medicinali - questioni attuali relative al loro ruolo in agricoltura, farmacia e nutrizione. (Dehelean CA, Macașoi IG, Pînzaru IA) .....	5
Capitolo 2. Caratterizzazione botanica e uso delle piante medicinali. Potenziale allelopatico ed erbicida delle piante (Balicevic R, Ravlic M).....	25
Chapter 3. Herbicidal effect of plant extract and essential oils (Ravlic M, Balicevic R).....	43
Capitolo 4. Malattie delle piante nella produzione medicinale(Cosic J, Vrandecic K)	59
Capitolo 5. Attività antifungina degli oli essenziali in agricoltura (Vrandecic K, Cosic J) .....	61
Capitolo 6. Condizioni agrotecniche, coltivazione, raccolta e conservazione delle piante officinali (Georgeta Pop, Diana Obistioiu).....	85
Capitolo 7. Piante medicinali di provata efficacia contro ceppi batterici patogeni per uso medico (Diana Obistioiu, Pop Georgeta, Daniela Voica, Dana Avram).....	94
Capitolo 8. L'attività delle piante medicinali contro i batteri patogeni prevalenti nell'industria alimentare (Monica Negrea, Ileana Cocan, Ersilia Alexa, Diana Obistioiu, Daniela Voica, Dana Avram) .....	104
Capitolo 9. L'uso delle piante officinali come ingredienti a valore aggiunto nell'industria dei prodotti funzionali di panetteria e pasticceria (Alexa Ersilia, Daniela Voica, Monica Negrea, Ileana Cocan, Dana Avram).....	128
Capitolo 10. L'uso di piante medicinali come ingredienti a valore aggiunto nell'industria della carne e dei prodotti lattiero-caseari (Ileana Cocan, Monica Negrea, Ersilia Alexa, Diana Obistioiu, Daniela Voica, Dana Avram) .....	136
Capitolo 11. Azione farmacologica ed effetti sulla salute esercitati da prodotti naturali derivati da piante medicinali (Dehelean CA, Șoica CM, Pînzaru IA) .....	147
Capitolo 12. Piante medicinali e valori dietetici di riferimento (Dehelean CA, Șoica CM, Pînzaru IA) .....	162
Capitolo 13. Problemi attuali nella sicurezza dei nuovi alimenti e delle fonti di nutrienti - interazioni tra integratori/alimenti e farmaci (Conforti F, Statti G) .....	194



Co-funded by  
the European Union



Capitolo 14. Preparazione di prodotti da piante (estratti, oli essenziali), caratterizzazione fitochimica e influenza della geolocalizzazione sulla composizione dei fitocomplessi (Conforti F, Statti G).....	203
Capitolo 15. Sostanze negli integratori alimentari tra efficacia e tossicità - piante ed estratti di piante (Pînzaru IA, Macaşoi IG, Dehelean CA) .....	202



Co-funded by  
the European Union



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

### **I.1. Introduzione**

Le piante medicinali possono essere definite come qualsiasi pianta che abbia, in una o più delle sue parti, sostanze che esercitano un potenziale terapeutico o servono come progenitrici per la produzione di medicinali benefici [Sofowora et al., 2013]. Gli usi terapeutici delle piante medicinali sono ben noti fin dai tempi immemorabili e attualmente rappresentano la base per lo sviluppo di nuovi farmaci [Chen et al., 2016; Jiang et al., 2022]. Inoltre, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) ha dichiarato che una percentuale molto alta della popolazione mondiale (75-80%) dipende dai rimedi erboristici per le loro necessità sanitarie essenziali [Marcelino et al., 2023]. Negli ultimi tempi, le piante medicinali vengono comunemente utilizzate come integratori alimentari e consumate come alimenti, oltre ad essere studiate come alternative più ecologiche per il controllo dei parassiti in agricoltura, il che porta a una forte domanda globale di piante medicinali e a un aumentato rischio di estinzione a causa della raccolta eccessiva e della distruzione degli habitat [Dar et al., 2017; Chen et al., 2016; Jaing et al., 2022].

L'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura e il World Wildlife Fund hanno riportato che, a livello globale, tra 50.000 e 80.000 specie di piante da fiore sono utilizzate per scopi medicinali, la maggior parte delle specie si trova in Cina e in India [Chen et al., 2016]. Anche se esistono più di mezzo milione di piante nel mondo, molte delle quali ancora inesplorate, e il futuro delle piante medicinali è promettente sia nel campo medico, sia nei settori nutrizionale e agricolo [Mathur e Hoskins, 2017], si dovrebbe prestare particolare attenzione all'esacerbazione di un utilizzo non sostenibile delle piante medicinali provenienti da fonti selvatiche [Chen et al., 2016; Jiang et al., 2022]. Il presente capitolo si concentra nel rivelare i molteplici ruoli svolti dalle piante medicinali in vari settori come l'agricoltura, il campo farmaceutico e l'industria alimentare. Inoltre, verranno evidenziate anche le sfide relative alle piante



medicinali in termini di coltivazione e domesticazione, raccolta sostenibile, perdita di biodiversità, controllo della qualità, quadro normativo e ricerca farmacologica.

## 1.2. Ruolo delle piante medicinali in agricoltura

Negli ultimi due decenni, il settore agricolo ha subito numerosi cambiamenti significativi in termini di requisiti energetici e tecnologia. Attualmente, la crescita continua della popolazione ha portato a una mancanza di sicurezza alimentare, considerando la quantità limitata di terreni agricoli disponibili. Si stima che la domanda di cibo aumenterà del 70% entro l'anno 2050. Le pratiche agricole attuali possono soddisfare questa esigenza solo se vengono utilizzati pesticidi chimici, che hanno effetti dannosi sulla salute umana e sull'ambiente [Pathania et al., 2020]. Negli ultimi anni, è stata posta particolare attenzione all'agricoltura sostenibile [Dordas, 2008]. I microbiomi delle piante 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 di crescita, la fissazione biologica dell'azoto o l'antagonismo contro i microbi patogeni [Ajar, 2020]. Oltre a ciò, i composti naturali possono essere utilizzati anche per controllare i parassiti e le erbe infestanti. Di conseguenza, lo studio dei composti vegetali può contribuire allo sviluppo di nuove strategie agronomiche che riducono il danno causato alla salute umana e all'ambiente attraverso 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 e Stanley, 2009].

Anche se i pesticidi sintetici continuano a essere la strategia più efficace per il controllo e la protezione delle colture agricole, i loro gravi effetti tossici, come: (i) sviluppo di tumori (es. 1,2-dibromoetano, dibromuro di etilene, lindano, noviflumuron, spirodiclofen, etiofencarb, metomil, diquat, malathion, pymetrozine, propineb); (ii) tossicità riproduttiva/infertilità (cyproconazolo, flumioxazin e propiconazolo); (iii) effetti di interferenza endocrina (vinclozolin, maneb, quizalofop-p-tefurile e zineb); e (iv) morte (cianuro di idrogeno), hanno portato al loro divieto totale nell'agricoltura biologica. Un altro inconveniente dell'uso eccessivo di pesticidi sintetici è lo sviluppo di ceppi resistenti di agenti patogeni [Nxumalo et al., 2021].



Co-funded by  
the European Union



A differenza dei pesticidi convenzionali, che si basano su un singolo principio attivo, i pesticidi a base di erbe contengono una miscela di composti fitochimici (alcaloidi, glicosidi cianogenici, fenilpropanoidi, polichetidi, antociani, carboidrati, amminoacidi, lipidi, acidi nucleici, terpenoidi, flavonoidi, fenoli, saponine e tannini) che possono influenzare sia il comportamento che la fisiologia dei parassiti, rendendo molto più difficile per loro sviluppare resistenza. Pertanto, identificare bio-pesticidi che siano non solo efficaci, ma anche adattabili alle condizioni ecologiche, è essenziale per ottenere un controllo adeguato dei parassiti [Cheraghi Niroumand et al., 2016; Nxumalo et al., 2021].

Altri vantaggi dei pesticidi a base vegetale includono un ridotto potenziale dannoso, una rapida biodegradazione, l'idoneità per l'uso da parte di piccoli agricoltori e l'efficacia nel proteggere i cereali dai danni dei parassiti [Phokwe e Manganyi, 2023]. In questo contesto, ricerche precedenti hanno documentato oltre 2.500 specie vegetali appartenenti a 235 famiglie con attività biologica dimostrata contro una varietà di parassiti. Tuttavia, solo poche di queste sono state sviluppate per l'uso commerciale o classificate come prodotti agricoli. Secondo gli studi più recenti, molti rimedi a base di erbe — comprese piante, oli essenziali e i loro costituenti chimici — hanno mostrato effetti inibitori sui parassiti degli insetti [Phokwe e Manganyi, 2023].

L'interesse per i composti naturali di controllo dei parassiti risale al 2000 a.C., quando il libro indiano – il Rig Veda (di 4000 anni fa) menzionava piante con effetto insetticida. Una grande quantità di conoscenze sulle piante medicinali efficaci come agenti di controllo dei parassiti è offerta da Avicenna nel suo libro noto come Il Canone della Medicina. Avicenna descrisse 42 pesticidi naturali, come: cumino nero (*Nigella sativa* L.), mirto (*Myrtus communis* L.), aglio (*Allium sativum* L.), melograno (*Punica granatum*), euforbia (*Euphorbia helioscopia* L.), cetriolo amaro (*Citrullus colocynthis* (L.) Schrad), assenzio (*Artemisia montana* (Nakai) Pamp), olivo (*Olea europaea* L.), ginepro comune (*Juniperus communis* L.), oleandro (*Nerium oleander* L.), e altri [Amrollahi-Sharifabadi et al., 2024].

Le piante medicinali agiscono come insetticidi attraverso vari meccanismi d'azione, come segue: (i) effetto insetticida (*Allium sativum* L., *Origanum majorana*, *Ocimum basilicum*, *Nerium oleander*, *Myrtus communis*, ecc.); (ii) effetto repellente (*Artemisia*



*absinthium*, *Boswellia carterii*, *Myrtus communis*, *Nerium oleander*, *Ocimum basilicum*, *Origanum majorana*, *Ruta graveolens*, ecc.); (iii) attività larvicida (*Allium sativum* L., *Boswellia carterii*, *Myrtus communis*, *Nerium oleander*, *Ocimum basilicum*, *Ruta graveolens*, ecc.); (iv) effetto acaricida (*Punica granatum*, *Allium sativum* L., ecc.); (v) effetto antialimentare (*Ocimum basilicum*, *Punica granatum*, ecc.); (vi) inibizione dello sviluppo (*Artemisia absinthium*, *Nerium oleander*, ecc.); e (vii) attività fumigante (*Allium sativum* L., *Boswellia carterii*, *Ocimum basilicum*, *Origanum majorana*, ecc.) [Cheraghi Niroumand et al., 2016; Amrollahi-Sharifabadi et al., 2024].

Un elenco di piante medicinali (formulate come estratti) frequentemente utilizzate come pesticidi è stato pubblicato da Nxumalo et al. (2021) in un'eccellente revisione. Questo elenco include le seguenti piante: *Azadirachta indica*, *Bobgunnia madagascariensis*, *Lippia javanica*, *Melia azedarach*, *Solanum incanum* e *Tephrosia vogelii* [Nxumalo et al., 2021].

Diverse piante medicinali si sono dimostrate efficaci anche come fungicidi, proteggendo i frutti e le colture dalla contaminazione fungina comune, ad esempio: *Acorus calamus*, *Allium cepa*, *Allium sativum*, *Aloe vera*, *Datura stramonium*, *Galenia africana*, *Moringa olifera*, *Phyllanthus niruri*, *Plumbago zeylanica*, *Ruta chalepensis*, *Thymus vulgaris* L., *Zataria multiflora* e *Zehnerria scabra* [Nxumalo et al., 2021]. Una descrizione dettagliata delle piante medicinali riportate in letteratura come pesticidi, insetticidi o fungicidi è presentata nella Tabella 1.1.

**Tabella 1.1. Piante medicinali note come pesticidi/insetticidi/fungicidi naturali** [Gahukar, 2012; Cheraghi Niroumand et al., 2016; Nxumalo et al., 2021; Phokwe e Manganyi, 2023; Amrollahi-Sharifabadi et al., 2024].

Pianta medicinale	Tipo di formulazione	Parassita/patogeno controllato
<i>Ailanthus excelsa</i> (Roxb.)	Leaf extract	<i>Lasiodiplodia theobromae</i> <i>Fusarium oxysporum</i>
<i>Allium cepa</i> L.	Bulb extract	<i>Alternaria alternata</i> <i>Colletotrichum gloeosporioides</i>
<i>Allium sativum</i> L.	Bulb extract, Essential oil (bulb)	<i>Tetranychus urticae</i> <i>Fusarium oxysporum</i> <i>Alternaria alternata</i> <i>Fusarium</i> sp.



	Garlic juice	<i>Delia radicum</i> <i>Musca domestica</i>
	Tuber extract	<i>Anopheles stephensi</i> <i>Culex quinquefasciatus</i>
	Fruit extract	<i>Tetranychus cinnabarinus</i>
	Cloves extract	<i>Callosobruchus maculatus</i>
	Essential oil (bulb)	<i>Culex pipiens</i> <i>Camptomyia corticalis</i> <i>Lycoriella ingenua</i> <i>Boophilus annulatus</i>
	Garlic lectins	<i>Acyrtosiphon pisum</i>
<b><i>Artemisia absinthium</i> L.</b>	Essential oil	<i>Rhodnius prolixus</i>
	Essential oil (leaf)	<i>Ixodes Ricinus</i>
	Leaf extract	<i>Sarcoptes scabiei</i> var. <i>suis</i>
<b><i>Azadirachta indica</i> A. Juss.</b>	Leaf extract	<i>Hyadaphis coriandari</i> Das <i>Aspergillus flavus</i> <i>Penicillium</i> spp. <i>Mucor</i> spp. <i>Fusarium oxysporum</i> <i>Lasiodiplodia theobromae</i>
	Seed kernel extract	<i>Aphis gossypii</i> <i>Urentius sentis</i> <i>Myzus persicae</i> <i>Schoutedenia emblica</i> <i>Cercospora rauwolfiae</i> <i>Hyadaphis coriandari</i> Das
	Kernel oil	<i>Aphis gossypii</i> <i>Hyadaphis coriandari</i> Das <i>Coccidohystrix insolita</i> <i>Aspergillus flavus</i> <i>Penicillium</i> spp. <i>Mucor</i> spp. <i>Cercospora rauwolfiae</i>
	Seed cake	<i>Meloidogyne</i> <i>incognita</i> <i>Cercospora rauwolfiae</i> <i>Erwinia chrysanthemi</i> <i>Fusarium solani</i>



	Seed powder	<i>Sitophilus oryzae</i>
<b><i>Boswellia carterii</i></b>	Essential oil of resin	<i>Lycoriella ingenua</i> <i>Sitophilus oryzae</i>
	Essential oil	<i>Aedes aegypti</i> <i>Anopheles stephensi</i> <i>Culex quinquefasciatus</i>
<b><i>Brassica juncea</i> (L.) Czern.</b>	Seed cake	<i>Urentius sentis</i> <i>Myzus persicae</i> <i>Meloidogyne incognita</i> <i>Erwinia chrysanthemi</i> <i>Fusarium solani</i>
		<i>Fusarium oxysporum</i> <i>Lasiodiplodia theobromae</i>
		<i>Phomopsis azadirachtae</i>
		<i>Alternaria alternata</i> <i>Fusarium oxysporum</i>
<b><i>Chromolaena odorata</i> (L.)</b>	Leaf extract	<i>Alternaria alternata</i> <i>Alternaria longipes</i> <i>Curvularia lunata</i>
		<i>Meloidogyne incognita</i>
		<i>Phomopsis azadirachtae</i>
<b><i>Cymbopogon citratus</i> (DC) Stapf</b>	Leaf extract	<i>Curvularia lunata</i> <i>Fusarium oxysporum</i>
		<i>Fusarium oxysporum</i>
<b><i>Datura stramonium</i> L.</b>	Seed extract	<i>Fusarium oxysporum</i>
<b><i>Diospyros lotus</i> L.</b>	Leaf extract	<i>Fusarium oxysporum</i>
<b><i>Eucalyptus citridora</i> Hook</b>	Leaf extract	<i>Cercospora rauwolfiae</i>
	Essential oil (leaf)	<i>Phomopsis azadirachtae</i>
	Essential oil	<i>Sitophilus zeamais</i>
<b><i>Foeniculum vulgare</i> L.</b>	Essential oil (seed)	<i>Phomopsis azadirachtae</i>
	Essential oil	<i>Sitophilus zeamais</i> .
<b><i>Mentha arvensis</i> DC</b>	Leaf extract	<i>Bombus californicus</i> <i>Tetranychus macfarlanei</i>
		<i>Culex quinquefasciatus</i> <i>Aedes aegypti</i> <i>Anopheles stephensi</i>



		<i>Ephestia kuehniella</i>
		<i>Plodia interpunctella</i>
		<i>Acanthoscelides obtectus</i>
<b><i>Myristica fragrans</i> Houtt.</b>	Essential oil (seed)	<i>Phomopsis azadirachtae</i>
<b><i>Nerium oleander</i></b>	Leaf extract	<i>Anopheles stephensi</i>
	Dust of flowers and its suspension	<i>Sitophilus zeamais</i>
	Plant (leaves, roots, and stem) extract	<i>Ceratovacuna lanigera</i>
<b><i>Ocimum basilicum</i></b>	Essential oil (aerial parts)	<i>Acyrtosiphon pisum</i>
	Essential oil (plant)	<i>Myzus persicae</i>
	Essential oil (leaf)	<i>Musca domestica</i>
		<i>Culex pipiens</i>
		<i>Lymantria dispar</i>
		<i>Sitophilus oryzae</i>
		<i>Rhyzopertha dominic</i>
		<i>Cryptolestes pusillus</i>
	Stem extract	<i>Culex quinquefasciatus</i>
<b><i>Ocimum gratissimum</i> (L.)</b>	Leaf extract	<i>Pachliopta aristolochiae</i>
<b><i>Origanum majorana</i></b>	Essential oil (Leaf)	<i>Ephestia kuehniella</i>
	Aerial parts extract	<i>Spodoptera littoralis</i>
		<i>Musca domestica</i> L
		<i>Thrips tabaci</i>
<b><i>Punica granatum</i></b>	Fruit pericarp extract	<i>Sitophilus zeamais</i>
		<i>Tribolium castaneum</i>
	Leaves extract	<i>Tetranychus cinnabarinus</i>
<b><i>Ricinus communis</i> L.</b>	Seed cake	<i>Meloidogyne incognita</i>
<b><i>Rosa chinensis</i> Jacq.</b>	Flower extract	<i>Alternaria alternata</i>
<b><i>Ruta graveolens</i></b>	Essential oil (aerial parts)	<i>Aedes aegypti</i>
<b><i>Zingiber officinale</i> Roscoe</b>	Essential oil (rhizome)	<i>Alternaria alternata</i>
		<i>Fusarium</i> sp.
	Plant powder	<i>Sitophilus zeamais</i>

Altre piante medicinali, come la nicotina, la caffeina e l'eucalipto, hanno mostrato effetti promettenti nelle pratiche agricole. La nicotina appartiene alla famiglia degli alcaloidi



Co-funded by  
the European Union



della piridina. Viene utilizzata in agricoltura sotto forma di sali di cloridrato o solfato, che sono estremamente efficaci contro gli afidi, ma risultano anche altamente tossici per gli animali domestici e le persone [Badhane et al., 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 chioccioline, senza causare effetti avversi sulla salute umana [Hollingsworth et al., 2003]. L'eucaliptolo ha inibito la germinazione dei tuberi di patata e la crescita del micelio fungino. Inoltre, si è dimostrato efficace come insetticida e nel ridurre le popolazioni di zanzare nella California settentrionale [Wang et al., 2014].

### **1.3. Ruolo delle piante medicinali nel campo farmaceutico**

Sin dai tempi antichi fino ai giorni nostri, le piante medicinali hanno rappresentato un serbatoio inesauribile per lo sviluppo di nuovi farmaci. La conoscenza delle proprietà curative delle piante risale alle culture antiche, come i Sumeri, gli Egizi, i Greci e i Romani. Indubbiamente, la Medicina Tradizionale Cinese è il sistema olistico più longevo, fondato su una comprensione approfondita di numerose sostanze vegetali, minerali e animali, rimedi naturali per ristabilire l'equilibrio e il benessere. Un ruolo significativo nella trasmissione delle conoscenze sui rimedi erboristici è stato svolto dall'Ayurveda, il sistema medico indigeno dell'India, basato su formulazioni derivate dalle piante, inclusi alcaloidi e polifenoli, metaboliti secondari delle piante [Chaachouay e Zidane, 2024].

Dalla scoperta della chinina dall'albero di china (*Cinchona officinalis*), un trattamento per la malaria, nel XVII secolo, sono stati registrati significativi progressi nel campo dei farmaci a base di piante, scoperte che hanno dato un contributo considerevole ai trattamenti antitumorali e anti-infettivi [Chaachouay e Zidane, 2024]. I composti naturali hanno diversi vantaggi, attribuiti principalmente alla loro rigidità molecolare, che favorisce le interazioni proteina-proteina, così come alla loro capacità di intervenire nelle funzioni biologiche, spiegando la loro efficacia nella riduzione delle malattie infettive e del cancro [Atanasov et al., 2021].

I prodotti naturali rimangono la base di molti dei prodotti farmaceutici attualmente in uso, non solo come composti terapeutici diretti, ma anche come molecole modello o "lead" utilizzate per la sintesi e la semisintesi di farmaci [Chaachouay e Zidane, 2024].



Tra gli esempi più rilevanti vi è l'aspirina, il farmaco più conosciuto e utilizzato al mondo. I generi di piante *Salix* spp. e *Populus* spp. sono la fonte dell'acido salicilico [Desborough e Keeling, 2017].

Nella tabella 1.2 sarà riassunto un elenco dei farmaci più rilevanti derivati dalle piante, utilizzati come trattamenti per diverse patologie.

**Tabella 1.2. Farmaci a base di piante rilevanti utilizzati come terapia in diverse patologie** [Chaachouay e Zidane, 2024; Desborough e Keeling, 2017; Calixto, 2019; Krishnamurti e Rao, 2016; Gao et al., 2020; Khaiwa et al., 2021]

Farmaco di origine vegetale	Fonte di piante medicinali	Anno della scoperta	Effetti farmacologici
<b>Morphine</b>	<i>Papaver somniferum</i>	1806 – Friedrich Serturner	analgesic
<b>Caffeine</b>	<i>Coffea arabica</i> , <i>Camelia sinensis</i>	1820 - Runge	neuroprotection
<b>Quinine</b>	<i>Cinchona officinalis</i> L.	1820 - Caventou and Pelletier	antimalarial
<b>Colchicine</b>	<i>Colchicum autumnale</i> L.	1820 – Pelletier and Caventou – first isolation 1833 – Phillip Lorenz Geiger – purified colchicine	antigout, anticancer
<b>Codeine</b>	<i>Papaver somniferum</i>	1824 – Pierre-Jean Robiquet	analgesic, antitussive
<b>Berberine</b>	<i>Coptidis rhizoma</i> <i>Berberis vulgaris</i> L. <i>Scutellaria baicalensis</i>	1830 – Buchner and Herberger	Bacillary dysentery
<b>Atropine</b>	<i>Atropa belladonna</i>	1831 - Mein	anticholinergic
<b>Papaverine</b>	<i>Papaver somniferum</i>	1848 – George Merck Fraz	anti-spasmodic
<b>Cocaine</b>	<i>Erythroxylum coca</i> Lam.	1860 - Albert Niemann	anesthetic
<b>Scopolamine</b>	<i>Datura metel</i> L.	1880 – Albert Ladenburg	sedative



<b>Ephedrine</b>	<i>Ephedra sinica</i> Stapf	1885 – Nagai – first isolation	sympathomimetic
<b>Theophylline</b>	<i>Theobroma cacao</i> L.	1888 – Albert Kossel 1895 – Fischer and Ach	diuretic
<b>Digoxin</b>	<i>Digitalis lanata</i>	1869 – Calude-Adolphe Nativelle	cardiotonic
<b>Aspirin</b>	First drug obtained by synthesis	1897 – Felix Hoffman	anti-inflammatory, analgesic, antithrombotic
<b>Curare</b>	<i>Chondrodendron tomentosum</i>	1943 - Winstersteiner and Dutcher	muscle relaxant
<b>Vinblastine</b>	<i>Catharanthus roseus</i> (L.)	1954 – Beer and Noble	anticancer
<b>Vincristine</b>	<i>Catharanthus roseus</i> (L.)	1961 – first isolation 1963 – FDA approval	anticancer
<b>Camptothecin</b>	<i>Camptotheca acuminata</i>	1966 – Wall and Wani	anticancer
<b>Paclitaxel/ Taxol</b>	<i>Taxus brevifolia</i> Nutt.	1971 – Wani and Wall 1993 – approved for medical use	anticancer

Altri farmaci di origine vegetale che hanno rappresentato pilastri fondamentali per la cura di varie patologie, sono: convallatosina – cardiotonico (*Convallaria majalis* L.), digitossina – cardiotonico (*Digitalis purpurea* L.), ouabaïna – cardiotonico (*Strophanthus gratus* (Wall. & Hook.)), glaucina – antitussivo (*Glaucium flavum* Crantz), glicirrizina – trattamento per la malattia di Addison (*Glycyrrhiza glabra* L.), reserpina – antipertensivo (*Rauvolfia serpentina* (L.)), silimarina – anti-epatotossico (*Silybum marianum* (L.)), timolo – antifungino topico (*Thymus vulgaris* L.), ecc. [Chaachouay e Zidane, 2024]. Negli ultimi anni, la ricerca farmaceutica si è spostata verso l'investigazione dei composti naturali grazie alla loro composizione complessa e ai molteplici effetti farmacologici. L'implementazione di metodi moderni di analisi, come lo screening ad alta capacità, la modellazione computazionale e la bioinformatica



Co-funded by  
the European Union



nell'analisi dei farmaci derivati da piante, riduce considerevolmente la durata del processo di scoperta e i costi associati [Chaachouay e Zidane, 2024].

In questo contesto, le piante medicinali continueranno a essere una fonte preziosa per farmaci innovativi. A dimostrarlo è il numero significativo di farmaci di origine naturale approvati dalla FDA tra il 1981 e il 2014: su un totale di 1562, 64 (4%) erano prodotti naturali non modificati, 141 (9,1%) erano miscele di farmaci botanici, 320 (21%) erano derivati di prodotti naturali e 61 (4%) erano farmaci sintetici contenenti farmacofori di prodotti naturali [Calixto, 2019].

#### **1.4. Ruolo delle piante medicinali nell'industria alimentare**

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 benefiche sia dal punto di vista nutrizionale che medico [Jennings et al., 2015]. L'Organizzazione Mondiale della Sanità ha avviato una tendenza verso la ricerca integrativa su cibo e medicina a causa dell'importanza della connessione tra alimentazione e malattia [WHO, 2013]. L'uso delle piante medicinali come ingredienti negli alimenti conferisce loro un valore nutrizionale aggiunto, noto anche come cibo funzionale. Nei cibi funzionali sono presenti una varietà di sostanze derivate dalle piante, come alcaloidi, fenoli, terpeni, flavonoidi e molte altre. Di conseguenza, il cibo contiene un valore nutrizionale aggiuntivo grazie alla presenza di molecole bioattive, fornendo un ulteriore beneficio [Mirmiran et al., 2014]. Pur avendo elementi in comune con gli alimenti convenzionali, il cibo funzionale offre un valore nutrizionale aggiunto, motivo per cui può essere definito "migliorato, arricchito o fortificato". Pane, biscotti e varie polveri o miscele utilizzate come integratori alimentari sono esempi di alimenti che possono contenere alimenti ricchi di nutrienti [Galanakis, 2021]. Oggi, la popolazione presta maggiore attenzione a ciò che consuma, e la tendenza all'uso di composti naturali nei farmaci, negli integratori alimentari e persino negli alimenti ("prodotti con etichetta pulita") sta guadagnando sempre più terreno.

A causa dei numerosi composti attivi presenti nella composizione delle piante medicinali, i loro ruoli nell'industria alimentare sono vari, come conservanti,



Co-funded by  
the European Union



antiossidanti, antimicrobici, fonti di nutrienti e per modificare le caratteristiche organolettiche. Inoltre, i prodotti a base di erbe sono generalmente riconosciuti come sicuri (GRAS) e rappresentano eccellenti alternative agli additivi chimici [Nieto, 2020]. Il rosmarino (*Rosmarinus officinalis* L.), formulato come estratto o olio essenziale, ha dimostrato effetti conservanti grazie alla sua attività antiossidante e antimicrobica; per questo motivo può essere incorporato in vari sistemi alimentari, tra cui carni, oli e condimenti [Nieto, 2020]. Inoltre, l'estratto di rosmarino ha aumentato la durata di conservazione del latte in polvere e di altri prodotti lattiero-caseari inibendo l'ossidazione [Ivanišová et al., 2021].

La salvia (*Salvia officinalis* L.), una pianta ben nota per le sue proprietà culinarie, ha dimostrato effetti antibatterici e antiossidanti, caratteristiche utili per aumentare la stabilità di conservazione della carne separata meccanicamente a bassa pressione, congelata e confezionata sottovuoto, derivata dal pollo [Ivanišová et al., 2021]. La lavanda (*Lavandula angustifolia* L.) è frequentemente utilizzata nell'industria alimentare (i fiori) per aromatizzare bevande, prodotti da forno, gelati, cioccolato, sciroppo e gelatine. Aggiungendo polvere di lavanda a una ricetta di biscotti, è stata aumentata la stabilità, l'attività antiossidante e la conservazione a lungo termine, oltre a migliorare il contenuto di nutrienti (polifenoli) [Ivanišová et al., 2021]. L'arricchimento dei biscotti con menta (*Mentha piperita* L.) ha migliorato le qualità come il potenziale antiossidante, le caratteristiche sensoriali e la stabilità [Ivanišová et al., 2021]. L'aggiunta di melissa (*Melissa officinalis* L.) agli hamburger ha aumentato la stabilità antiossidante della carne [Ivanišová et al., 2021].

Le piante medicinali sono anche utilizzate nella composizione di bevande funzionali (bevande energetiche, bevande sportive e bevande funzionali e fortificate – a base di latte e vegetali) per migliorarne gli effetti benefici sulla salute e le proprietà sensoriali. I prodotti vegetali più frequentemente utilizzati nelle bevande energetiche sono la caffeina e la catechina (un flavonoide), ma vengono inclusi anche altri composti come ginseng, guaranà, yerba mate, ginkgo e açai. Le bevande a base di frutta e i frullati sono ricchi dei cosiddetti “superfrutti”, come melograni, goji, chia, açai e mangostano [Maleš et al., 2022].



Co-funded by  
the European Union



Oltre agli effetti descritti sopra, le piante medicinali vengono aggiunte agli alimenti funzionali per il loro potenziale farmacologico, come effetti antinfiammatori, antinocicettivi, antimicrobici, antidiabetici, antiossidanti, antitumorali, epatoprotettivi, ecc. Le specie più comunemente utilizzate appartengono alla famiglia delle Lamiaceae. Una revisione ampia e approfondita su questo argomento è stata scritta da Carovic-Stanko et al. (2016) [Carovic-Stanko et al., 2016].

### **1.5. Sfide legate all'uso delle piante medicinali in agricoltura, nel settore farmaceutico e nell'industria alimentare**

L'attuale raccolta eccessiva di piante medicinali per le pratiche agricole, lo sviluppo di nuovi farmaci, integratori alimentari e nell'industria alimentare richiede regolamenti ben definiti per garantire una produzione sostenibile di piante medicinali al fine di soddisfare le future richieste [Jiang et al., 2022].

In agricoltura, farmacia e nutrizione, le piante medicinali hanno svolto per secoli un ruolo integrale nella civiltà umana. È importante notare, tuttavia, che esistono diversi problemi e sfide attuali legati 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 and Samanta, 2015].
- *Raccolta sostenibile.* È fondamentale garantire una raccolta sostenibile delle piante medicinali. Gli ecosistemi possono essere stravolti e le popolazioni possono essere impoverite da una raccolta eccessiva. [Chen et al., 2016]. Per una raccolta ottimale e sostenibile, l'OMS ha proposto diverse linee guida: la raccolta delle piante medicinali deve essere effettuata durante la stagione o il periodo ottimale per la produzione di prodotti erboristici di migliore qualità
  - ✓ il momento ideale per la raccolta (stagione di punta e ora del giorno) dovrebbe essere scelto in base alla qualità e quantità dei composti biologicamente attivi, piuttosto che al rendimento vegetativo totale delle parti desiderate della pianta medicinale



- ✓ durante la raccolta, è essenziale prevenire la contaminazione assicurandosi che corpi estranei, erbacce o piante tossiche non si mescolino con i materiali medicinali raccolti
  - ✓ la raccolta deve essere effettuata in condizioni appropriate, evitando rugiada, pioggia o umidità insolitamente elevata per prevenire potenziali danni dovuti all'aumento dell'umidità, che può favorire la fermentazione microbica e la crescita di muffe
  - ✓ gli utensili da taglio, i raccoglitori e altre attrezzature devono essere mantenuti puliti e adeguatamente regolati per ridurre al minimo i danni e prevenire la contaminazione da terreno e altri materiali
  - ✓ per ridurre al minimo il carico microbico sui materiali vegetali medicinali raccolti, il contatto con il terreno deve essere evitato il più possibile
  - ✓ i materiali vegetali medicinali raccolti devono essere collocati in ceste pulite, sacchi asciutti, rimorchi, tramogge o altri contenitori ben ventilati e trasportati in un luogo centrale per il trasporto all'impianto di lavorazione; tutti i contenitori utilizzati durante la raccolta devono essere mantenuti puliti e privi di qualsiasi contaminazione da piante precedentemente raccolte o altri materiali estranei
  - ✓ i materiali vegetali medicinali alterati devono essere rilevati e rimossi durante la raccolta, le ispezioni post-raccolta e la lavorazione, per prevenire la contaminazione microbica e preservare la qualità del prodotto [WHO, 2003].
- *Coltivazione e domesticazione.* 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 and Arora, 2021].  
Le piante medicinali possiedono proprietà uniche che richiedono una maggiore cura e una buona gestione per la loro coltivazione [Jiang et al., 2022]. In questo contesto, l'OMS ha dichiarato diverse raccomandazioni riguardanti il processo di coltivazione delle piante medicinali:



- ✓ applicazione di tecniche ottimali di agricoltura conservativa, come i sistemi di “non lavorazione” del terreno
- ✓ selezione del sito di coltivazione considerando variabili ecologiche e geografiche, le colture precedenti che sono state piantate e gli agenti di protezione delle piante utilizzati
- ✓ le condizioni climatiche hanno un impatto significativo sulle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche delle piante; pertanto, fattori come la durata dell'esposizione solare, la precipitazione media e la temperatura — insieme alle variazioni di temperatura tra giorno e notte — dovrebbero essere analizzati in anticipo
- ✓ il terreno deve avere livelli adeguati di nutrienti, materia organica e altri elementi essenziali per supportare una crescita e una qualità ottimali delle piante medicinali. Le condizioni ideali del suolo, come il tipo di terreno, il drenaggio, la ritenzione dell'umidità, la fertilità e il pH, dipenderanno dalla specie specifica di pianta medicinale e dalla parte della pianta destinata all'uso
- ✓ tutti gli agenti fertilizzanti devono essere utilizzati con discernimento e adeguati alle specifiche esigenze della specie di pianta medicinale e alla capacità di supporto del terreno; questi agenti dovrebbero essere applicati in modo da ridurre la lisciviazione
- ✓ l'irrigazione e il drenaggio devono essere gestiti in base ai requisiti specifici di ciascuna specie di pianta medicinale nelle varie fasi della sua crescita
- ✓ le pratiche di gestione del campo dovrebbero essere guidate dalle caratteristiche di crescita e sviluppo di ciascuna pianta medicinale e dalla parte specifica della pianta destinata all'uso medicinale
- ✓ interventi tempestivi come cimatura, sfogliatura delle gemme, potatura e ombreggiamento possono essere impiegati per regolare la crescita e lo sviluppo delle piante, migliorando così la qualità e la quantità del materiale vegetale medicinale prodotto [WHO, 2003; Marcelino et al., 2023].



- *Controllo qualità.* Nell'industria farmaceutica ed erboristica, 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 and Greten, 2012]. Il controllo di qualità dei prodotti a base di piante medicinali dovrebbe essere eseguito in conformità con le linee guida delle Buone Pratiche efficaci, tra cui Buone Pratiche Agricole (GAP), Buone Pratiche di Laboratorio (GLP), Buone Pratiche di Fabbricazione (GMP) e Buone Pratiche per le Sperimentazioni Cliniche (GCTP), applicando metodi specifici standardizzati [Efferth e Greten, 2012]. Inoltre, l'Agenzia Europea per i Medicinali (EMA) ha pubblicato una versione recente (nel 2022) della linea guida scientifica "Quality of herbal medicinal products/traditional herbal medicinal products" [EMA, 2022].
- *Quadri normativi.* Nei diversi Paesi esiste un'ampia gamma di normative sull'uso e la vendita delle piante medicinali. L'armonizzazione di queste normative e la garanzia di un giusto equilibrio tra sicurezza e accessibilità sono sfide importanti. [Thakkar et al., 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.

## Bibliografia

Amrollahi-Sharifabadi, M., Rezaei Orimi, J., Adabinia, Z., Shakeri, T., Aghabeiglooei, Z., Hashemimehr, M., & Rezghi, M. (2024). Avicenna's views on pest control and medicinal plants he prescribed as natural pesticides. *Avicennas Ansichten zur*



Co-funded by  
the European Union



Schädlingsbekämpfung und zu von ihm verschriebenen Heilpflanzen als natürliche Pestizide. *Wiener medizinische Wochenschrift* (1946), 174(13-14), 279–287.

Atanasov, A.G., Zotchev, S.B., Dirsch, V.M., International Natural Product Sciences Taskforce, & Supuran, C. T. (2021). *Natural products in drug discovery: advances and opportunities. Nature reviews. Drug discovery*, 20(3), 200–216

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

Calixto, J.B. (2019). *The role of natural products in modern drug discovery. Biological Sciences An. Acad. Bras. Ciênc.*, 91(3).

Carovic-Stanko, K., Petek, M., Grdisa, M., Pintar, J., Bedekovic, D., Herak Custic, M., Satoviic, Z. (2016). *Medicinal Plants of the Family Lamiaceae as Functional Foods – a Review. Czech J. Food Sci.*, 34, (5), 377–390.

Chaachouay, N., & Zidane, L. (2024). *Plant-Derived Natural Products: A Source for Drug Discovery and Development. Drugs Drug Candidates*, 3(1), 184-207.

Chen, S. L., Yu, H., Luo, H. M., Wu, Q., Li, C. F., & Steinmetz, A. (2016). *Conservation and sustainable use of medicinal plants: problems, progress, and prospects. Chinese medicine*, 11, 37.

Cheraghi Niroumand, M., Farzaei, M. H., Karimpour Razkenari, E., Amin, G., Khanavi, M., Akbarzadeh, T., & Shams-Ardekani, M. R. (2016). An Evidence-Based Review on Medicinal Plants Used as Insecticide and Insect Repellent in Traditional Iranian Medicine. *Iranian Red Crescent medical journal*, 18(2), e22361.

Dar, R.A., Shahnawaz, M., Qazi, P.H. (2017). *General overview of medicinal plants: A review. The Journal of Phytopharmacology*, 6(6), 349-351.

Desborough, M. J. R., & Keeling, D. M. (2017). *The aspirin story - from willow to wonder drug. British journal of haematology*, 177(5), 674–683.

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

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

European Medicines Agency (EMA). (2022). *Quality of herbal medicinal products/traditional herbal medicinal products - Scientific guideline. Available online:*



<https://www.ema.europa.eu/en/quality-herbal-medicinal-products-traditional-herbal-medicinal-products-scientific-guideline>

Gahukar, R.T. (2012). *Evaluation of plant-derived products against pests and diseases of medicinal plants: A review. Crop Protection*, 42, 202-209.

Galanakis, C.M. (2021). *Functionality of Food Components and Emerging Technologies. Foods.*, 10(1), 128.

Gao, Y., Wang, F., Song, Y., & Liu, H. (2020). *The status of and trends in the pharmacology of berberine: a bibliometric review [1985-2018]. Chinese medicine*, 15, 7

Hollingsworth, R.G., Armstrong, J.W., Campbell, E. (2002). *Caffeine as a repellent for slugs and snails. Nature.*, 417(6892), 915-6.

Ivanišová, E., Kačániová, M., A. Savitskaya, T., & D. Grinshpan, D. (2021). *Medicinal Herbs: Important Source of Bioactive Compounds for Food Industry. IntechOpen.*

Jennings, H. M., Merrell, J., Thompson, J. L., & Heinrich, M. (2015). Food or medicine? The food-medicine interface in households in Sylhet. *Journal of ethnopharmacology*, 167, 97–104.

Jiang, L., Chen, Y., Wang, X., Guo, W., Bi, Y., Zhang, C., Wang, J., & Li, M. (2022). *New insights explain that organic agriculture as sustainable agriculture enhances the sustainable development of medicinal plants. Frontiers in plant science*, 13, 959810.

Khaiwa, N., Maarouf, N. R., Darwish, M. H., Alhamad, D. W. M., Sebastian, A., Hamad, M., Omar, H. A., Orive, G., & Al-Tel, T. H. (2021). *Camptothecin's journey from discovery to WHO Essential Medicine: Fifty years of promise. European journal of medicinal chemistry*, 223, 113639.

Krishnamurti, C., & Rao, S. C. (2016). The isolation of morphine by Serturmer. *Indian journal of anaesthesia*, 60(11), 861–862.

Maleš, I., Pedisic, S., Zoric, Z., Elez-Garofulic, I., Repajic, M., You, L., Vladimir-Knezevic, S., Butorac, D., Dragovic-Uzelac, V. (2022). *The medicinal and aromatic plants as ingredients in functional beverage production. Journal of Functional Foods*, 96, 105210.



- Marcelino, S., Hamdane, S., Gaspar, P.D., Paco, A. (2023). *Sustainable Agricultural Practices for the Production of Medicinal and Aromatic Plants: Evidence and Recommendations*. *Sustainability*, 15(19), 14095.
- Mathur, S., Hoskins, C. (2017). *Drug development: Lessons from nature*. *Biomed Rep.*, 6(6), 612-614.
- Mirmiran, P., Bahadoran, Z., & Azizi, F. (2014). *Functional foods-based diet as a novel dietary approach for management of type 2 diabetes and its complications: A review*. *World journal of diabetes*, 5(3), 267–281
- Nieto G. (2020). *How Are Medicinal Plants Useful When Added to Foods?*. *Medicines (Basel, Switzerland)*, 7(9), 58.
- Nxumalo, K.A., Aremu, A.O., Fawole, O.A. (2021). *Potentials of Medicinal Plant Extracts as an Alternative to Synthetic Chemicals in Postharvest Protection and Preservation of Horticultural Crops: A Review*. *Sustainability*, 13, 5897.
- Pathania, P., Rajta, A., Singh, P.C., Bhatia, R. (2020). *Role of plant growth-promoting bacteria in sustainable agriculture*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology.*, 30, 101842.
- Petroski, R. J., & Stanley, D. W. (2009). *Natural compounds for pest and weed control*. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(18), 8171–8179.
- Phokwe, O. J., & Manganyi, M. C. (2023). *Medicinal Plants as a Natural Greener Biocontrol Approach to "The Grain Destructor" Maize Weevil (Sitophilus zeamais) Motschulsky*. *Plants (Basel, Switzerland)*, 12(13), 2505.
- Ramawat, K.G., Arora, J. (2021). *Medicinal plants domestication, cultivation, improvement, and alternative technologies for the production of high value therapeutics: an overview*. *Medicinal Plants: Domestication, Biotechnology and Regional Importance.*, 1-29.
- Sen, T., Samanta, S.K. (2015). *Medicinal plants, human health and biodiversity: a broad review*. *Biotechnological applications of biodiversity*, 59-110.
- Sofowora, A., Ogunbodede, E., & Onayade, A. (2013). *The role and place of medicinal plants in the strategies for disease prevention*. *African journal of traditional, complementary, and alternative medicines : AJTCAM*, 10(5), 210–229.



Co-funded by  
the European Union



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

Thakkar, S., Anklam, E., Xu, A., Ulberth, F., Li, J., Li, B., Hugas, M., Sarma, N., Crerar, S., Swift, S., Hakamatsuka, T., Curtui, V., Yan, W., Geng, X., Slikker, W., & Tong, W. (2020). *Regulatory landscape of dietary supplements and herbal medicines from a global perspective. Regulatory toxicology and pharmacology : RTP*, 114, 104647

Wang, Y., You, C. X., Wang, C. F., Yang, K., Chen, R., Zhang, W. J., Du, S. S., Geng, Z. F., & Deng, Z. W. (2014). *Chemical constituents and insecticidal activities of the essential oil from Amomum tsaoko against two stored-product insects. Journal of oleo science*, 63(10), 1019–1026.

World Health Organization. (2003). *WHO Guidelines on Good Agricultural and Collection Practices (GACP) for Medicinal Plants*; World Health Organization: Geneva, Switzerland.

Available

online: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42783/9241546271.pdf?sequence=1>

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

Yadav, A.N. (2020). *Current Research and Future Challenges. Plant Microbiomes for Sustainable Agriculture.*



Co-funded by  
the European Union



## **Capitolo 2. Caratterizzazione botanica e uso delle piante medicinali. Potenziale allelopatico ed erbicida delle piante (Balicevic R, Ravlic M)**

### **2.1. Introduzione**

La corretta identificazione e la caratterizzazione botanica rappresentano il primo e cruciale passo nell'utilizzo di qualsiasi specie vegetale. La corretta identificazione e la buona conoscenza delle piante sono essenziali per il progresso della produzione agricola, per la scoperta di nuove sostanze fitochimiche e farmaceutiche, per il controllo di qualità dei prodotti medicinali e per la scoperta e lo sviluppo di nuovi principi attivi utilizzati come bioerbicidi. [Wäldchen and Mäder, 2018; Kellog et al., 2019; Šćepanović et al., 2021; Erhatic et al., 2023]. Gli strumenti di identificazione comprendono vari metodi, dall'identificazione botanica o morfologica tradizionale di una specie vegetale, all'uso di strumenti digitali o di metodi più dettagliati come il profilo chimico delle piante e i metodi genetici.

L'identificazione tradizionale delle piante comprende l'identificazione basata sulle loro caratteristiche morfologiche utilizzando diversi strumenti. Questi includono vari atlanti di piante, guide ed erbari, nonché chiavi dicotomiche che consentono l'identificazione delle piante in base alle caratteristiche tassonomiche. (Figura 2.1). Le chiavi dicotomiche consentono l'identificazione fino al livello di specie, dividendo continuamente i gruppi di organismi in due categorie in base a caratteristiche chiave. Tutti questi strumenti consentono l'identificazione delle piante sulla base di caratteristiche macroscopiche come frutti, fiori e foglie, che sono più spesso utilizzate per l'identificazione a livello di generi e specie [Drouet et al., 2018; Kellog et al., 2019].



Co-funded by  
the European Union

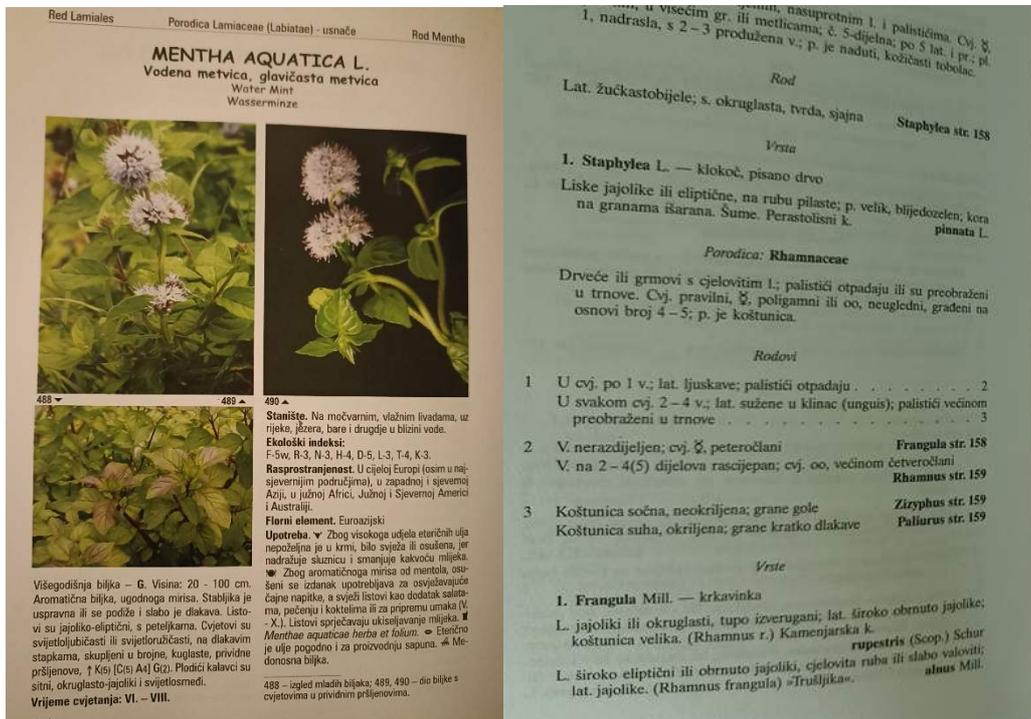


Figura 2.1. Identificazione tradizionale delle specie vegetali mediante atlanti e chiavi dicotomiche.

Per l'identificazione si utilizza materiale vegetale sia fresco che secco, come i campioni d'erbario. L'identificazione macroscopica comprende osservazioni sulle foglie come il tipo di foglia (ad esempio, semplice o composta), la forma della foglia (ad esempio, ovata, lanceolata, lineare, cordata), la disposizione delle foglie (ad esempio, opposte, alterne), le dimensioni, il colore o il margine della foglia (ad esempio, intero, dentato, lobato, ecc.).

Inoltre, le osservazioni possono essere fatte in base al fiore (ad esempio, forma, colore, numero di stami, ecc.), alla forma dell'infiorescenza (ad esempio, ombelico, spiga, racemo), al tipo di radici (ad esempio, bulbo, ecc.), nonché al tipo, alla forma e alle dimensioni degli organi generativi, come frutti e semi. (Figure 2.2). Oltre alla macroscopia, l'osservazione microscopica degli elementi anatomici è spesso utilizzata per confermare l'identificazione di specie vegetali selezionate [Costea et al., 2019; Kellog et al., 2019].



**Figura 2.2. Frutti, semi e foglie di piante per l'identificazione botanica.**

L'identificazione delle piante può essere noiosa e richiedere molto tempo, richiede conoscenze avanzate sulla morfologia e l'anatomia delle piante e può essere un processo impegnativo a causa dell'elevata variabilità e somiglianza morfologica delle specie vegetali, soprattutto quelle appartenenti a generi con un vasto numero di specie. Per questo motivo, di recente, per una più rapida identificazione delle specie vegetali sono disponibili numerosi strumenti digitali, come banche dati su Internet e applicazioni web e mobili [Wäldchen and Mäder, 2018; Hart et al., 2023]. I principali vantaggi di questo metodo di identificazione sono l'ampia disponibilità, la facilità d'uso e la velocità.

Le applicazioni per l'identificazione delle piante possono essere utili agli esperti per confermare ulteriormente l'identificazione delle piante o per aiutare nell'identificazione di specie che non rientrano nella loro area di competenza [Grgić, 2023; Hart et al., 2023]. Tuttavia, lo svantaggio principale è l'accuratezza dell'identificazione fino al livello di specie. Nonostante le singole applicazioni siano in grado di identificare le specie vegetali a livello di famiglia o di genere con un'accuratezza del 100%, molto spesso l'identificazione della specie non è accurata e inadeguata e richiede un'ulteriore conferma da parte di esperti [Otter et al., 2021; Grgić, 2023]. Pertanto, l'uso di strumenti digitali può essere di grande aiuto



Co-funded by  
the European Union



nell'identificazione botanica, ma non dovrebbe essere l'unico metodo di identificazione, soprattutto per la conferma della specie, poiché un'identificazione errata può portare all'uso di prodotti inefficaci e/o non sicuri.

Oltre all'esame botanico, altre tecniche possono essere impiegate per la caratterizzazione e l'autenticazione dei materiali vegetali, come la codifica del DNA e la caratterizzazione dei costituenti chimici [Kellog et al., 2019]. Durante lo screening fitochimico vengono identificati e quantificati importanti costituenti chimici per confermare e autenticare i materiali botanici, per differenziare i chemiotipi all'interno delle specie e per rilevare le adulterazioni nei materiali. Vengono utilizzati diversi metodi come la spettrometria di massa (MS), la gascromatografia (GS) e la cromatografia liquida ad alte prestazioni (HPLC) [Drouet et al., 2018; Kellog et al., 2019]. Le piante possono essere identificate anche con tecniche molecolari come i marcatori molecolari. I marcatori molecolari permettono di differenziare due specie, ma il principale limite del loro uso è l'incapacità di valutare il contenuto di molecole attive rispetto al profilo e all'analisi fitochimica [Drouet et al., 2018].

La crescita delle colture è inevitabilmente accompagnata dalla presenza di erbe infestanti, che competono con le colture per la luce, i nutrienti, l'umidità e lo spazio, causando una riduzione della quantità di raccolto o la loro completa distruzione. Le erbe infestanti riducono inoltre la qualità del raccolto, ospitano parassiti e malattie e aumentano i costi di produzione. L'agricoltura moderna si affida principalmente all'uso di erbicidi chimici per la gestione delle erbe infestanti, grazie alla loro elevata efficienza, alla semplicità di applicazione e all'efficacia dei costi. Tuttavia, l'applicazione impropria ed eccessiva di erbicidi chimici può causare numerosi problemi, come la comparsa di popolazioni resistenti alle infestanti, la presenza di residui di erbicidi nella catena alimentare e gli effetti negativi sull'ambiente e sulla salute umana e animale [Macías et al., 2003; Singh et al., 2003].

Inoltre, il frequente divieto di utilizzare ingredienti attivi, la mancanza di prodotti fitosanitari registrati e le restrizioni nell'applicazione di erbicidi sintetici nei sistemi agricoli biologici e nelle aree protette richiedono un approccio diverso nella gestione delle infestanti. L'applicazione di misure alternative per il controllo delle infestanti, non chimiche e rispettose dell'ambiente, che riducano al minimo e superino i problemi



Co-funded by  
the European Union



sopra citati, è essenziale. Uno di questi strumenti alternativi per la gestione sostenibile delle infestanti è l'allelopatia.

L'**allelopatia**, un fenomeno biologico, rappresenta l'effetto diretto o indiretto, dannoso o benefico, di una specie vegetale (donatore) sulla germinazione, l'insediamento e la crescita dell'altra (recettore) attraverso la produzione e il rilascio di composti chimici (allelochimici) nell'ambiente [Rice, 1984]. Gli allelochimici, che sono principalmente metaboliti secondari delle piante, sono presenti in tutte le piante e in varie parti di esse, nelle radici, nei rizomi, nei fusti, nelle foglie, nella corteccia, nei fiori, nei frutti e nei semi, in varie concentrazioni, e vengono rilasciati sia nei sistemi naturali che negli agroecosistemi attraverso l'essudazione delle radici, la volatilizzazione, la lisciviazione o la decomposizione del materiale vegetale [Weston and Duke, 2003].

L'allelopatia e le interazioni allelopatiche svolgono un ruolo importante nei sistemi agricoli, influenzando la presenza e la composizione della flora infestante e la crescita e la resa delle colture [Alam et al., 2001]. Nei sistemi agricoli, l'allelopatia può essere utilizzata in vari modi per controllare le infestanti. Le colture allelopatiche con un sostanziale effetto erbicida possono essere utilizzate nei sistemi biologici in cui non è consentito il controllo chimico delle infestanti o come misura supplementare nei sistemi di gestione integrata delle infestanti, come estratti acquosi o oli essenziali, cioè bioerbicidi naturali, nella rotazione delle colture, come colture di copertura, genotipi di colture con elevate capacità di soppressione delle infestanti, come pacciamme o incorporati come residui e polveri [Singh et al., 2001; Ghafari et al., 2018; Šćepanović et al., 2021]. Allo stesso modo, il potenziale allelopatico positivo potrebbe essere sfruttato sotto forma di biostimolatori per promuovere la crescita delle colture, la competizione con le erbe infestanti e la resa delle colture [Bhadha et al., 2014; Baličević et al., 2018]. La comprensione dei meccanismi delle interazioni allelopatiche e dei fattori che influenzano il potenziale allelopatico delle piante può aiutare a ottimizzare la produzione agricola e a conservare la biodiversità [Narwal and Tauro, 2000; Scavo et al., 2022].

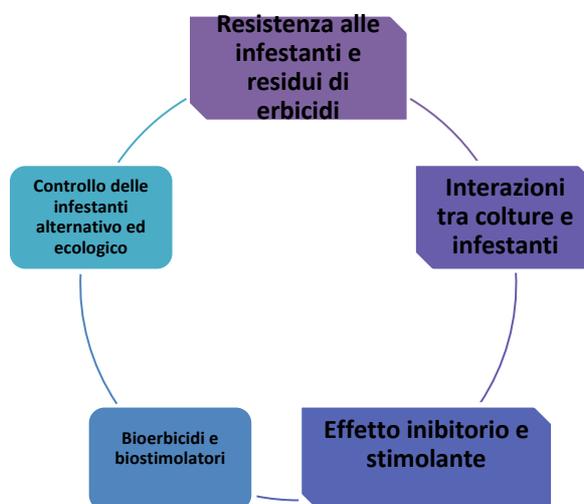


Figura 2.3. Applicazione dell'allelopatia negli agroecosistemi.

## 2.2. Fattori che influenzano il potenziale allelopatico delle piante

I metaboliti secondari bioattivi delle piante (allelochimici) sono presenti in varie concentrazioni in tutte le piante e parti di esse [Alam et al., 2001]. Le specie vegetali, comprese le piante medicinali, appartenenti a diverse famiglie botaniche, sia coltivate che selvatiche, rappresentano una grande fonte di composti bioattivi per lo sviluppo di nuovi bioerbicidi sicuri e biodegradabili [Bhowmik and Indjerit, 2003; Fujii et al., 2003; Amini et al., 2016]. Specie appartenenti alla famiglia delle Brassicaceae, come la senape bianca (*Sinapis alba*), il ravanello (*Raphanus sativus*) e la camelina (*Camellina sativa*) hanno esercitato un forte potenziale erbicida nei confronti della germinazione e della crescita della specie infestante invasiva ambrosia comune (*Ambrosia artemisiifolia*), con 15 composti fenolici rilevati nei loro estratti acquosi, come aldeidi fenoliche (vanillina), acidi idrossibenzoici (acido clorogenico, acido vanillico, acido siringico) e acidi idrossicinnamici (acido caffeico, acido ferulico) [Šćepanović et al., 2021].

Aniya et al. (2020) ha esaminato 50 piante medicinali per il loro potenziale allelopatico contro la lattuga (*Lactuca sativa*) e ha scoperto che il frutto dell'anice stellato (*Illicium verum*, Schisandraceae), la foglia dell'oca quercia (*Chenopodium glaucum*, Amaranthaceae) e il frutto della pianta della lanterna cinese (*Physalis alkekengi*, Solanaceae) erano tra le specie con il maggiore potenziale inibitorio sull'allungamento della radichetta e dell'ipocotile delle piantine.



L'effetto allelopatico di quattro specie di piante medicinali, la chia (*Salvia hispanica*, Lamiaceae), il cumino nero (*Nigella sativa*, Ranunculaceae), l'assenzio (*Artemisia absinthium*, Asteraceae) e l'ortica (*Urtica dioica*, Urticaceae) sulla germinazione dei semi e sulle caratteristiche di crescita del peperone (*Capsicum annuum*), dello spinacio (*Spinacia oleracea*) e della lattuga è stato studiato da Erhatic et al. (2023).

La composizione fitochimica ha rivelato la presenza di una serie di composti chimici in varie concentrazioni, come epicatechina, acido chinico, acido caffeico, esculetina, acido cinnamico, acido gallico e kaempferolo, mentre l'ortica e l'assenzio hanno mostrato il maggior potenziale negativo contro la germinazione delle specie testate.

Le acque aromatiche (idrolati o idrosoli) di cipresso (*Cupressus sempervirens*, Cupressaceae) e di due specie della famiglia delle Lamiaceae, ovvero rosmarino (*Rosmarinus officinalis*) e salvia (*Salvia officinalis*) hanno inibito la germinazione dei semi di tre varietà di lattuga fino al 100% rispetto al controllo nello studio di Politi et al. (2022). Altre specie vegetali promettenti con effetto allelopatico ed erbicida appartenenti alla famiglia delle Lamiaceae includono la salvia dei prati (*Salvia pratensis*) [Ravlic et al., 2023a; Županić, 2023], basilico (*Ocimum basilicum*), melissa (*Melissa officinalis*) [Petrova et al., 2015; Amini et al., 2016; Sarić-Krsmanović et al., 2019; Ravlic et al., 2022a], lavanda (*Lavandula angustifolia*), menta piperita (*Mentha × piperita*), menta di mela (*Mentha suaveolens*), salvia di bosco (*Salvia nemorosa*), Salvia russa (*Salvia abrotanoides*), timo comune (*Thymus vulgaris*), and origano (*Origanum vulgare*) [Amini et al., 2016; Mirmostafae et al., 2020].

Specie vegetali della famiglia delle Apiaceae, come il prezzemolo (*Petroselinum crispum*) [Ravlic et al., 2014], finocchio (*Foeniculum vulgare*) [Ravlic et al., 2016], dill (*Anethum graveolens*), cumino (*Cuminum cyminum*), anice (*Pimpinella anisum*) [Mirmostafae et al., 2020], e levistico (*Levisticum officinale*) [Lucić et al., 2018] sono anche tra i grandi candidati come potenziali fonti di molecole bioattive da utilizzare nella protezione delle piante. Anche gli estratti acquosi e le polveri vegetali della biomassa fuori terra, i lisciviati di frutti e foglie e gli oli essenziali ottenuti dalle foglie della ruta (*Rutagraveolens*, Rutaceae) sono stati segnalati per il loro significativo potenziale inibitorio nei confronti di



colture e piante infestanti [Makkizadeh et al., 2009, Amini et al., 2016., Ravlić et al., 2016, Mirmostafae et al., 2020].

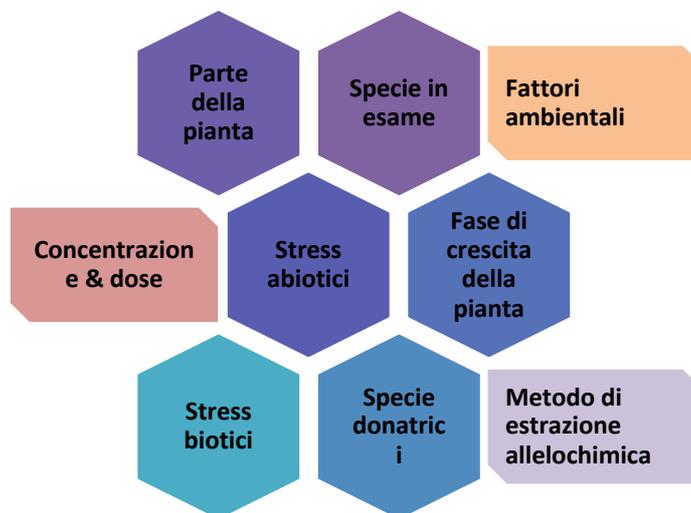


Figura 2.4. Fattori che influenzano il potenziale allelopatico ed erbicida delle piante.

Il potenziale allelopatico di specie vegetali donatrici selezionate dipende da molteplici fattori. L'attività è influenzata dalla concentrazione o dal dosaggio, dalla parte della pianta, dal metodo di estrazione e dal fatto che il materiale vegetale sia fresco o secco, ma dipende anche molto dalle specie bersaglio, che differiscono per la loro sensibilità [Fujii et al., 2003; Norsworthy, 2003; Souza Filho et al., 2009; Ravlić et al., 2016; Aniya et al., 2020; Ravlić et al., 2022a].

Di solito, il potenziale allelopatico è dipendente dalla concentrazione o dalla dose, con concentrazioni più elevate che mostrano un effetto negativo più forte e spesso inibiscono o ritardano completamente la germinazione o hanno effetti dannosi sulla crescita di radici e germogli [Šćepanović et al., 2021; Erhatic et al., 2023]. Inoltre, non è raro che concentrazioni o dosi molto basse (ad esempio, dallo 0,1 al 2%) stimolino e promuovano la crescita delle specie in esame [Baličević et al., 2018; Šćepanović et al., 2021]. Gli estratti acquosi di salvia dei prati (*S. pratensis*) a basse concentrazioni (1% e 2,5%) hanno stimolato significativamente la lunghezza dei germogli di lattuga del 33% e del 38,9% rispetto al controllo [Županić, 2023].

Le parti delle piante possiedono sostanze allelochimiche in diverse concentrazioni, il che è legato al loro diverso potenziale allelopatico [Scavo et al.,



2022]. Per esempio, Amini et al. (2016) hanno riportato che lo stigma e lo stilo del croco zafferano (*Crocus sativus*) hanno ridotto la radichetta e l'ipocotile delle piantine di lattuga in misura maggiore rispetto alla foglia, mentre il fiore dell'issopo (*Hyssopus angustifolius*) ha promosso la lunghezza dell'ipocotile rispetto all'attività inibitoria della foglia. L'olio essenziale di lavanda (*L. angustifolia*) estratto dai fiori ha mostrato una maggiore diminuzione della germinazione dei semi e dei parametri di crescita delle piantine delle specie in esame rispetto all'olio essenziale ottenuto dalle foglie [Mirmostafae et al., 2020]. Le foglie sono spesso le parti della pianta con il potenziale negativo più elevato. Secondo Ravlić et al. (2019) l'effetto inibitorio degli steli di *Aristolochia clematitis*, *Oenothera biennis* e *Papaver rhoeas* è meno pronunciato rispetto alle foglie.

Il potenziale allelopatico dipende dall'uso di materiali vegetali freschi o secchi o dal diverso metodo di estrazione degli allelochimici (estratti acquosi, etanolici, metanolici o idroalcolici, residui, oli essenziali). Secondo Ravlić et al. (2022a) gli estratti acquosi di materiale vegetale fresco hanno mostrato un potenziale negativo inferiore rispetto agli estratti acquosi di materiale vegetale secco. Il materiale vegetale secco ha inibito la germinazione e la crescita delle specie infestanti fino al 100%. Allo stesso modo, gli estratti acquosi di prezzemolo (*P. crispum*) da biomassa secca hanno inibito completamente la germinazione del crescione (*Lepidium draba*), al contrario degli estratti da biomassa fresca [Ravlić et al., 2014]. Silva et al. (2014) invece hanno registrato un maggiore effetto fitotossico dei volatili delle foglie fresche rispetto a quelle secche di due arbusti di Asteraceae sulla crescita di piantine di lattuga e cipolla (*Allium cepa*). Secondo Kato-Noguchi (2003), i residui secchi di melissa (*M. officinalis*) hanno inibito la germinazione del pungitopo (*Digitaria sanguinalis*) fino al 30,0%, mentre la lunghezza delle radici e dei germogli si è ridotta di oltre il 50,0%. L'effetto dei composti volatili di 123 piante medicinali e aromatiche è stato riportato nello studio di Sadeqifard et al. (2022). I risultati hanno rivelato che le foglie di geranio (*Pelargonium graveolens*), i fiori di lavanda (*L. angustifolia*) e le foglie di salvia cornuta (*Salvia ceratophylla*) hanno avuto il maggiore effetto inibitorio sulla crescita delle radichette di lattuga (100% di inibizione rispetto al controllo). L'effetto maggiore sull'inibizione della crescita



dell'ipocotile è stato osservato con gli steli di *Echinophora platyloba*, specie medicinale e aromatica della famiglia delle Apiaceae.

È stato riferito che gli oli essenziali e i loro componenti possiedono attività allelopatica ed erbicida. Nello studio di Sarić-Krsmanović et al. (2019) gli oli essenziali di basilico (*O. basilicum*), salvia (*S. officinalis*), timo (*T. vulgaris*), melissa (*M. officinalis*) e verga d'oro (*Solidago virgaurea*) sono stati valutati per il loro potenziale erbicida contro la germinazione e la crescita del velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). I risultati hanno mostrato che con l'aumento della concentrazione di olio essenziale sono diminuite sia la germinazione che la crescita delle piantine di velvetleaf, e gli oli essenziali studiati potrebbero essere considerati come potenziali allelochimici alternativi con potenziale erbicida utilizzati nel controllo delle infestanti come bioerbicidi. Mirmostafae et al. (2020) hanno analizzato gli effetti inibitori di 112 oli essenziali e delle loro miscele utilizzando il metodo del tampone di cotone. L'esperimento ha incluso diversi organi vegetali (radice, rizoma, foglia, fiore, ecc.) di 97 specie di piante aromatiche e medicinali appartenenti a 16 famiglie botaniche. L'olio essenziale di origano (*O. vulgare*) si è rivelato il più forte inibitore della crescita, così come diverse altre specie appartenenti alle famiglie delle Lamiaceae, Geraniaceae e Apiaceae. Secondo Souza Filho et al. (2009) Gli estratti idroalcolici avevano un potenziale negativo sulla germinazione dei semi più elevato rispetto agli oli essenziali. Allo stesso modo, sono spesso riportate differenze tra l'effetto allelopatico degli estratti acquosi e delle polveri delle piante (Ravlić et al., 2016, 2022a). Sekine et al. (2020) hanno messo a confronto due metodi, il metodo a sandwich e il metodo a pacchetto di piatti, per valutare l'effetto allelopatico dei percolati e dei composti volatili di 53 specie ed erbe contro la crescita delle piantine di lattuga. L'attività inibitoria è risultata diversa tra i vari metodi, con i percolati di prezzemolo (*Petroselinum sativum*) e i volatili di carvi (*Carum carvi*) e aneto (*A. graveolens*) più inibitori.

La maggior parte degli studi riporta differenze nella suscettibilità delle specie al potenziale allelopatico delle specie donatrici [Baličević et al., 2018; Scavo et al., 2022; Erhatic et al., 2023] così come la diversa sensibilità tra i vari genotipi della stessa specie [Politi et al., 2022]. Aniya et al. (2019) hanno concluso che il trifoglio comune



(*Lotus corniculatus*) era la specie più sensibile all'acido shikimico, il principale composto presente nei frutti dell'anice stellato (*I. verum*), rispetto ad altre specie in esame, cioè trifoglio rosso (*Trifolium pratense*), trifoglio bianco (*Trifolium repens*), erba medica (*Medicago sativa*). Estratti di *Aloe vera* (L.) Burm. F. secondo Baličević et al. (2018) hanno diminuito la germinazione, la lunghezza delle radici e dei germogli, il peso fresco e secco delle piantine di orzo (*Hordeum vulgare*), mentre hanno stimolato tutti i parametri di crescita della zucca da olio (*Cucurbita pepo* L. var. *oleifera*). Uno dei principali fattori che influenzano la sensibilità delle specie all'attività allelopatica è la dimensione dei semi della specie in esame e la capacità della specie di metabolizzare gli allelochimici [Vidotto et al., 2013; Bibi et al., 2023].

Il potenziale fitotossico degli estratti di piante e degli oli essenziali è influenzato da fattori ambientali, come l'origine geografica, le condizioni di coltivazione, le variazioni stagionali e lo stadio di crescita della pianta, nonché da fattori ambientali abiotici e biotici, che possono aumentare la produzione di metaboliti secondari nelle piante e potenziarne l'effetto inibitorio [Safdar et al., 2014; Khanh et al., 2018; Sarić-Krsmanović et al., 2019; Medina-Villar et al., 2020; Appiah et al., 2022; Ravlić et al., 2022a].

La fitotossicità delle piante cambia stagionalmente in relazione alle fluttuazioni stagionali dei parametri ambientali [Silva et al., 2014]. Appiah et al. (2022) nel loro studio hanno valutato l'effetto della variazione stagionale sul contenuto di acido carnosico, indicato come allelochimico, e sul potenziale fitotossico delle foglie essiccate di rosmarino (*R. officinalis*). Gli autori hanno concluso che il potenziale inibitorio più elevato sulla lattuga è stato osservato con campioni raccolti all'inizio dell'estate (giugno), in coincidenza con la più alta concentrazione media di acido carnosico, pari a 15,1 mg/g di peso secco, mentre la concentrazione più bassa è stata registrata a febbraio (8,3 mg/g di peso secco).

Inoltre, lo studio ha anche riportato che la concentrazione di acido carnosico differiva nei campioni raccolti da due località. Safdar et al. (2014) hanno riportato diversi effetti inibitori degli estratti di partenio (*Parthenium hysterophorus*) e il contenuto di composti fenolici nella biomassa raccolta in tre località: vicino al confine del campo, vicino allo stagno e vicino al canale d'acqua. Allo stesso modo, anche gli



stadi di crescita delle specie possono influenzare le prestazioni allelopatiche delle piante, poiché la diversità e la concentrazione di sostanze allelochimiche variano notevolmente con lo stadio fenologico della pianta donatrice [Ravlić et al., 2022b, Zribi et al., 2014].

I materiali vegetali raccolti in fase vegetativa, di fioritura e/o matura variano significativamente nella loro capacità di ostacolare la germinazione e la crescita delle specie bersaglio. Secondo Ravlić et al. (2022b) Gli estratti d'acqua di foglie di girasole raccolte nella fase di fioritura hanno inibito la lunghezza dei germogli di lattuga in misura maggiore rispetto agli estratti d'acqua di foglie ottenute in una fase di crescita più precoce, cioè nella fase di butirrifazione. Zribi et al. (2014) ha analizzato le differenze nel potenziale allelopatico delle varietà di cumino nero (*N. sativa*) raccolte in diversi stadi di sviluppo: vegetativo (piante con 7 foglie), di fioritura (50% dei fiori aperti) e di fruttificazione (50% dei baccelli hanno raggiunto la lunghezza tipica). I risultati hanno indicato che la varietà indiana ha mostrato la maggiore fitotossicità allo stadio vegetativo e quella tunisina allo stadio di fioritura. Žalac et al. (2022) hanno concluso che l'estratto di foglie di noce più vecchie ha avuto l'effetto tossico più grave sulla crescita delle specie in esame.

La siccità e lo stress idrico influiscono sulla capacità inibitoria dei residui vegetali e degli estratti acquosi. Secondo Motamedi et al. (2016) I residui di germogli di cartamo (*Carthamus tinctorius*) prodotti in condizioni di irrigazione normale sono risultati meno inibitori nei confronti del ravanello (*R. sativus*) rispetto ai residui ottenuti in condizioni di stress da siccità. Allo stesso modo, Ravlić et al. (2023b) hanno esaminato l'effetto dello stress idrico, cioè della diversa acqua di irrigazione netta, sul potenziale allelopatico della petunia (*Petunia hybrida*). Nel complesso, lo stress idrico non ha avuto effetti significativi sul potenziale allelopatico della petunia, tranne che con la concentrazione di estratto più alta sulla lunghezza dei germogli delle piantine, dove gli estratti di petunie coltivate con l'acqua di irrigazione netta più bassa hanno avuto un effetto inibitorio maggiore rispetto agli estratti di petunie coltivate con l'acqua di irrigazione netta più alta. Anche altre pratiche agricole, come i trattamenti di lavorazione del terreno, la falciatura, ecc. possono influenzare il potenziale allelopatico delle piante [Biramahire et al., 2022, Ravlić et al., 2022c].



## Bibliografia

- Alam, S.M., Ala, S.A., Azmi, A.R., Khan, M.A., Ansari, R. (2001). *Allelopathy and its Role in Agriculture. Journal of Biological Sciences*, 1, 308–315.
- Amini, S., Azizi, M., Joharchi, M.R., Moradinezhad, F. (2016). *Evaluation of allelopathic activity of 68 medicinal and wild plant species of Iran by Sandwich method. International Journal of Horticultural Science and Technology*, 3(2), 243-253.
- Aniya, Nomura, Y., Fuerdeng, Appiah, K.S., Fujii, Y. (2020). *Evaluation of Allelopathic Activity of Chinese Medicinal Plants and Identification of Shikimic Acid as an Allelochemical from Illicium verum Hook. f. Plants*, 9, 684.
- Appiah, K.S., Omari, R.A., Onwona-Agyeman, S., Amoatey, C.A., Ofosu-Anim, J., Smaoui, A., Arfa, A.B., Suzuki, Y., Oikawa, Y., Okazaki, S., Katsura, K., Isoda, H., Kawada, K., Fujii, Y. (2022). *Seasonal Changes in the Plant Growth-Inhibitory Effects of Rosemary Leaves on Lettuce Seedlings. Plants*, 11, 673.
- Baličević, R., Ravlić, M., Lucić, K., Tatarević, M., Lucić, P., Marković, M. (2018). *Allelopathic effect of Aloe vera (L.) Burm. F. on seed germination and seedlings growth of cereals, industrial crops and vegetables. Poljoprivreda*, 24(2), 13-19.
- Bhadha, J.H., Lang, T.A., Alvarez, O.M., Giurcanu, M.C., Johnson, J.V., Odero, D.C., Daroub, S.H. (2014). *Allelopathic effects of Pistia stratiotes (Araceae) and Lyngbya wollei Farlow ex Gomont (Oscillariaceae) on seed germination and root growth. Sustainable Agricultural Research*, 3(4), 121-130.
- Bhowmik, P.C., Indjerit (2003). *Challenges and opportunities in implementing allelopathy for natural weed management. Crop Protection*, 22(4), 661-671.
- Bibi, S., Bibi, A., Al-Ghouti, M.A., Abu-Dieyeh, M.H. (2023). *Allelopathic Effects of the Invasive Prosopis juliflora (Sw.) DC. on Native Plants: Perspectives toward Agrosystems. Agronomy*, 13, 590.
- Biramahire, B., Appiah, K.S., Tojo, S., Fujii, Y., Chosa, T. (2022). *Influence of Mowing and Trampling on the Allelopathy and Weed Suppression Potential of Digitaria ciliaris and Cyperus microiria. Sustainability*, 14, 16665.
- Costea, T., Străinu, A.M., Gîrd, C.E. (2019). *Botanical characterization, chemical composition and antioxidant activity of Romanian lavender (Lavandula angustifolia*



Mill.) flowers. *Studia Universitatis "Vasile Goldiș", Seria Științele Vieții*, 29(4), 159 – 167.

Drouet, S., Garros, L., Hano, C., Tungmunnithum, D., Renouard, S., Hagege, D., Maunit, B., Lainé, É.A. (2018). *Critical View of Different Botanical, Molecular, and Chemical Techniques Used in Authentication of Plant Materials for Cosmetic Applications*. *Cosmetics*, 5, 30.

Erhatic, R., Horvat, D., Zoric, Z., Repajic, M., Jovic, T., Herceg, M., Habuš, M., Srećec, S. (2023). *Aqueous Extracts of Four Medicinal Plants and Their Allelopathic Effects on Germination and Seedlings: Their Morphometric Characteristics of Three Horticultural Plant Species*. *Applied Sciences*, 13, 2258.

Fujii, Y., Parvez, S.S., Parvez, M.M., Ohmae, Y., Iida, O. (2003). *Screening of 239 medicinal plant species for allelopathic activity using the sandwich method*. *Weed Biology and Management*, 3(4), 233-241.

Ghafari, Z., Karimmojeni, H., Majidi, M.M., Naderi, B. (2018). *Assessment of the Allelopathic Potential of Cumin Accessions in Different Soil Water Potential*. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 21, 249-260.

Grgić, D. (2023). *A comparison of accuracy of image recognition apps for identification of edible weed species*. *Graduate Thesis, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Osijek*.

Hart, A.G., Bosley, H., Hooper, C., Perry, J., Sellors-Moore, J., Moore, O., Goodenough, A.E. (2023). *Assessing the accuracy of free automated plant identification applications*, *People and Nature*, 5, 929-937.

Kato-Noguchi, H. (2003). *Assessment of allelopathic potential of shoot powder of lemon balm*. *Scientia Horticulturae*, 97, 419-423.

Kellog, J.J., Paine, M.F., McCune, J.S., Oberlies, N.H., Cech, N.B. (2019). *Selection and Characterization of Botanical Natural Products for Research Studies: A NaPDI Center Recommended Approach*. *Natural Product Reports*, 36(8), 1196–1221.

Khanh, D.T., Anh, L.H., Nghia, L.T., Trung, K.H., Hien, P.B., Trung, D.M., Xuan, T.D. (2018). *Allelopathic responses of rice seedlings under some different stresses*. *Plants*, 7, 40.



- Lucić, P., Ravlić, M., Rozman, V., Baličević, R., Liška, A., Župarić, M., Grubišić, D., Paponja, I. (2018). *Insekticidni i alelopatski potencijal ljupčaca (Levisticum officinale Koch). Proceedings & abstracts 11th international scientific/professional conference Agriculture in Nature and Environment Protection, Osijek: Glas Slavonije*, pp. 239-244.
- Macías, F.A., Marín, D., Oliveros-Bastidas, A., Varela, R.M., Simonet, A.M., Carrera, C., Molinillo, J.M.G. (2003). *Allelopathy as new strategy for sustainable ecosystems development. Biological Sciences in Space*, 17(1), 18-23.
- Makkizadeh, M., Salimi, M., Farhoudi, R. (2009). *Allelopathic effect of rue (Ruta graveolens L.) on seed germination of three weeds. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 24(4), 463-471.
- Medina-Villar, S., Uscola, M., Perez-Corona, E., Jacobs, D.F. (2020). *Environmental stress under climate change reduces plant performance, yet increases allelopathic potential of an invasive shrub. Biological Invasions*, 22, 2859-2881.
- Mirmostafae, S., Azizi, M., Fujii, Y. (2020). *Study of Allelopathic Interaction of Essential Oils from Medicinal and Aromatic Plants on Seed Germination and Seedling Growth of Lettuce. Agronomy*, 10, 163.
- Motamedi, M., Karimmojeni, H., Sini, F.G. (2016). *Evaluation of allelopathic potential of safflower genotypes (Carthamus tinctorius L.). Journal of Plant Protection Research*, 56(4), 364-371.
- Narwal, S.S., Tauro, P. (2000). *Allelopathy in agroecosystems: An overview. Agroforestry Systems*, 48(1-3), 129-152.
- Norsworthy, J.K. (2003). *Allelopathic potential of wild radish (Raphanus raphanistrum). Weed Technology*, 17, 307-313.
- Otter, J., Mayer, S., Tomaszewski, C.A. (2021). *Swipe Right: a Comparison of Accuracy of Plant Identification Apps for Toxic Plants. Journal of Medical Toxicology*, 17, 42-47.
- Petrova, S.T., Valcheva, E.G., Velcheva, I.G. (2015). *A case study of allelopathic effect on weeds in wheat. Ecologia Balkanica*, 7(1), 121-129.
- Politi, M., Ferrante, C., Menghini, L., Angelini, P., Flores, G.A., Muscatello, B., Braca, A., De Leo, M. (2022). *Hydrosols from Rosmarinus officinalis, Salvia officinalis, and*



*Cupressus sempervirens*: Phytochemical analysis and bioactivity evaluation. *Plants*, 11, 349.

Ravlić, M., Baličević, R., Brozović, B., Đurđević, B., Jug, I., Vukadinović, V., Bertić, L., Rojnica, I., Jug, D. (2022c). *Allelopathic potential of weeds from different conservation tillage systems under climate change conditions. In Proceedings of the 57th Croatian & 17th International Symposium on Agriculture, Vodice, Croatia, 19-24 June 2022*, pp. 697–702.

Ravlić, M., Baličević, R., Lucić, I. (2014). *Allelopathic effect of parsley (Petroselinum crispum Mill.) cogermination, water extracts and residues on hoary cress (Lepidium draba (L.) Desv.)*. *Poljoprivreda*, 20(1), 22-26.

Ravlić, M., Baličević, R., Lucić, P., Vinković, Ž., Pranjković, E.L., Brnjić, D. (2019). *Laboratory assessment of selected wild plant species allelopathic potential on germination and growth of lettuce (Lactuca sativa)*. *Proceedings & abstracts 12th international scientific/professional conference Agriculture in Nature and Environment Protection, Osijek: Glas Slavonije*, pp. 215-219.

Ravlić, M., Baličević, R., Marković, M., Pranjković, E.L., Vinković, Ž., Kojić, A. (2023b). *Effect of water stress on allelopathic potential of petunia (Petunia hybrida L.)*. *Book of Abstracts 58th Croatian & 18th International Symposium on Agriculture, Zagreb: Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*, pp. 251-251.

Ravlić, M., Baličević, R., Nikolić, M., Sarajlić, A. (2016). *Assessment of allelopathic potential of fennel, rue and sage on weed species hoary cress (Lepidium draba)*. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 44(1), 48-52.

Ravlić, M., Baličević, R., Sarajlić, A., Kranjac, D., Grgić, S. (2022a). *Allelopathic effects of aromatic and medicinal plants on black nightshade (Solanum nigrum)*. *Zbornik rezimea radova XVII Savetovanje o zaštiti bilja, Zlatibor*, pp. 58.

Ravlić, M., Baličević, R., Svalina, T., Posavac, D., Ravlić, J. (2023a). *Herbicidal potential of meadow sage (Salvia pratensis L.) against velvetleaf (Abutilon theophrasti Med.) and common corn-cockle (Agrostemma githago L.)*. *Glasnik Zaštite Bilja*, 46(3), 116-121.



- Ravlić, M., Markulj Kulundžić, A., Baličević, R., Marković, M., Viljevac Vuletić, M., Kranjac, D., Sarajlić, A. (2022b). *Allelopathic Potential of Sunflower Genotypes at Different Growth Stages on Lettuce*. *Applied Sciences*, 12, 12568.
- Rice, E.L. (1984). *Allelopathy*, 2nd ed.; Academic Press: Orlando, Florida.
- Sadeqifard, S., Mirmostafae, S., Joharchi, M.R., Zandavifard, J., Azizi, M., Fujii, Y. (2022). *Evaluation of Allelopathic Activity Interactions of Some Medicinal Plants Using Fractional Inhibitory Concentration and Isobologram*. *Agronomy*, 12, 3001.
- Safdar, M.E., Tanveer, A., Khaliq, A., Naeem, M.S. (2014). *Allelopathic action of Parthenium and its rhizospheric soil on maize as influenced by growing conditions*. *Planta Daninha*, 32(2), 243-253.
- Sarić-Krsmanović, M., Gajić Umiljendić, J., Radivojević, Lj., Šantrić, Lj., Potočnik, I., Đurović-Pejčev R. (2019). *Bio-herbicidal effects of five essential oils on germination and early seedling growth of velvetleaf (Abutilon theophrasti Medik.)*. *Journal of Environmental Science and Health. Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 54(4), 247-251.
- Scavo, A., Pandino, G., Restuccia, A., Caruso, P.m Lombardo, S., Mauromicale, G. (2022). *Allelopathy in Durum Wheat Landraces as Affected by Genotype and Plant Part*. *Plants*, 11, 1021.
- Šćepanović, M., Sarić-Krsmanović, M., Šoštarčić, V., Brijačak, E., Lakić, J., Špirović Trifunović, B., Gajić Umiljendić, J., Radivojević, L. (2021). *Inhibitory Effects of Brassicaceae Cover Crop on Ambrosia artemisiifolia Germination and Early Growth*. *Plants*, 10, 794.
- Sekine, T., Appiah, K.S., Azizi, M., Fujii, Y. (2020). *Plant Growth Inhibitory Activities and Volatile Active Compounds of 53 Spices and Herbs*. *Plants*, 9, 264.
- Silva, E.R., Overbeck, G.E., Soares, G.L.G. (2014). *Phytotoxicity of volatiles from fresh and dry leaves of two Asteraceae shrubs: Evaluation of seasonal effects*. *South African Journal of Botany*, 93, 14-18.
- Singh, H.P., Batish, D.R., Kohli, R.K. (2001). *Allelopathy in Agroecosystems*. *Journal of Crop production*, 4(2), 1–41.



- Singh, H.P., Batish, D.R., Kohli, R.K. (2003). *Allelopathic interactions and allelochemicals: New possibilities for sustainable weed management. Critical Reviews in Plant Sciences*, 22, 239-311.
- Souza Filho, A.P.S., Guilhon, G.M.S.P., Zoghbi, M.G.B., Cunha, R.L. (2009). *Comparative Analyses of the Allelopathic Potential of the Hydroalcoholic Extract and Essential Oil of “Cipo-D’alho” (Bignoniaceae) Leaves. Planta Daninha*, 27(4), 647-653.
- Vidotto, F., Tesio, F., Ferrero, A. (2013). *Allelopathic effects of Ambrosia artemisiifolia L. in the invasive process. Crop Protection*, 54, 161–167.
- Wäldchen, J., Mäder, P. (2018). *Machine learning for image based species identification. Methods in Ecology and Evolution*, 9(11), 2216-2225.
- Weston, L.A., Duke, S.O. (2003). *Weed and Crop Allelopathy. Critical Reviews in Plant Sciences*, 22(3&4), 367–389.
- Žalac, H., Herman, G., Lisjak, M., Teklić, T., Ivezić, V. (2022). *Intercropping in walnut orchards – assessing the toxicity of walnut leaf litter on barley and maize germination and seedlings growth. Poljoprivreda*, 28(1), 46–52.
- Zribi, I., Omezzine, F., Haouala, R. (2014). *Variation in phytochemical constituents and allelopathic potential of Nigella sativa with developmental stages. South African Journal of Botany*, 94, 255–262.
- Županić, A. (2023). *Allelopathic potential of meadow sage (Salvia pratensis L.) on lettuce (Lactuca sativa L.). BSc Thesis, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, Osijek.*



## Capitolo 3. Effetto erbicida di estratti di piante e oli essenziali (Ravlic M, Balicevic R)

### 3.1. Introduzione

Il potenziale allelopatico ed erbicida delle piante può essere valutato con diversi metodi in condizioni di laboratorio, in serra utilizzando vasi con terreno o in condizioni di campo. La scelta del metodo è solitamente legata alla via di rilascio degli allelochimici. Per esempio, il metodo sandwich viene utilizzato per valutare i percolati fogliari [Amini et al., 2016; Aniya et al., 2020], mentre gli esperimenti con gli estratti simulano il rilascio di sostanze allelochimiche dal materiale vegetale e dal terreno attraverso la lisciviazione e possono essere testati sia su supporti artificiali come la carta da filtro che in vasi con il terreno [Šćepanović et al., 2021; Winkler et al., 2022; Ravlić et al., 2023a].

Le polveri o i residui vegetali sono spesso testati in esperimenti in vaso in condizioni di laboratorio o in serra [Ravlić, 2015; Ravlić et al., 2016]. Altri metodi includono il metodo del tampone di cotone per valutare la fitotossicità dei costituenti volatili degli oli essenziali [Mirmostafae et al., 2020] ed esperimenti in piastra di Petri per la valutazione dell'effetto di contatto degli oli essenziali [Sarić-Krsmanović et al., 2019]. Il metodo Dish Pack consente di valutare i composti volatili secreti da materiale vegetale secco utilizzando multi piatti con sei pozzetti [Kang et al., 2019; Sadeqifard et al., 2022]. Le analisi di laboratorio possono anche valutare il potenziale allelopatico degli essudati radicali [Shiraishi et al., 2002; Ravlić et al., 2020; Yang and Li, 2022].

I risultati degli screening delle piante in condizioni di laboratorio su terreni artificiali come carta da filtro o agar possono essere diversi quando vengono valutati nel terreno. Secondo Ravlić et al. (2021), l'emergenza dell'alga rossa (*Amaranthus retroflexus*) è stata significativamente ridotta in vasi con terreno rispetto al biotest su piastra di Petri nell'esperimento di cogermine delle erbe. Il contatto diretto dei semi delle specie in esame con gli estratti su carta da filtro di solito causa maggiori effetti dannosi sulla germinazione e sulla crescita delle piantine [Ravlić et al., 2014]. Oltre al metodo di rilascio e al metodo di screening, anche la densità dei semi della



pianta recettrice può influire sul grado di potenziale allelopatico. Una minore densità di semi determina una maggiore concentrazione di sostanze allelochimiche ricevute per ogni pianta recettrice, quindi un potenziale allelopatico più elevato; viceversa, in presenza di una maggiore densità di semi, il potenziale allelopatico è meno pronunciato [Aguilar-Franco et al., 2019].

### 3.2. Piante officinali coltivate e selvatiche con un promettente potenziale allelopatico ed erbicida

L'effetto erbicida degli estratti acquosi di salvia dei prati (*S. pratensis*) è stato valutato contro la germinazione e la crescita di due specie di erbe infestanti, il velluto (*A. theophrasti*) e il garofano comune (*Agrostemma githago*) [Ravlić et al., 2023a]. Gli estratti acquosi sono stati preparati dalla biomassa secca della salvia dei prati in cinque diverse concentrazioni (1%, 2,5%, 5%, 7,5% e 10%) e testati *in vitro*. I risultati della ricerca hanno rivelato il potenziale inibitorio degli estratti di salvia dei prati, soprattutto a concentrazioni più elevate (Tabella 3.1). La germinazione del garofano comune (*A. githago*) è stata significativamente ridotta dal 7,6% al 98,9% rispetto al controllo.

**Tabella 3.1. Effetto degli estratti acquosi di salvia dei prati (*Salvia pratensis*) sulla germinazione dei semi e sulla crescita delle piantine di gramigna [Ravlić et al., 2023a].**

Concentrazione estratto acquoso (%)	<b>Germinazione (%)</b>	
	<i>Abutilon theophrasti</i>	<i>Agrostemma githago</i>
Controllo	71.0 a	92.0 a
1 %	70.0 a	85.0 b
2.5 %	66.0 a	7.0 c
5 %	62.0 a	6.0 c
7.5 %	63.0 a	3.0 cd
10 %	64.0 a	1.0 d
Concentrazione estratto acquoso (%)	<b>Lunghezza radici (cm)</b>	
	<i>Abutilon theophrasti</i>	<i>Agrostemma githago</i>
Controllo	5.35 a	6.11 a
1 %	2.81 b	6.49 a



Co-funded by  
the European Union



2.5 %	1.93 c	4.09 b
5 %	1.6 c	2.5 c
7.5 %	1.32 cd	0.38 d
10 %	0.86 d	0.0 d



Concentrazione estratto acquoso (%)	<b>Lunghezza germogli (cm)</b>	
	<i>Abutilon theophrasti</i>	<i>Agrostemma githago</i>
Control	2.57 a	1.92 a
1 %	2.15 a	1.18 b
2.5 %	1.57 b	0.55 c
5 %	1.09 c	0.4 cd
7.5 %	1.11 c	0.23 d
10 %	1.08 c	0.0 e

Concentrazione estratto acquoso (%)	<b>Peso fresco (mg)</b>	
	<i>Abutilon theophrasti</i>	<i>Agrostemma githago</i>
Control	43.8 a	70.0 a
1 %	39.0 b	53.0 b
2.5 %	34.6 c	28.9 c
5 %	27.8 d	28.2 c
7.5 %	24.8 d	15.2 d
10 %	26.5 d	0.0 e

a,b,c - le medie seguite dalla stessa lettera all'interno della colonna non sono significativamente differenti a P<0.05

La lunghezza delle radici e dei germogli delle piantine delle infestanti è stata fortemente ridotta e persino completamente inibita rispetto al controllo. Complessivamente, è stato registrato un maggiore effetto inibitorio per il garofano comune (*A. githago*), che è risultato più sensibile rispetto al velvetleaf (*A. theophrasti*) (Figura 3.1).



**Figura 3.1. Effetto degli estratti acquosi di salvia dei prati (*Salvia pratensis*) sulla germinazione dei semi e sulla crescita di velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) e sulla crescita di velvetleaf (*Abutilon theophrasti*): A) controllo ed estratto al 2,5%, B) controllo ed estratto al 10%.**

Gli estratti acquosi di finocchio (*F. vulgare*), salvia (*S. officinalis*) e ruta (*R. graveolens*) sono stati studiati per il loro potenziale erbicida nei confronti di specie infestanti come il crescione (*Cardaria draba*) da Ravlić et al. (2016). Gli estratti acquosi sono stati testati in due diverse concentrazioni con 50 e 100 g di biomassa vegetale per litro. I risultati hanno rivelato che gli estratti d'acqua preparati dalla biomassa fresca e secca delle piante hanno avuto diversi effetti sulla germinazione e sulla crescita delle piantine di crescione (Tabella 3.2).



**Tabella 3.2. Effetto degli estratti acquosi di piante aromatiche e medicinali sulla germinazione e sulla crescita delle piantine di crescita su carta da filtro in piastre Petri [Ravlić et al., 2016].**

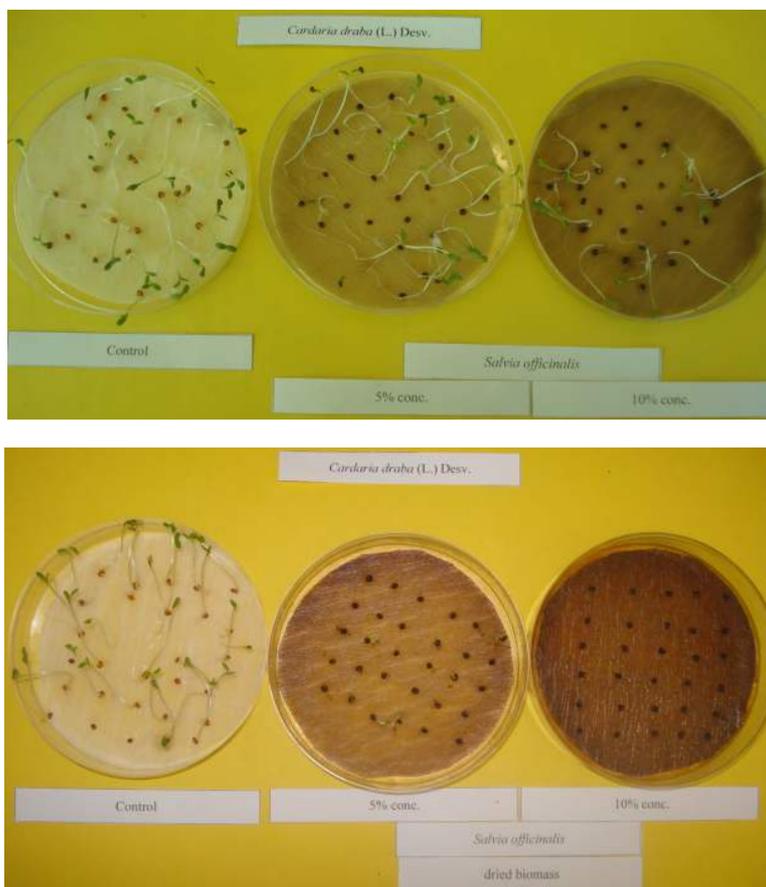
<i>Trattamenti</i>	<i>Germinazione (%)</i>	<i>Lunghezza a radici (cm)</i>	<i>Lunghezza a germogli (cm)</i>	<i>Peso fresco (cm)</i>
Controllo	86.2 a	3.2 c	2.2 bc	0.0163 b
<b>Biomassa fresca</b>				
Finocchio 50 g l <sup>-1</sup>	88.7 a	2.1 d	2.6 a	0.0175 ab
100 g l <sup>-1</sup>	83.2 a	1.3 e	2.4 ab	0.0135 c
Ruta 50 g l <sup>-1</sup>	62.4 bc	5.0 a	2.7 a	0.0189 a
100 g l <sup>-1</sup>	60.7 c	3.9 b	2.3 bc	0.0161 b
Salvia 50 g l <sup>-1</sup>	66.9 b	3.9 b	2.3 bc	0.0157 bc
100 g l <sup>-1</sup>	65.9 bc	3.3 c	2.1 c	0.0138 c
<b>Biomassa secca</b>				
Finocchio 50 g l <sup>-1</sup>	1.8 f	0.1 g	0.1 e	0.0001 e
100 g l <sup>-1</sup>	0.0 f	0.0 g	0.0 e	0.0000 e
Ruta 50 g l <sup>-1</sup>	12.3 e	0.2 fg	0.4 d	0.0026 d
100 g l <sup>-1</sup>	0.0 f	0.0 g	0.0 e	0.0000 e
Salvia 50 g l <sup>-1</sup>	36.7 d	0.3 f	0.3 de	0.0021 de
100 g l <sup>-1</sup>	0.0 f	0.0 g	0.0 e	0.0000 e

Medie seguite dalla stessa lettera all'interno della colonna non sono significativamente differenti a  $p < 0.05$ .

In media, gli estratti di biomassa fresca hanno ridotto la germinazione fino al 17%, mentre gli estratti di biomassa secca oltre il 90%, con il finocchio che presenta il potenziale inibitorio più elevato. Con gli estratti di finocchio dalla biomassa fresca è stata osservata una sostanziale inibizione della lunghezza delle radici, mentre la ruta e la salvia ne hanno favorito l'allungamento. Allo stesso modo, l'effetto positivo sulla lunghezza dei germogli e sul peso fresco delle piantine è stato marcato per gli estratti di acqua dalla biomassa fresca. La biomassa secca di tutte le piante aromatiche e



medicinali testate in concentrazioni più elevate ha inibito completamente (100%) la germinazione e i parametri di crescita delle piantine di gramigna (Figure 3.2).



**Figura 3.2. Effetto degli estratti acquosi di *Salvia officinalis* sulla germinazione e sulla crescita delle piantine di crescita su carta da filtro in piastre Petri.**

Il potenziale inibitorio di sei residui di piante aromatiche e medicinali è stato testato sull'emergenza e sulla crescita di specie infestanti come la belladonna nera (*Solanum nigrum*) [Ravlić, 2015, Ravlić et al., 2022a]. L'effetto delle polveri vegetali ricavate dalla biomassa secca di quattro specie vegetali coltivate, basilico (*O. basilicum*), camomilla (*Chamomilla recutita*), levistico (*L. officinale*), melissa (*M. officinalis*) e due selvatiche, malva comune (*Malva sylvestris*) e celidonia maggiore (*Chelidonium majus*), è stato testato in un esperimento in vaso. L'effetto della polvere di piante secche è stato valutato in due dosi: 10 e 20 g per kg di terreno. I risultati



hanno mostrato che la maggiore riduzione dell'emergenza della belladonna nera (63,9%) è stata registrata nel trattamento con un tasso più alto di polvere di basilico.

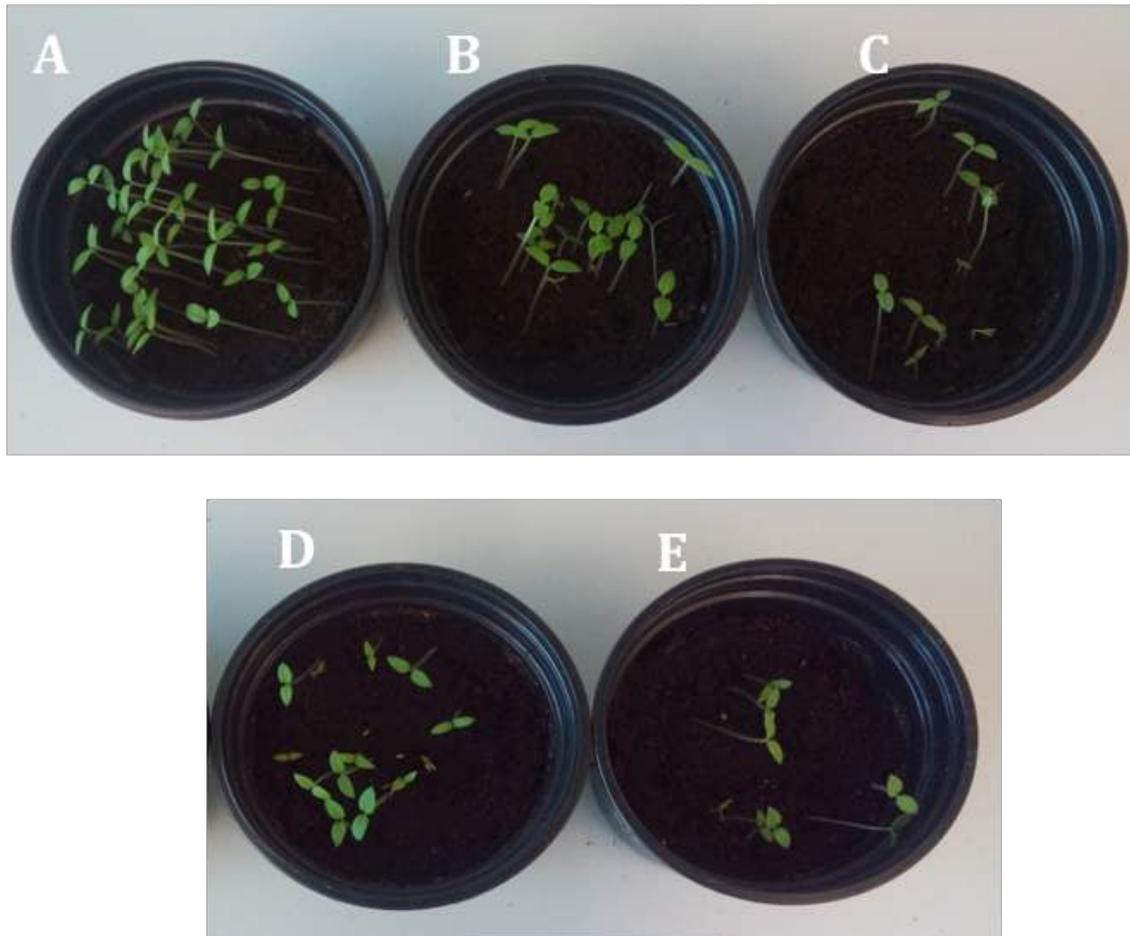
Un eccellente effetto inibitorio è stato registrato anche con il levistico e la celidonia maggiore. La riduzione della lunghezza delle radici è stata in media del 50% e la celidonia ha avuto l'effetto maggiore (Tabella 3.3).

**Tabella 3.3. Effetto delle polveri di piante aromatiche e medicinali sull'emergenza e sulla crescita delle piantine di belladonna nera in un esperimento in vaso [Ravlić, 2015; Ravlić et al., 2022a].**

<i>Trattamento</i>	<i>g kg<sup>-1</sup></i>	<i>Emergenza (%)</i>	<i>Lunghezza radici (cm)</i>	<i>Lunghezza germogli (cm)</i>	<i>Peso fresco (mg)</i>
Controllo		61.0 <sup>a</sup>	2.2 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	17.7 <sup>a</sup>
Basilico	10	28.5 <sup>cd</sup>	1.0 <sup>cd</sup>	2.9 <sup>d</sup>	10.3 <sup>e</sup>
	20	22.0 <sup>d</sup>	1.0 <sup>cd</sup>	2.9 <sup>d</sup>	11.7 <sup>cde</sup>
Malva comune	10	23.8 <sup>d</sup>	0.9 <sup>cd</sup>	3.2 <sup>bcd</sup>	12.6 <sup>bcd</sup>
	20	31.8 <sup>bcd</sup>	1.0 <sup>cd</sup>	3.2 <sup>bcd</sup>	12.5 <sup>cd</sup>
Camomilla	10	39.3 <sup>bc</sup>	1.1 <sup>c</sup>	3.4 <sup>bc</sup>	12.5 <sup>cd</sup>
	20	34.5 <sup>bcd</sup>	1.0 <sup>cd</sup>	3.3 <sup>bcd</sup>	13.3 <sup>bc</sup>
Levistico	10	28.5 <sup>cd</sup>	1.1 <sup>c</sup>	3.1 <sup>bcd</sup>	12.2 <sup>cde</sup>
	20	28.8 <sup>cd</sup>	0.9 <sup>cd</sup>	2.9 <sup>d</sup>	11.2 <sup>cde</sup>
Melissa	10	42.0 <sup>b</sup>	1.6 <sup>b</sup>	3.5 <sup>b</sup>	14.7 <sup>b</sup>
	20	37.5 <sup>bc</sup>	1.5 <sup>b</sup>	3.4 <sup>bc</sup>	14.7 <sup>b</sup>
Celidonia maggiore	10	33.3 <sup>bcd</sup>	1.1 <sup>c</sup>	3.0 <sup>cd</sup>	12.2 <sup>cde</sup>
	20	26.8 <sup>cd</sup>	0.8 <sup>d</sup>	3.0 <sup>cd</sup>	11.0 <sup>de</sup>

Le medie seguite dalla stessa lettera all'interno della colonna non sono significativamente diverse tra loro per  $p < 0.05$ .

D'altra parte, la lunghezza dei germogli e il peso fresco delle piantine di belladonna nera sono stati meno influenzati, tuttavia è stata registrata una riduzione statisticamente significativa rispetto al controllo per tutte le polveri vegetali ed entrambe le dosi. Il levistico, il basilico e la celidonia maggiore sono stati i più efficaci e hanno inibito i suddetti parametri fino al 29,3% e al 41,8% rispetto al controllo (Figura 3.3).



**Figura 3.3. Effetto delle polveri vegetali sulla crescita delle piantine di belladonna in vaso:**  
A) controllo; B) celidonia maggiore 10 g kg<sup>-1</sup>; C) celidonia maggiore 20 g kg<sup>-1</sup>; D) basilico 10 g kg<sup>-1</sup>; E) basilico 20 g kg<sup>-1</sup>.

Nel loro studio Ravlić et al. (2021) hanno valutato l'allelopatia dei semi tra erbe e specie infestanti. L'esperimento prevedeva la cogermiazione di semi di erbe e di erbe infestanti in una piastra di Petri e la valutazione della germinazione e della crescita delle piantine delle specie infestanti. I risultati hanno mostrato che la cogermiazione dei semi ha avuto effetti diversi sulle specie infestanti (Tabella 3.412

**Tabella 3.4. Effetto allelopatico della cogermiazione dei semi sulla germinazione e sulla crescita delle piantine di specie infestanti nell'esperimento in piastra di Petri [Ravlić et al., 2021].**

Trattamento	ABUTH	AMARE	CADDR	SOLNI	SORHA
-------------	-------	-------	-------	-------	-------



Germinazione (%)					
Controllo	55.4 a	58.3 ab	73.3 a	55.3 a	25.3 ab
Basilico	58.8 a	59.2 a	70.0 a	44.3 bc	27.0 a
Camomilla	53.3 a	50.8 b	77.1 a	52.3 ab	19.3 b
Levistico	60.4 a	3.8 c	48.3 b	16.8 d	20.8 ab
Melissa	61.3 a	55.0 ab	67.9 a	41.5 c	20.5 ab
Lunghezza radici (cm)					
Controllo	4.8 b	3.9 a	1.6 bc	3.1 a	4.1 a
Basilico	4.8 b	3.9 a	2.2 a	3.1 a	4.1 a
Camomilla	4.8 b	3.8 a	2.0 a	2.9 a	3.6 ab
Levistico	5.6 a	1.7 b	1.2 c	1.9 b	3.9 a
Melissa	5.5 a	4.1 a	1.8 ab	3.2 a	3.2 b
Lunghezza germogli (cm)					
Controllo	4.6 bc	2.3 bc	2.1 a	1.3 a	5.9 a
Basilico	4.6 bc	3.1 a	2.0 a	1.5 a	5.9 a
Camomilla	4.3 c	2.4 bc	1.9 a	1.4 a	5.5 a
Levistico	4.8 b	2.1 c	0.9 b	1.3 a	4.6 b
Melissa	5.1 a	2.9 ab	2.1 a	1.6 a	5.2 ab
Peso fresco (mg)					
Controllo	50.0 b	5.5 ab	12.9 a	8.9 a	18.9 a
Basilico	54.6 a	5.9 a	11.8 b	8.1 a	18.5 a
Camomilla	43.0 c	4.7 ab	12.1 ab	7.3 ab	17.9 a
Levistico	55.0 a	2.7 c	7.4 c	6.1 b	14.7 b
Melissa	56.4 a	5.3 ab	12.0 ab	9.2 a	14.6 b

\* ABUTH *A. theophrasti*; AMARE *A. retroflexus*; CADDR *L. draba*; SOLNI *S. nigrum*; SORHA *S. halepense*

I risultati dell'effetto allelopatico di diverse specie di piante selvatiche sulla crescita di pomodoro (*Solanum lycopersicum*) e lattuga sono presentati in Tabella 3.5. [Lišnić, 2023; Ravlić et al., 2024]. Le specie selvatiche analizzate sono state il crescione austriaco (*Rorippa austriaca* Brassicaceae), la piantaggine (*Plantago lanceolata*, Plantaginaceae), il nodino prostrato (*Polygonum aviculare*, Polygonaceae), la cicoria selvatica (*Cichorium intybus*, Cichoriaceae), agrimonia della canapa (*Eupatorium cannabinum*, Asteraceae), veccia gialla grande (*Vicia grandiflora*, Fabaceae), verbasco (*Verbascum phlomoides*, Scrophulariaceae), portulaca comune



(*Portulaca oleracea*, Portulacaceae) e trifoglio bianco (*Melilotus albus*, Fabaceae). Gli estratti acquosi sono stati preparati dalla biomassa secca in superficie e testati in concentrazione del 5% nell'esperimento in piastra Petri.

La lunghezza delle radici del pomodoro è stata significativamente ridotta in tutti i trattamenti, tranne che con l'agrimonia della canapa (*E. cannabinum*), mentre l'effetto stimolante è stato registrato nel trattamento con l'alga prostrata (*P. aviculare*). Per la lattuga, tutti gli estratti acquosi hanno causato una riduzione significativa della lunghezza delle radici, dal 23,2% al 92,8% rispetto al controllo. La lattuga si è dimostrata più sensibile, poiché la sua lunghezza radicale è stata ridotta, in media, in tutti i trattamenti, del 67,5%, mentre per la lattuga la riduzione media è stata del 50,9%.

**Tabella 3.5. Effetto di estratti vegetali di specie selvatiche sulla lunghezza delle radici di pomodoro e lattuga [Lišnić, 2023; Ravlić et al., 2024].**

<b>Trattamento</b>	<b>Lunghezza radici (cm)</b>	
	<b>Pomodoro</b>	<b>Lattuga</b>
Controllo	4.37 b	2.77 a
<i>Rorippa austriaca</i>	1.50 d	0.65 e
<i>Plantago lanceolata</i>	0.93 e	0.85 de
<i>Polygonum aviculare</i>	7.11 a	2.13 b
<i>Cichorium intybus</i>	1.49 d	1.32 c
<i>Eupatorium cannabinum</i>	4.43 b	1.01 d
<i>Vicia grandiflora</i>	2.73 c	0.33 f
<i>Verbascum phlomoides</i>	0.66 ef	1.37 c
<i>Portulaca oleracea</i>	0.24 fg	0.20 f
<i>Meliloto albus</i>	0.22 g	0.25 f

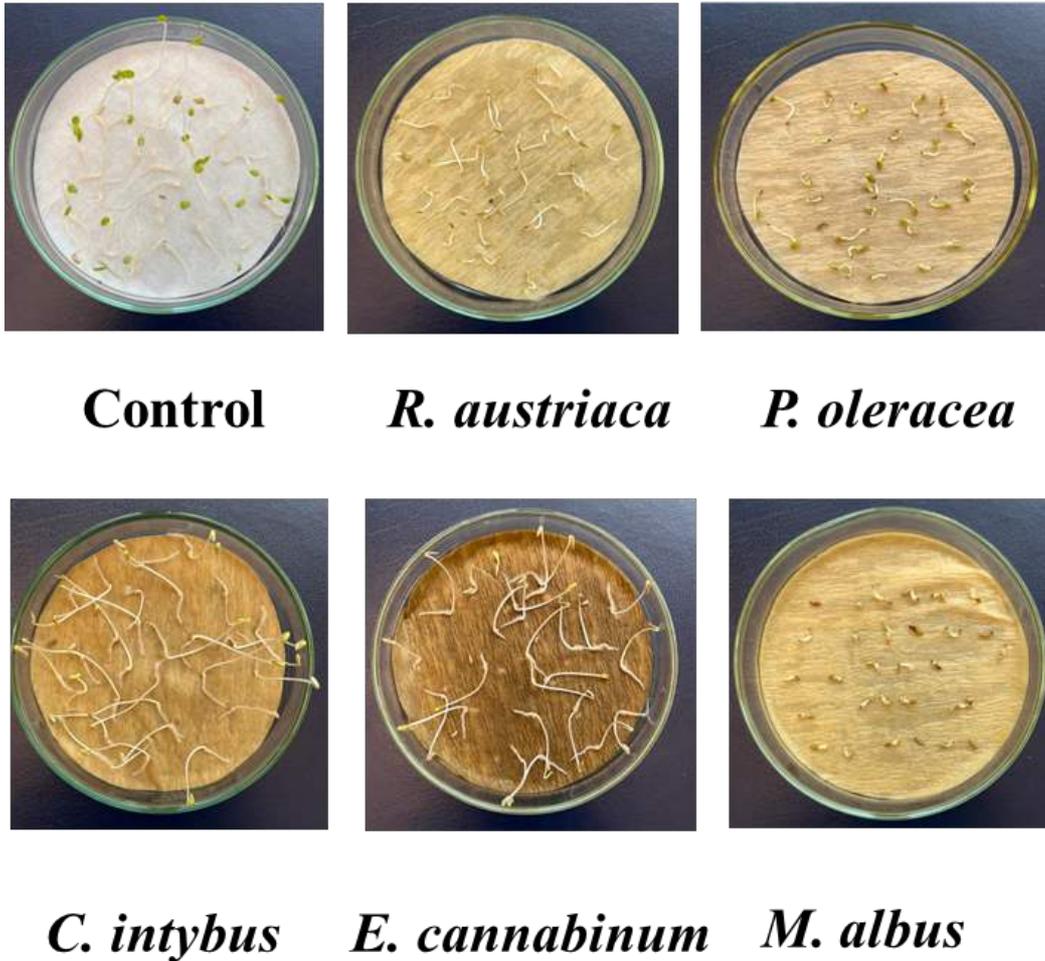
Le medie seguite dalla stessa lettera all'interno della colonna non sono significativamente differenti a  $p < 0,05$ .



Co-funded by  
the European Union



In media, per entrambe le specie in esame, il potenziale inibitorio più elevato è stato registrato per la portulaca comune (*P. oleracea*), il trifoglio bianco (*M. albus*) e la piantaggine (*P. lanceolata*) che hanno ridotto la lunghezza delle radici del 93,6%, 93% e 74,1% rispetto al controllo (Figura 3.4).



**Figura 3.4. Effetto degli estratti acquosi di specie vegetali selvatiche sulla crescita delle piantine di lattuga.**

Nello studio di Lucić et al. (2018) è stato valutato il potenziale allelopatico del levistico (*L. officinale*). La biomassa secca fuori terra del levistico è stata utilizzata per la preparazione di estratti acquosi in varie concentrazioni (2%, 4%, 6%, 8% e 10%), che sono stati testati in esperimenti in piastre di Petri utilizzando cavolo riccio e crescita come specie di prova. L'aumento della concentrazione di estratto ha determinato un maggiore potenziale negativo sulla germinazione dei semi e sulla crescita delle piantine sia di cavolo riccio che di crescita (Tabella 3.6). Anche la



concentrazione più bassa (2%) ha avuto un potenziale inibitorio statisticamente significativo rispetto al trattamento di controllo per tutti i parametri misurati, tranne che per il peso secco delle piantine. Il crescione si è dimostrato più sensibile rispetto al cavolo nero, poiché l'effetto inibitorio completo è stato osservato alla concentrazione di estratto del 6%, a differenza del cavolo nero, la cui inibizione completa è stata registrata alla concentrazione di estratto dell'8%.

**Tabella 3.6. Effetto degli estratti di levistico (*Levisticum officinale*) sulla germinazione e sulla crescita delle piantine di cavolo e di crescione [Lucić et al., 2018].**

<i>Conc. estratto acquoso</i>	<i>Germinazione (%)</i>	<i>Lunghezza radici (cm)</i>	<i>Lunghezza germogli (cm)</i>	<i>Peso fresco (mg)</i>	<i>Peso secco (mg)</i>
Cavolo					
control	96.0 a	2.66 a	1.90 a	16.06 a	2.25 a
2%	65.3 b	0.53 b	1.45 b	10.87 b	2.34 a
4%	24.7 c	0.21 c	0.26 c	1.78 c	0.74 b
6%	16.7 d	0.16 c	0.19 cd	1.46 c	0.52 b
8%	0.0 e	0.0 d	0.0 d	0.0 c	0.0 b
10%	0.0 e	0.0 d	0.0 d	0.0 c	0.0 b
Crescione da giardino					
control	92.0 a	3.17 a	2.01 a	12.55 a	1.83 a
2%	54.0 b	0.47 b	0.68 b	6.71 b	2.04 a
4%	8.7 c	0.20 bc	0.13 c	2.30 c	0.40 b
6%	0.0 d	0.0 c	0.0 c	0.0 d	0.0 c
8%	0.0 d	0.0 c	0.0 c	0.0 d	0.0 c
10%	0.0 d	0.0 c	0.0 c	0.0 d	0.0 c

Le medie seguite dalla stessa lettera all'interno della colonna non sono significativamente differenti a  $p < 0,05$ .

## Bibliografia



- Aguilar-Franco, Z.M., Flores-Palacios, A., Flores-Morales, A., Perea-Arango, I., Arellano-García, J.J., Valencia-Díaz, S. (2019). *Density-dependent effect of allelopathy on germination and seedling emergence in two Ipomoea species. Revista Chilena de Historia Natural*, 92, 7.
- Amini, S., Azizi, M., Joharchi, M.R., Moradinezhad, F. (2016). *Evaluation of allelopathic activity of 68 medicinal and wild plant species of Iran by Sandwich method. International Journal of Horticultural Science and Technology*, 3(2), 243-253.
- Aniya, Nomura, Y., Fuerdeng, Appiah, K.S., Fujii, Y. (2020). *Evaluation of Allelopathic Activity of Chinese Medicinal Plants and Identification of Shikimic Acid as an Allelochemical from Illicium verum Hook. f. Plants*, 9, 684.
- Kang, G., Mishyna, M., Appiah, K.S., Yamada, M., Takano, A., Prokhorov, V., Fujii, Y. (2019). *Screening for Plant Volatile Emissions with Allelopathic Activity and the Identification of L-Fenchone and 1,8-Cineole from Star Anise (Illicium verum) Leaves. Plants*, 8, 457.
- Lišnić, Z. (2023). *Allelopathic potential of ruderal plant species. MSc Thesis, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, Osijek.*
- Lucić, P., Ravlić, M., Rozman, V., Baličević, R., Liška, A., Župarić, M., Grubišić, D., Paponja, I. (2018). *Insekticidni i alelopatski potencijal ljupčaca (Levisticum officinale Koch). Proceedings & abstracts 11th international scientific/professional conference Agriculture in Nature and Environment Protection, Osijek: Glas Slavonije*, pp. 239-244.
- Mirmostafae, S., Azizi, M., Fujii, Y. (2020). *Study of Allelopathic Interaction of Essential Oils from Medicinal and Aromatic Plants on Seed Germination and Seedling Growth of Lettuce. Agronomy*, 10, 163.
- Ravlić, M. (2015). *Allelopathic effects of some plant species on growth and development of crops and weeds. PhD Thesis, Faculty of Agriculture, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Osijek.*
- Ravlić, M., Baličević, R., Lucić, I. (2014). *Allelopathic effect of parsley (Petroselinum crispum Mill.) cogeneration, water extracts and residues on hoary cress (Lepidium draba (L.) Desv.). Poljoprivreda*, 20(1), 22-26.



- Ravlić, M., Baličević, R., Lucić, P., Marković, M., Ravlić, J. (2020). *Allelopathic effect of weed root exudates on crops. Proceedings & abstracts 13th international scientific/professional conference Agriculture in Nature and Environment Protection, Osijek: Glas Slavonije*, pp.180-184.
- Ravlić, M., Baličević, R., Marković, M., Ravlić, J., Mijić, M. (2021). *Seed allelopathy between herbs and weed species. Proceedings of 56th Croatian and 16th international symposium on agriculture, Osijek: Fakultet agrobiotehničkih znanosti Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku*, pp. 139-143.
- Ravlić, M., Baličević, R., Nikolić, M., Sarajlić, A. (2016). *Assessment of allelopathic potential of fennel, rue and sage on weed species hoary cress (Lepidium draba). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 44(1), 48-52.
- Ravlić, M., Baličević, R., Sarajlić, A., Kranjac, D., Grgić, S. (2022a). *Allelopathic effects of aromatic and medicinal plants on black nightshade (Solanum nigrum). Zbornik rezimea radova XVII Savetovanje o zaštiti bilja, Zlatibor*, pp. 58.
- Ravlić, M., Baličević, R., Sarajlić, A., Vinković, Ž., Lišnić, Z. (2024). *Allelopathic potential of ruderal plant species on tomato and lettuce. Book of Abstracts 59th Croatian and 19th International Symposium on Agriculture*, 11 – 16 February, 2024 Dubrovnik, Croatia, p. 223.
- Ravlić, M., Baličević, R., Svalina, T., Posavac, D., Ravlić, J. (2023a). *Herbicidal potential of meadow sage (Salvia pratensis L.) against velvetleaf (Abutilon theophrasti Med.) and common corn-cockle (Agrostemma githago L.). Glasnik Zaštite Bilja*, 46(3), 116-121.
- Sadeqifard, S., Mirmostafae, S., Joharchi, M.R., Zandavifard, J., Azizi, M., Fujii, Y. (2022). *Evaluation of Allelopathic Activity Interactions of Some Medicinal Plants Using Fractional Inhibitory Concentration and Isobologram. Agronomy*, 12, 3001.
- Sarić-Krsmanović, M., Gajić Umiljendić, J., Radivojević, Lj., Šantrić, Lj., Potočnik, I., Đurović-Pejčev R. (2019). *Bio-herbicidal effects of five essential oils on germination and early seedling growth of velvetleaf (Abutilon theophrasti Medik.). Journal of Environmental Science and Health. Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 54(4), 247-251.



Co-funded by  
the European Union



Šćepanović, M., Sarić-Krsmanović, M., Šoštarčić, V., Brijačak, E., Lakić, J., Špirović Trifunović, B., Gajić Umiljendić, J., Radivojević, L. (2021). *Inhibitory Effects of Brassicaceae Cover Crop on Ambrosia artemisiifolia Germination and Early Growth. Plants*, 10, 794.

Shiraishi, S., Watanabe, I., Kuno, K., Fujii, Y. (2002). *Allelopathic activity of leaching from dry leaves and exudates from roots of groundcover plants assayed on agar. Weed Biology and Management*, 2, 133-142.

Winkler, J., Kopta, T., Ferby, V., Neudert, L., Vaverková, M.D. (2022). *Effect of Tillage Technology Systems for Seed Germination Rate in a Laboratory Tests. Environments*, 9, 13.

Yang, B., Li, J. (2022). *Phytotoxicity of root exudates of invasive Solidago canadensis on co-occurring native and invasive plant species. Pakistan Journal of Botany*, 54, 1019-1024.



## Capitolo 4. Malattie delle piante nella produzione medicinale (Cosic J, Vrandecic K)

### 4.1. Introduzione

Le piante medicinali, come tutte le piante, sono sensibili a una serie di malattie che possono influenzare la loro crescita, la resa e le proprietà medicinali [Avan, 2021]. La comprensione di queste malattie è fondamentale per la coltivazione e l'uso efficace delle piante medicinali. Alcune comuni malattie delle piante che possono colpire le piante medicinali sono:

Le infezioni fungine, che sono una delle principali cause di malattie delle piante. Le malattie fungine più comuni includono l'oidio, il marciume radicale e le macchie fogliari. Possono causare appassimento, ingiallimento delle foglie e riduzione del vigore della pianta.

Le infezioni batteriche possono causare sintomi quali appassimento, macchie fogliari e galle. Malattie come la peronospora batterica e il marciume molle possono compromettere gravemente la salute delle piante medicinali. I virus possono provocare una crescita stentata, foglie macchiate e rese ridotte. Le malattie virali sono spesso diffuse da insetti vettori, come gli afidi.

Con la continua crescita della domanda di prodotti naturali a base di piante per scopi medicinali e salutistici, si è accentuata l'attenzione sulla qualità delle materie prime ottenute da queste piante. In genere, i tessuti e gli organi vegetativi sono le fonti principali di questi materiali. Tuttavia, questi tessuti e organi possono essere vulnerabili a varie malattie, che possono portare a un declino della qualità dei prodotti di valore economico e a una potenziale perdita di diversità genetica. Sono stati compiuti progressi significativi nell'identificazione degli organismi responsabili di queste malattie e nella comprensione dei loro effetti patogeni a livello organico, cellulare e biochimico [Singh et al., 2016].

### 4.2. Fusarium wilt

La produzione di lavandula si dimostra redditizia per una piccola azienda agricola familiare, soprattutto nelle aree non adatte ad altre colture, poiché ha



un'elevata resistenza alla siccità e può crescere in terreni poveri e rocciosi. La composizione chimica degli oli essenziali varia a seconda di diversi fattori: cultivar/ibridi, fattori ambientali, differenze geografiche, fattori agronomici o dovuti al metodo di estrazione dell'olio. Uno dei problemi importanti nella produzione di lavadula è l'insorgere di malattie, in particolare quelle causate da funghi del genere *Fusarium* che provocano la malattia nota come *Fusarium wilt* [Xue-Jun et al., 2023; Özer et al., 2021; Ćosić et al., 2012].

I sintomi consistevano in clorosi e ingiallimento delle foglie, seguiti da appassimento di foglie e rami (Figura 4.1, 4.2 e 4.3). Sulla sezione trasversale della radice si nota un cambiamento di colore verso il marrone. È stata osservata una decolorazione marrone nel sistema vascolare (Figura 4.4 e 4.5). La presenza di *Fusarium sporotrichioides* Sherb è stata determinata con metodi morfologici e molecolari [Cosic et al., 2012]. Gli isolamenti del patogeno sono stati effettuati dai tessuti decolorati su potato dextrose agar (PDA). Le colonie erano inizialmente bianche, ma con il tempo sono diventate rosse e nell'agar sono stati prodotti pigmenti rossi. I microconidi erano a forma di pera, ovali e fusoidi e variavano da 4,5 a 14,0 × 2,8-4,7 μm. I macroconidi erano curvi, per lo più a tre setti, e variavano da 21,8 a 24,3 × 2,9 a 3,9 μm (Figura 4.6).

Il test di patogenicità, eseguito su piante di lavanda di quattro mesi (i chicchi d'orzo e di grano inoculati sono stati mescolati al substrato e collocati nella zona radicale), ha dimostrato che l'isolato ottenuto era altamente patogeno, poiché in sedici giorni dall'inoculazione l'80% delle piante è appassito.

*Phytophthora* spp., *Armillaria* spp., *Pythium* spp. e *Fusarium* spp. sono citati in letteratura come agenti fungini delle malattie radicali della lavanda (patogeni del suolo). I tipi di malattie che causano sono il marciume radicale e l'appassimento.

L'appassimento e il marciume radicale di *Fusarium* possono essere causati da specie diverse, come *Fusarium oxysporum* [Özer et al., 2021], *Fusarium foetens* [Xue-Jun et al., 2023], *Fusarium sporotrichioides* [Ćosić et al., 2012]. *Fusarium oxysporum* È stato riscontrato che la Schlecht causa l'avvizzimento della lavanda in tutto il mondo [Özer et al., 2021; Farr and Rossman, 2020; Garibaldi et al., 2015]. Tuttavia, indipendentemente dalla specie di *Fusarium* di cui si tratta, i sintomi della



Co-funded by  
the European Union



malattia e le conseguenze per le piante sono gli stessi.



**Figura 4.1. Sintomi di Fusarium wilt della lavanda.**



**Figura 4.2. Appassimento della lavanda causato da *Fusarium sporotrichioides*.**



Figura 4.3. Infezione artificiale di lavanda da parte di *F. sportotrichioides*, sintomi di appassimento.



Figura 4.4. Sintomi tipici delle malattie del sistema vascolare.



Figura 4.5. Colorazione marrone nel sistema vascolare.



Figura 4.6. Macroconidi e clamidospore di *F. sporotrichioides*

Per controllare con successo i patogeni del suolo, tra cui le specie di Fusarium, la cosa più importante è piantare la lavanda su terreni drenanti e ben drenati per prevenire l'insorgere delle malattie. Le malattie causate da parassiti del suolo sono prevedibili soprattutto nelle annate umide e, se si verificano, sono irreversibili. Gli



Co-funded by  
the European Union



agenti patogeni del suolo sono presenti in tutti i terreni e per questo la scelta del terreno per l'impianto è l'elemento più importante per prevenire l'insorgere delle malattie.

Oltre che sulla lavanda, il Fusarium wilt causato da *Fusarium oxysporum* è stato segnalato anche su cumino (*Cuminum cyminum*), coriandolo (*Coriandrum sativum*), menta giapponese (*Mentha arvensis haplocalyx* var. *piperescens*) e basilico (*Ocimum basilicum*).

#### **4.3. Macchia fogliare da Septoria**

In numerose cultivar di lavanda sono state riscontrate foglie con sintomi di maculatura, soprattutto nelle annate più umide [Vrandečić et al., 2014]. I sintomi iniziali sulle foglie inferiori comprendevano numerose lesioni piccole, da ovali a irregolari, di colore marrone grigiastro con un margine marrone leggermente più scuro di tessuto necrotico (Figura 4.7). L'ulteriore sviluppo della malattia ha provocato l'ingiallimento e la necrosi delle foglie infette, seguite da una defogliazione prematura. Anche sui fusti sono state osservate simili lesioni necrotiche di forma ovale. Le lesioni contenevano numerosi picnidi scuri, subglobosi, immersi nel tessuto necrotico o parzialmente erompenti (Figura 4.8).

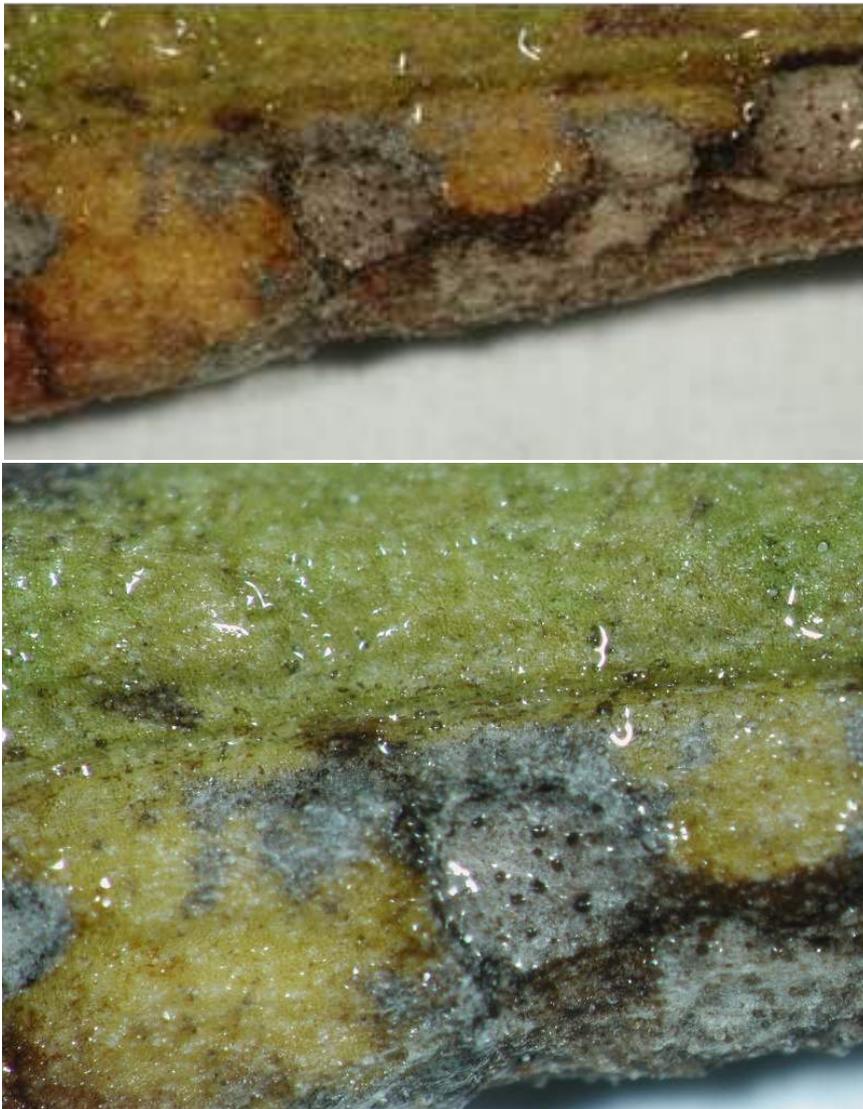


**Figura 4.7. Sintomi di Septoria fogliare sulla lavanda.**

Secondo Vrandečić et al. (2014) *Septoria lavandulae* su PDA forma colonie circolari scure a crescita lenta con il centro rialzato che hanno prodotto picnidi a 23°C, sotto 12 ore di luce fluorescente al giorno. Il fungo forma numerosi picnidi scuri, subglobosi e conidi uniformi ialini, allungati, dritti o leggermente ricurvi con 3 o 4 setti, con dimensioni medie da 17,5 a 35 × 1,5 - 1,5 × 1,5 a 2.5 µm (Figura 4.9).



Co-funded by  
the European Union



**Figura 4.8. Picnidi su foglie di lavanda.**

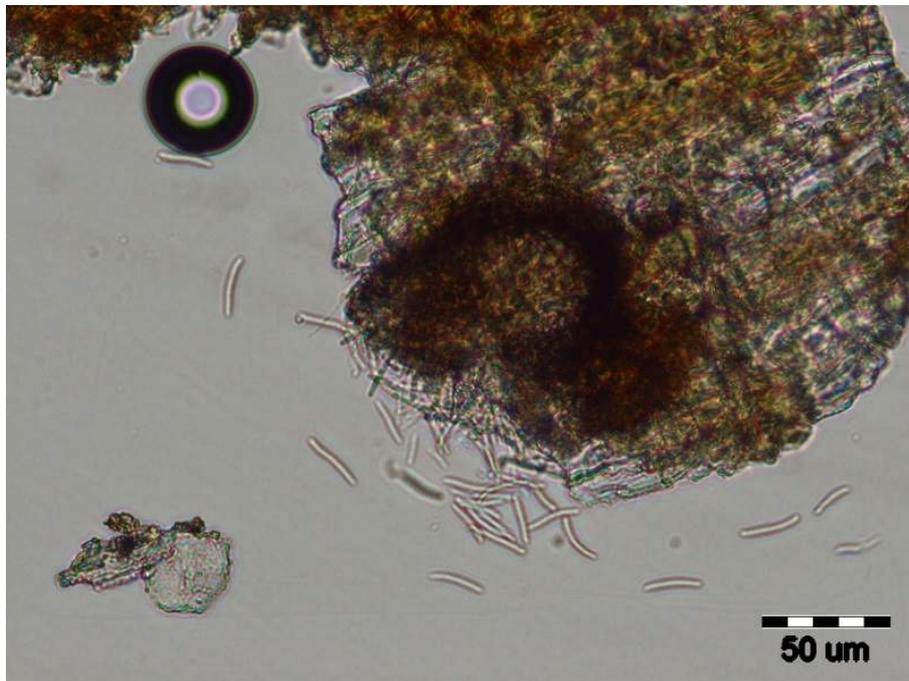


Figura 4.9. Picnidi e conidi di *S. lavandulae*.

I problemi possono verificarsi durante le primavere umide e le estati piovose quando, secondo alcuni dati, la malattia riduce la quantità di fiori e di olio, ma influisce anche sulla qualità dell'olio ottenuto. Il fungo si diffonde tramite spore trasportate dal vento, infettando le nuove foglie di lavanda se il periodo di bagnatura è sufficiente.

Se l'intensità dell'infezione non è forte, molto spesso a prima vista può sembrare che le piante siano sane. Tuttavia, se si osservano le foglie più da vicino (soprattutto quelle più basse nella parte centrale del cespuglio), si possono notare delle piccole macchie. Poiché la principale misura di protezione è la messa a dimora di materiale vegetale sano, è necessario assicurarsi che le piante con sintomi di maculatura non vengano mai prese per la produzione di piantine. Purtroppo, in alcuni casi questo aspetto non è stato preso in considerazione nel campo ispezionato. Anche la coltivazione di piante in luoghi soleggiate e arieggiate, la messa a dimora di cespugli in direzione delle correnti d'aria e una distanza sufficiente tra i cespugli contribuiranno a ridurre le malattie.



#### 4.4. Virus del mosaico dell'erba medica (AMV)

Le piante di lavanda infettate all'inizio della stagione di crescita hanno mostrato sintomi gravi, tra cui arresto della crescita, mosaico calico giallo brillante, chiazze gialle e distorsione delle foglie (Figure 4.10 e 4.11), mentre quelle infettate nelle fasi successive della crescita presentano solo lievi sintomi di mosaico. La malattia che AMV provoca sulla lavanda è nota come mosaico giallo.

La fioritura delle piante infette non cambia nel numero, nella dimensione o nel colore dei fiori, ma le piante infette da AMV hanno una qualità di produzione di olio essenziale inferiore.

L'AMV è presente in tutto il mondo ed è uno dei virus più importanti che infetta circa 430 specie di piante di 51 famiglie, causando gravi problemi in alcuni ospiti. Gli ospiti più importanti sono l'erba medica, la patata, il pomodoro, il peperone, la lattuga, gli spinaci, il basilico, la canapa, il tabacco e la lavanda. Poiché numerose specie infestanti ospitano questo virus, il diserbo intorno e all'interno dei campi di lavanda ridurrà il rischio di malattia. Per quanto riguarda le misure di protezione, la letteratura professionale afferma che è urgente rimuovere e bruciare le piante infette. Il virus si trasmette attraverso parti di piante infette, strumenti o macchine da taglio e mani, quindi è estremamente importante identificare la malattia il prima possibile e rimuovere le piante malate.

Gli afidi trasmettono l'AMV, quindi il trattamento insetticida delle colture in cui gli afidi si nutrono abitualmente (ad esempio erba medica, specie di Prunus) può prevenire la loro diffusione alla lavanda. Al momento del raccolto dell'erba medica, se gli afidi erano presenti, c'è il rischio che si trasferiscano ad altre piante ospiti. Per questo motivo si raccomanda di lasciare una zona cuscinetto di erba medica, da trattare poi con insetticidi. Per la protezione, è importante che i produttori di piantine forniscano materiale sano e che ci si assicuri che non ci siano afidi nel luogo di coltivazione (ad esempio, nella serra). Bellardi et al. (2006) hanno rilevato che le piante di *Lavandula hybrida* infette producevano 8,82 ml/kg di olio, mentre le piante sane producevano 13,8 ml/kg di olio. Gli stessi autori affermano che anche la concentrazione di alcuni dei principali componenti dell'olio essenziale cambia e, di conseguenza, anche la qualità dell'olio diminuisce.



Co-funded by  
the European Union



**Figura 4.10. Sintomi del virus del mosaico dell'erba medica sulla lavanda.**



**Figura 4.11. Sintomi del virus del mosaico dell'erba medica sulla lavanda.**



Alcune altre importanti malattie delle piante medicinali sono riassunte in Tabella 4.1 [Rahman Khan and Haque, 2024; McGovern, 2023; Avasthi et al., 2022; Cakir et al., 2021; Duduk et al., 2019; Pandey et al., 2019; Shi et al., 2016; Singh et al., 2016; Petrželova et al., 2015; Aktaruzzaman et al., 2015; Koike et al., 2012].

**Tabella 4.1. Importanti malattie delle piante medicinali.**

<b>Piante medicinali</b>	<b>Malattia e organismo causale</b>
<b>Lavanda</b>	Marciume delle radici e delle corone da <i>Phytophthora</i> ( <i>Phytophthora</i> sp.) Muffa grigia ( <i>Botrytis cinerea</i> )
<b>Basilico</b>	<i>Peronospora</i> ( <i>Peronospora belbahrii</i> ) Appassimento da <i>Fusarium</i> ( <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>basilicum</i> ) Antracnosi ( <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> and <i>C. capsica</i> ) Muffa grigia ( <i>Botrytis cinerea</i> ) <i>Cercospora</i> fogliare ( <i>Cercospora ocimicola</i> ) Macchia fogliare batterica ( <i>Pseudomonas cichorii</i> )
<b>Menta</b>	Appassimento da <i>Verticillium</i> ( <i>Verticillium alboatrum</i> var. <i>menthae</i> ) Appassimento da <i>Fusarium</i> ( <i>Fusarium oxysporum</i> ) Ruggine ( <i>Puccinia menthae</i> ) Oidio ( <i>Erysiphe cichoracearum</i> ) <i>Peronospora</i> della rizoctonia ( <i>Rhizoctonia solani</i> ) Marciume degli stoloni e delle radici ( <i>Thielaviopsis basicola</i> ) <i>Cercospora</i> fogliare ( <i>Cercospora menthicola</i> ) Marciume fogliare da <i>Corynespora</i> ( <i>Corynespora cassicola</i> ) <i>Peronospora</i> dell'alternaria ( <i>Alternaria alternata</i> )
<b>Aloe vera</b>	Antracnosi ( <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> ) Macchia fogliare nera ( <i>Alternaria alternata</i> ) Macchia fogliare marrone ( <i>Phoma betae</i> , <i>Phomopsis</i> sp.) Marciume radicale ( <i>Fusarium solani</i> )
<b>Salvia</b>	Oidio ( <i>Erysiphe</i> sp.) Salvia ( <i>Puccinia salviicola</i> ) Appassimento da <i>Fusarium</i> ( <i>Fusarium oxysporum</i> ) Appassimento da <i>Verticillium</i> ( <i>Verticillium dahliae</i> )



---

<b>Camomilla</b>	Peronospora ( <i>Peronospora radii</i> ) Oidio ( <i>Sphaerotheca macularis</i> , <i>Erysiphe cichoracearum</i> ) Ruggine bianca ( <i>Albugo tragopogonis</i> )
<b>Echinacea</b>	Macchia fogliare e marciume del fusto da Botrytis ( <i>Botrytis cinerea</i> ) Macchia fogliare batterica ( <i>Pseudomonas cichorii</i> ) Cercospora fogliare ( <i>Cercospora tabacina</i> ) Marciume della corona da sclerotinia ( <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ) Marciume della corona da sclerotium ( <i>Sclerotium rolfsii</i> ) Macchia fogliare da Septoria ( <i>Septoria lepachydis</i> ) Macchia fogliare di Alternaria ( <i>Alternaria</i> sp.)
<b>Timo</b>	Muffa grigia ( <i>Botrytis cinerea</i> ) Marciume da carbone ( <i>Macrophomina phaseolina</i> ) Appassimento da rizoctonia ( <i>Rhizoctonia solani</i> )
<b>Rosmarino</b>	Malattia del tappeto erboso ( <i>Rhizoctonia solani</i> ) Appassimento da Verticillium ( <i>Verticillium</i> sp.) Peronospora della botrite ( <i>Botrytis cinerea</i> ) Marciume molle di Cotonia ( <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ) Galla della corona ( <i>Agrobacterium tumefaciens</i> )
<b>Finocchio</b>	Marciume del gambo del finocchio ( <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ) Peronospora fogliare ( <i>Alternaria petroselini</i> ) Marciume bruno e appassimento ( <i>Phytophthora megasperma</i> ) Muffa grigia ( <i>Botrytis cinerea</i> ) Marciume radicale ( <i>Fusarium solani</i> ) Marciume del fusto e della chioma ( <i>Fusarium avenaceum</i> ) Marciume della corona ( <i>Phoma glomerata</i> ) Peronospora dell'alternaria ( <i>Alternaria alternata</i> )
<b>Calendula</b>	Ruggine ( <i>Puccinia lagenophorae</i> ) Appassimento e marciume del fusto ( <i>Phytophthora cryptogea</i> ) Oidio ( <i>Leveillula taurica</i> , <i>Oidium</i> sp.) Marciume dei boccioli dei fiori ( <i>Alternaria dianthi</i> ) Smorzamento disattivato ( <i>Pythium</i> sp.) Macchia fogliare ( <i>Alternaria</i> sp., <i>Cercospora</i> sp., <i>Septoria</i> sp.)

---



---

<b>Origano</b>	Oidio ( <i>Golovinomyces biocellatus</i> ) Marciume del fusto ( <i>Boeremia exsigua</i> var. <i>exigua</i> )
----------------	---

---

## Bibliografia

- Aktaruzzaman, M., Kim, J.Y., Afroz, T., Kim, B.S. (2015). *First report of Web blight of rosemary (Rosmarinus officinalis) caused by Rhizoctonia solani AG-1-IB in Korea. Mycobiology*, 43(2): 170-173.
- Avan, M. (2021). *Important Fungal Diseases in Medicinal and Aromatic Plants and Their Control. Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, 2(1): 239-259.
- Avasthi, S., Gautam, A.K., Bhadauria, R., Verma, R.K. (2022). *A comprehensive overview on fungal diseases of Aloe vera in India. Plant Pathology and Quarantine*, 12(1): 47-59.
- Bellardi, M. G., Benni, A., Bruni, R., Bianchi, A., Parrella, G., Biffi, S. (2006). *Chromatographic (gc-ms) and virological evaluations of Lavandula hybrida 'Alardi' infected by Alfalfa mosaic virus. Acta Hort. (ISHS)*, 723:387-392.
- Cakir, E., Bagdat, R.B., Ertek, T.S. (2021). *Fungal pathogens of oregano occurring at the breeding plots in Ankara. Journal of Plant Diseases and Protection*, 128: 1367-1370.
- Ćosić, J., Vrandečić, K., Jurković, D., Postić, J., Orzali, L., Riccioni, L. (2012). *First Report of Lavender Wilt Caused by Fusarium sporotrichioides in Croatia. Plant Disease*, 96(4): 591.
- Duduk, B., Duduk, N., Vico, I., Stepanović, J., Marković, T., Rekanović, E., Kube, M., Radanović, D. (2019). *Chamomile Floricolous Downy Mildew Caused by Peronospora radii. Phytopathology*, 109(11): 1900-1907.
- Farr, D.F., Rossman, A.Y. (2020). *Fungal Databases, U.S. National Fungus Collections, ARS, USDA. <https://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases/>. Accessed 14 May 2024*



Co-funded by  
the European Union



- Garibaldi, A., Bertetti, D., Pensa, P., Ortu, G., Gullino, M.L. (2015). *First Report of Fusarium oxysporum Causing Wilt of Allard's Lavender (Lavandula x allardii) in Italy. Plant Disease*, 99(12): 1868.
- Koike, S.T., Gordon, T.R., Kirkpatrick, S.C. (2012). *First report of Fusarium stem and crown rot of fennel in Arizona caused by Fusarium avenaceum. Plant Disease*, 96: 145.
- McGovern, R.J. (2023). *Diseases of Basil. In: Elmer, W.H., McGrath, M., McGovern, R.J. (eds) Handbook of Vegetable and Herb Diseases. Springer.*
- McGovern, R.J. (2023). *Diseases of Fennel. In: Elmer, W.H., McGrath, M., McGovern, R.J. (eds) Handbook of Vegetable and Herb Diseases. Springer.*
- McGovern, R.J. (2023). *Diseases of Mint. In: Elmer, W.H., McGrath, M., McGovern, R.J. (eds) Handbook of Vegetable and Herb Diseases. Springer.*
- McGovern, R.J. (2023). *Diseases of Sage. In: Elmer, W.H., McGrath, M., McGovern, R.J. (eds) Handbook of Vegetable and Herb Diseases. Springer.*
- Özer, G., Güney, İ.G., Günen, T.U. et al. (2021). *First report of Fusarium oxysporum causing wilt on lavender (Lavandula angustifolia) in Turkey. J Plant Pathol* 103, 701–702.
- Pandey, R., Singh, A., Trivedi, S., Smita, S.S., Pandey, T., Shukla, A., Tandon, S. (2019). *Diseases of mints and their management. Diseases of Medicinal and Aromatic Plants and Their Management*, 273-303.
- Petrželova, I., Jemelkova, M., Kitner, M., Doležalova, I. (2015). *First report of rust disease caused by Puccinia lagenopforae on Pot Marigold (Calendula officinalis) in the Czech Republic. Disease Notes*, 99(6): 892.
- Rahman Khan, M, Haque, Z. (2024). *Disease of Ornamental, Aromatic and Medicinal Plants. Bentham Science Publishers Pte. Ltd. Singapore.*
- Shi, Y.X., Wang, Y.Y., Wang, H.J., Chai, A.L., Li, B.J. (2016). *First report of Alternaria alternata causing leaf spot of fennel (Foeniculum vulgare) in China. Plant Disease*, 100(10): 2173.
- Singh, A, Gupta, R, Saikia, SK, Pant, A, Pandey, R. (2016). *Diseases of medicinal and aromatic plants, their biological impact and management. Plant Genetic Resources*. 14(4):370-383.



Co-funded by  
the European Union



Singh, A.K., Singh, A.K., Singh, B.K. (2016). *Management of stem rot of fennel caused by Sclerotinia sclerotiorum through cultural and agronomical methods. Technofame*, 5(1): 59-62.

Vrandečić K, Ćosić J, Jurković D, Stanković I, Vučurović A, Krstić B, Bulajić A. (2014). *First Report of Septoria Leaf Spot of Lavandin Caused by Septoria lavandulae in Croatia. Plant Disease*, 98(2):282.

Xue-Jun, W., Bing-Guo, J., Xing, W., Nan-Yang, L., Su-Na, W., Li, L., Ai, Z., Hao-Tian, Z., Li-Ping, W. (2023). *First report of Fusarium foetens causing root rot of lavender (Lavandula angustifolia) in China. Disease Note*, 105: 1173-1174.



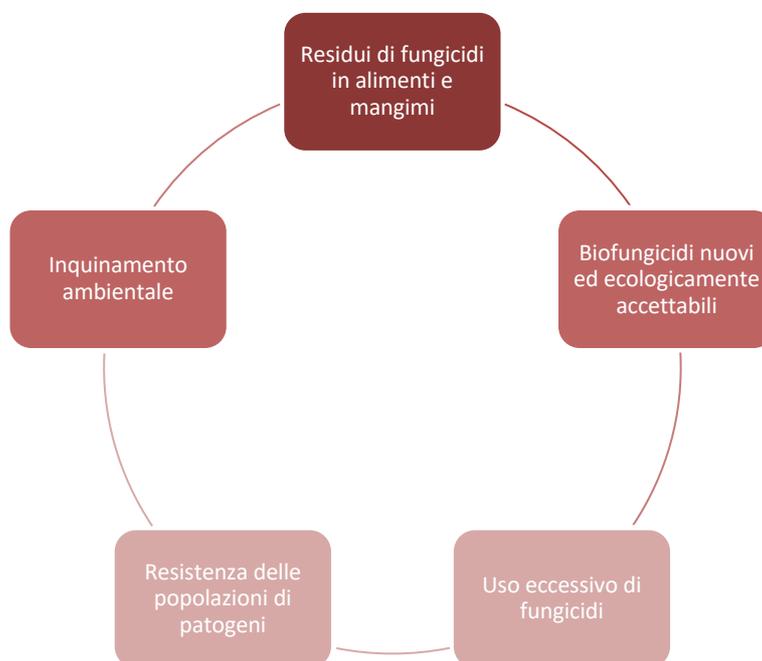
## Capitolo 5. Attività antifungina degli oli essenziali in agricoltura (Vrandecic K, Cosic J)

### 5.1. Proprietà antimicotiche degli oli essenziali contro i funghi patogeni delle piante

I funghi fitopatogeni sono tra i più importanti patogeni di numerose colture in tutto il mondo e causano significative perdite di resa in molte colture economicamente importanti. I funghi fitopatogeni, in quanto agenti causali delle malattie delle piante, possono essere trasportati dall'aria, dal suolo e dai semi. I patogeni trasmessi dai semi rappresentano una seria minaccia per l'agricoltura. I funghi trasmessi dalle sementi possono colonizzare i semi inducendo sintomi visibili e causando perdite economiche di resa e di qualità. Inoltre, i patogeni vegetali trasmessi dai semi possono rimanere nei semi e inibire la germinazione. Successivamente, i patogeni vegetali trasmessi dalle sementi possono essere introdotti nella coltura sul o nel seme e iniziare a svilupparsi all'inizio della comparsa della giovane pianta.

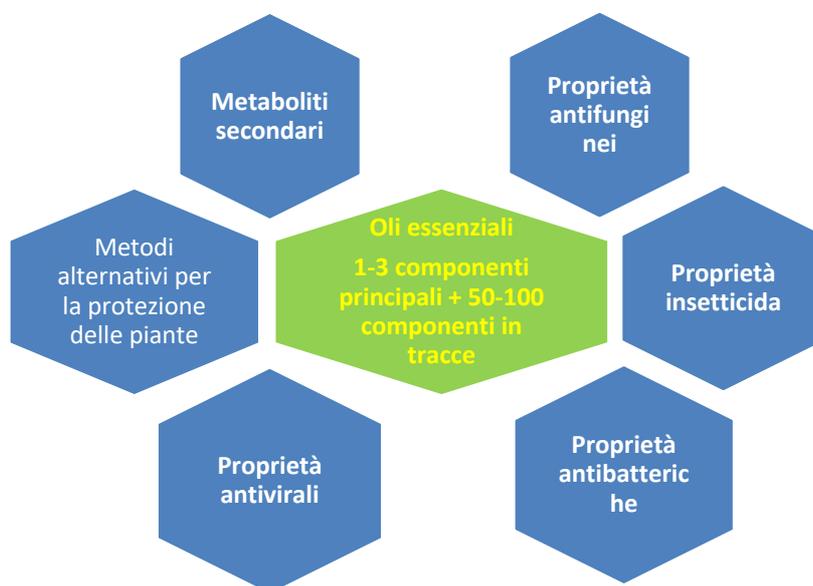
Nei semi infetti si verifica spesso un'alterazione della composizione chimica e delle proprietà biologiche e tutto ciò rappresenta una minaccia significativa per la resa e la qualità della coltura. Questi patogeni possono essere trasmessi alla piantina causandone la morte o danneggiando le radici e il sistema vascolare, con conseguente riduzione della resa e perdita economica. Inoltre, con i semi infetti i patogeni vegetali possono essere trasmessi in aree in cui non erano presenti in precedenza. Per evitare la diffusione di malattie delle piante attraverso i semi, questi ultimi devono essere protetti.

Per ridurre le perdite di resa e di qualità, da decenni si utilizzano pesticidi chimici per inibire la crescita di funghi patogeni. Nonostante la loro efficacia, l'uso diffuso di pesticidi sintetici è associato a notevoli svantaggi (Figura 5.1), tra cui i rischi di manipolazione, i residui di pesticidi negli alimenti, nei mangimi e nel suolo, la resistenza dei funghi ai composti sintetici, l'alterazione dell'equilibrio dell'ecosistema e i rischi per la salute umana. Tutti questi impatti negativi dei pesticidi hanno dimostrato la necessità di metodi alternativi non chimici per la protezione delle piante.



**Figura 5.1. Gli inconvenienti dei pesticidi chimici hanno portato a metodi alternativi non chimici per la protezione delle piante.**

Composti biologici (ad es. oli essenziali ed estratti) – Figura 5.2) dalle piante potrebbe essere un'importante alternativa che non ha effetti pericolosi sulla salute umana e sull'ambiente. Secondo Wilkins and Board (1989) Più di 1340 piante sono note per essere potenziali fonti di composti antimicrobici.



**Figura 5.2. Composti biologici con potenziali effetti nella protezione delle piante.**

Gli oli essenziali sono una miscela complessa di terpeni (monoterpeni e sesquiterpeni e loro derivati ossigenati, come alcoli, aldeidi, esteri, eteri, chetoni, fenoli e ossidi) e di composti fenolici e fenilpropanoidi derivati rispettivamente dalle vie dell'acido acetato-mevalonico e dell'acido shikimico [Bakkali et al., 2008]. I componenti principali costituiscono l'85% dell'olio essenziale, mentre altri composti sono presenti in piccole quantità o in tracce.

L'effetto degli oli essenziali è fungistatico se si verifica una completa inibizione della crescita ma può essere invertito in assenza dell'olio, mentre un effetto fungicida significa che la completa inibizione della crescita è irreversibile anche in assenza del volatile.

L'attività fungistatica degli oli essenziali è spesso molto chiara, ma, in molti casi, la modalità dell'attività antifungina non è pienamente compresa. La modalità d'azione degli oli essenziali dipende dal tipo di organismi bersaglio ed è principalmente legata alla struttura della loro parete cellulare e alla disposizione della membrana esterna [Dorman and Deans, 2000]. Secondo Holley and Patel (2005) Gli oli essenziali aumentano la permeabilità delle membrane cellulari e ne riducono la funzionalità.



Questi processi includono l'inibizione del trasporto di elettroni, della traslocazione delle proteine, delle fasi di fosforilazione e di altre reazioni dipendenti dagli enzimi [Knobloch et al., 1988]. Gli oli essenziali inibiscono la crescita fungina, la sporulazione e l'allungamento del tubo germinale di molti patogeni vegetali. L'effetto antimicrobico di timolo e carvacrolo è stato riportato da Sikkema et al. (1995) per causare danni strutturali e funzionali alla membrana citoplasmatica. L'effetto antimicrobico dell'eugenolo è correlato alla sua capacità di permeabilizzare la membrana cellulare e di interagire con le proteine [Hyltdgaard et al., 2012].

In alcuni casi, le bioattività degli oli essenziali sono strettamente correlate all'attività dei loro componenti principali. Ad esempio, l'eccellente attività antimicotica degli oli delle specie *Origanum* e *Thymus* è attribuita al carvacrolo e al timolo [Begum et al., 2008; Abdolahi et al., 2010; Amini et al., 2012] mentre l'elevata attività antifungina del *Syzygium aromaticum* e dell'*Ocimum gratissimum* è attribuita all'eugenolo [El-Zemity and Ahmed 2005; Piyo et al., 2009].

In molti casi, l'attività antimicrobica deriva dalla complessa interazione tra i vari composti, quali esteri, eteri, fenoli, aldeidi, alcoli e chetoni [Burt, 2004]. These interactions among compounds may lead to antagonistic, additive or synergistic effects. In agreement with the results of some previous studies, whole essential oils have a stronger antifungal activity than their main component or a mixture of several main components. These facts lead to the assumption that the minor components are extremely important for the synergistic effect of the components. Queste interazioni tra i composti possono portare a effetti antagonisti, additivi o sinergici. In accordo con i risultati di alcuni studi precedenti, gli oli essenziali interi hanno un'attività antifungina più forte rispetto al loro componente principale o a una miscela di diversi componenti principali. Questi fatti portano a supporre che i componenti minori siano estremamente importanti per l'effetto sinergico dei componenti. Perez-Sanchez et al. (2007) ha osservato che l'effetto fungistatico degli oli essenziali di *Thymus zygis* è dovuto all'effetto sinergico tra composti minori come il 3-ottanolo e l' $\alpha$ -terpinene, piuttosto che all'elevata concentrazione di composti come il timolo o il carvacrolo.



Inoltre, è molto difficile che i funghi sviluppino resistenza a una miscela di componenti dell'olio con diversi meccanismi di attività antimicrobica [Daferera et al., 2003].

L'attività antimicotica degli oli essenziali dipende dalla quantità di olio applicata e dal tipo di patogeno bersaglio. Ćosić et al. (2010) hanno studiato l'effetto di undici oli essenziali (chiodo di garofano, rosmarino, cannella, salvia, pino, arancio amaro, menta, anice, cumino, lavanda, timo) sulla crescita miceliare di dodici funghi fitopatogeni (*Fusarium graminearum*, *Fusarium verticillioides*, *Fusarium subglutinans*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium avenaceum*, *Diaporthe helianthi*, *Diaporthe caulivora*, *Diaporthe longicolla*, *Phomopsis viticola*, *Helminthosporium sativum*, *Colletotrichum coccodes* e *Thanatephorus cucumeris*). Tutti questi oli essenziali hanno mostrato un effetto inibitorio su alcuni o tutti i funghi studiati, ad eccezione degli oli essenziali di pino e arancio amaro. Gli oli essenziali di timo, cannella, chiodi di garofano e anice hanno avuto il miglior effetto antimicotico.

*Rhizoctonia solani* è molto più sensibile ( $EC_{50} = 0,057 - 0,486$ ) sugli oli di *Thymus zygis* ssp. *sylvestris* e *Thymus zygis* ssp. *gracilis* rispetto a *Fusarium oxysporum* ( $EC_{50} = 0.092 - 0.630$ ) e *Colletotrichum acutatum* ( $EC_{50} = 0.110 - 0.756$ ) [Perez-Sanchez et al., 2007]. Anche l'olio essenziale di *Pimpinella anisum* ha raggiunto vari gradi di inibizione contro tre funghi patogeni (Özcan e Chalchat 2006). È risultato il più efficace contro *Aspergillus parasiticus*, seguito da *Aspergillus niger* e *Alternaria alternata*.

Elshafie et al. (2015) hanno testato l'attività antimicotica degli oli essenziali di *Thymus vulgaris* e *Verbena officinalis* in condizioni *in vivo* in diverse quantità contro *Monilinia laxa*, *Monilinia fructigena* e *Monilinia fructicola*. Le quantità maggiori applicate di oli essenziali di verbena (1000 ppm) e timo (500 ppm) hanno ridotto significativamente il diametro delle lesioni, mentre quantità minori di oli essenziali di verbena (500 ppm) e timo (250 ppm) hanno ottenuto un effetto inferiore.

Sebbene numerosi autori sostengano che l'attività antifungina degli oli essenziali sia soddisfacente in condizioni *in vivo*, esistono numerosi fattori limitanti per il loro utilizzo nella protezione delle piante durante la stagione di crescita o durante lo stoccaggio. L'uso degli oli essenziali è limitato perché sono necessarie quantità o concentrazioni elevate per ottenere un'attività antifungina sufficiente. Inoltre, l'attività



antifungina degli oli essenziali dipende dal pH [Juven et al., 1994], temperatura e attività dell'acqua [Velluti et al., 2004].

Nel contesto dell'applicazione degli oli essenziali come trattamento delle sementi, gli oli essenziali possono essere utilizzati direttamente per sopprimere la crescita di funghi fitopatogeni o per controllare la formazione e l'accumulo di micotossine. Il metodo di applicazione è per evaporazione o per trattamento diretto delle sementi, le concentrazioni sono diverse e sono ancora oggetto di ricerca. Inoltre, ad oggi, non si sa abbastanza sul meccanismo di azione antifungina degli oli essenziali. È possibile che i terpenoidi e i fenoli, in quanto componenti principali degli oli essenziali, siano responsabili dell'effetto antifungino degli oli essenziali. Grazie alla loro natura lipofila e al basso peso molecolare, i terpenoidi e i fenoli possono causare danni strutturali e funzionali alle cellule patogene, alterando la permeabilità della membrana e l'equilibrio osmotico delle cellule patogene. [Kalagatur et al., 2015; Prakash et al., 2015; Grata, 2016].

Marín et al. (2004) ha esaminato l'effetto degli oli essenziali di cannella, chiodi di garofano, origano, citronella e palmarosa sulla riduzione dell'accumulo delle micotossine deossinivalenolo (DON) e zearalenone (ZEA) nella granella di mais. L'olio di chiodi di garofano ha mostrato i migliori risultati nel ridurre l'accumulo di entrambe le micotossine.

Gli oli essenziali utilizzati nello studio di Perczak et al. (2019) hanno inibito la crescita dei miceli di *Fusarium culmorum* e *Fusarium graminearum* e hanno ridotto la concentrazione delle micotossine zearalenone e tricotecene del gruppo B (DON, 3- e 15-acetildeossinivalenolo, nivalenolo e fusarenon X) nei semi di grano. La massima attività antifungina è stata dimostrata dagli oli essenziali di cannella, origano e palmarosa. *F. culmorum* ha mostrato una maggiore sensibilità agli oli di origano, cannella e verbena, mentre *F. graminearum* è risultato più sensibile agli oli di origano e cannella.

Moumni et al. (2021) hanno utilizzato sette oli essenziali in una ricerca in cui hanno esaminato l'influenza in vitro sulla crescita del micelio dei principali patogeni dei semi di cucurbitacee. L'olio essenziale di *Cymbopogon citratus* ha inibito



completamente la crescita miceliare dei funghi *Stagonosporopsis cucurbitacearum* e *Alternaria alternata* rispettivamente a 0,6 e 0,9 mg/mL. Gli oli essenziali di *Lavandula dentata*, *Lavandula hybrida*, *Melaleuca alternifolia*, *Laurus nobilis* e due *Origanum majorana* hanno inibito la crescita di *A. alternaria* rispettivamente del 54%, 71%, 68%, 36%, 90% e 74%.

Alcuni oli essenziali possono anche avere un effetto stimolante sulla crescita miceliare di alcuni funghi fitopatogeni in condizioni *in vitro* [Ćosić et al., 2010], ma possono anche essere più efficaci in combinazione contro i funghi fitopatogeni rispetto all'uso individuale, grazie al loro effetto sinergico [Nikkhah et al., 2017].

L'attività antimicotica degli oli essenziali dipende dal metodo di applicazione. Gli oli essenziali costituiti da grandi composti fenolici, come il timolo e l'eugenolo, hanno un effetto migliore se applicati direttamente. Al contrario, gli oli essenziali con composti volatili non fenolici (ad esempio citrale e limonene) funzionano meglio quando il fungo è esposto ai vapori dell'olio essenziale [Suhr and Nielsen, 2003].

Poiché la molecola di timolo è più piccola ed evapora più facilmente di quella di eugenolo, il composto timolo dell'olio essenziale di timo ha avuto un effetto migliore sull'inibizione della crescita durante l'evaporazione rispetto all'eugenolo degli oli di cannella e chiodi di garofano, anche se entrambi i composti sono fenoli [Suhr and Nielsen, 2003].

Secondo Suhr and Nielsen (2003), il metodo di applicazione diretta (azione di contatto) di dieci oli essenziali ha mostrato un debole effetto inibitorio di tutti gli oli su vari patogeni di muffa (*Asperigillus* sp., *Penicillium* sp.), mentre gli oli hanno mostrato un buon effetto inibitorio nel metodo di evaporazione.

## 5.2. Possibilità di utilizzo degli oli essenziali contro i funghi fitopatogeni

Nella ricerca sull'influenza di dodici oli essenziali sulla crescita del micelio del fungo fitopatogeno *Rhizoctonia solani* (a tre temperature 15, 20 e 30°C e con una quantità di 25 µL) è stata determinata la completa inibizione della crescita miceliare del fungo *R. solani* quando sono stati applicati gli oli di anice, tea tree e timo (per tutte



le temperature) e indipendentemente dai giorni di incubazione [Ereš, 2022]. L'olio di arancio dolce ha avuto l'effetto antimicotico più debole, seguito dagli oli di chiodi di garofano, pino, cipresso ed eucalipto.

L'effetto degli oli di timo e anice rispetto al controllo a 15 °C è illustrato in Figura 5.3 e il confronto degli effetti degli oli essenziali sulla crescita miceliare in base alla temperatura all'ottavo giorno dopo l'inoculazione ha mostrato nella Tabella 5.1.



Figura 5.3. Influenza dell'olio essenziale di anice e timo rispetto al controllo (4° giorno dopo l'inoculazione a 15°C)

Tabella 5.1. Confronto dell'influenza degli oli essenziali sulla crescita di *R. solani* micelia in funzione della temperatura all'ottavo giorno.

Olio	15 °C	20 °C	30 °C	LSD 0.05 0.01
ANICE	30	30	30	0.00 0.00
PINO	0	0	3.33	6.99 10.09
CANNELLA	30	18.33	30	18.50 28.02
CITRONELLA	30	20.58	30	9.46 14.33
ALBERO DEL TÈ	30	30	29.25	1.04 1.58
CIPRESSO	0	0	13.33	8.57 12.98



EUCALIPTO	17.92	0	2.08	18.38 27.84
CHIODI DI GAROFALO	0	0	0	0.00 0.00
LAVANDA	30	0	27	3.33 5.04
ARANCIA DOLCE	0	0	0	0.00 0.00
ROSMARINO	4.83	0	30	9.66 14.63
TIMO	30	30	30	0.00 0.00

Diversi oli essenziali, tra cui anice, timo, cumino, menta piperita, lavanda, salvia, melissa, rosmarino, mirto, cannella, basilico, pino bianco, eucalipto, cedro, bergamotto, mandarino, cipresso, patchouli, zenzero, arancio amaro, sandalo e canfora, hanno effetti diversi sulla crescita del fungo *Botrytis cinerea*. Gli oli sono stati applicati in tre diverse quantità (3, 5 e 7  $\mu$ l) e le misurazioni sono state effettuate il terzo e il nono giorno.

In base alla Tabella 5.2, Tutti gli oli, tranne quelli di arancio amaro, sandalo e canfora, hanno mostrato un certo livello di attività antimicotica. L'olio di timo e di anice ha dimostrato la più forte attività antimicotica rispetto al controllo con acqua. Al contrario, gli oli di arancio amaro, sandalo e canfora hanno stimolato la crescita del fungo *B. cinerea* [Grgić et al., 2016].

**Tabella 5.2. Zona di inibizione (mm) nella prima misurazione, 3 giorni dopo l'inoculazione.**

Olio	Quantità di olio		
	3 $\mu$ l	5 $\mu$ l	7 $\mu$ l
<i>Carum carvi</i>	30,87 $\pm$ 0,31 a <sup>AB</sup>	32,63 $\pm$ 0,13 a <sup>A</sup>	32,75 $\pm$ 0,14 a <sup>A</sup>
<i>Cedrus atlantica</i>	10,63 $\pm$ 4,01 e <sup>F</sup>	13,38 $\pm$ 1,07 d <sup>DE</sup>	15,25 $\pm$ 1,45 fg <sup>EF</sup>
<i>Cinnamomum camphora</i>	0,38 $\pm$ 0,24 g <sup>I</sup>	4,75 $\pm$ 0,95 f <sup>F</sup>	3,88 $\pm$ 1,07 jk <sup>HI</sup>
<i>Cinnamomum verum</i>	17,00 $\pm$ 0,29 d <sup>D</sup>	18,88 $\pm$ 0,24 c <sup>C</sup>	18,75 $\pm$ 1,01 de <sup>D</sup>
<i>Citrus aurantium</i>	4,13 $\pm$ 0,43 f <sup>HI</sup>	2,88 $\pm$ 0,13 f <sup>F</sup>	2,63 $\pm$ 0,24 k <sup>I</sup>
<i>Citrus bergamia</i>	10,25 $\pm$ 1,03 e <sup>F</sup>	18,00 $\pm$ 1,06 c <sup>C</sup>	18,13 $\pm$ 1,60 de <sup>DE</sup>



<i>Citrus reticulata</i>	9,63 ± 0,47 e <sup>F</sup>	10,00 ± 0,61 e <sup>E</sup>	7,25 ± 1,20 i <sup>G</sup>
<i>Cupressus sempervirens</i>	9,63 ± 0,66 e <sup>F</sup>	13,00 ± 2,33 d <sup>DE</sup>	16,88 ± 0,63 efg <sup>DE</sup>
<i>Eucalyptus globulus</i>	11,13 ± 1,07 e <sup>EF</sup>	9,88 ± 1,57 e <sup>E</sup>	15,00 ± 1,24 g <sup>EF</sup>
Kontrola / Control	4,38 ± 0,24 f <sup>HI</sup>	4,63 ± 0,63 f <sup>F</sup>	4,63 ± 0,55 jk <sup>GHI</sup>
<i>Lavandula officinalis</i>	27,63 ± 0,72 b <sup>BC</sup>	30,63 ± 0,97 a <sup>AB</sup>	28,63 ± 0,55 c <sup>BC</sup>
<i>Melissa officinalis</i>	24,00 ± 0,89 c <sup>C</sup>	31,88 ± 0,13 a <sup>A</sup>	31,88 ± 0,47 ab <sup>AB</sup>
<i>Mentha x piperita.</i>	30,50 ± 1,37 ab <sup>AB</sup>	32,63 ± 0,13 a <sup>A</sup>	28,25 ± 1,36 c <sup>C</sup>
<i>Myrtus communis</i>	17,75 ± 1,05 d <sup>D</sup>	18,13 ± 2,56 c <sup>C</sup>	17,25 ± 1,20 efg <sup>DE</sup>
<i>Ocimum basilicum</i>	16,63 ± 1,01 d <sup>D</sup>	27,00 ± 0,87 b <sup>B</sup>	30,13 ± 0,66 bc <sup>ABC</sup>
<i>Pimpinella anisum</i>	32,50 ± 0,00 a <sup>A</sup>	32,13 ± 0,55 a <sup>A</sup>	32,88 ± 0,24 a <sup>A</sup>
<i>Pinus sylvestris</i>	15,13 ± 0,63 d <sup>DE</sup>	16,50 ± 1,02 c <sup>CD</sup>	20,13 ± 0,83 d <sup>D</sup>
<i>Pogostemon patchouli</i>	9,38 ± 0,68 e <sup>FG</sup>	11,38 ± 0,83 d <sup>DE</sup>	12,13 ± 0,47 h <sup>F</sup>
<i>Rosmarinus officinalis</i>	17,88 ± 0,66 d <sup>D</sup>	17,88 ± 1,52 c <sup>C</sup>	17,63 ± 0,60 ef <sup>DE</sup>
<i>Salvia officinalis</i>	24,38 ± 0,31 c <sup>C</sup>	27,13 ± 0,38 b <sup>B</sup>	28,88 ± 0,90 c <sup>BC</sup>
<i>Santalum album</i>	2,63 ± 0,97 fg <sup>HI</sup>	3,13 ± 0,43 f <sup>F</sup>	2,50 ± 0,29 k <sup>I</sup>
<i>Thymus vulgaris</i>	31,25 ± 0,43 a <sup>AB</sup>	32,63 ± 0,13 a <sup>A</sup>	31,88 ± 0,24 ab <sup>AB</sup>
<i>Zingiber officinale</i>	5,50 ± 0,41 f <sup>GH</sup>	5,25 ± 0,60 f <sup>F</sup>	6,13 ± 0,55 ij <sup>GH</sup>

Per i valori medi (confronto per colonne) contrassegnati dalla stessa lettera minuscola, non sono state riscontrate differenze statisticamente significative al livello di significatività  $P < 0,05$ , mentre per i valori medi contrassegnati dalla lettera maiuscola non sono state determinate differenze statisticamente significative al livello di significatività  $P < 0,01$  del test LSD.

Tabella 5.3. Zona di inibizione (mm) nella seconda misurazione, 9 giorni dopo l'inoculazione.

Olio	Quantità di olio		
	3 µl	5 µl	7 µl
<i>Carum carvi</i>	0,00 ± 0,00c <sup>B</sup>	0,00 ± 0,00d <sup>D</sup>	6,13 ± 0,24e <sup>E</sup>
<i>Cinnamomum verum</i>	0,00 ± 0,00c <sup>B</sup>	1,13 ± 0,66d <sup>D</sup>	0,50 ± 0,50g <sup>F</sup>
<i>Lavandula officinalis</i>	11,75 ± 0,52b <sup>A</sup>	25,50 ± 3,51b <sup>B</sup>	21,50 ± 1,70c <sup>C</sup>
<i>Mentha x piperita</i>	13,63 ± 0,52ab <sup>A</sup>	16,38 ± 1,97c <sup>C</sup>	13,75 ± 1,33d <sup>D</sup>
<i>Pimpinella anisum</i>	0,00 ± 0,00 c <sup>B</sup>	0,00 ± 0,00d <sup>D</sup>	27,13 ± 0,13b <sup>B</sup>
<i>Rosmarinus officinalis</i>	1,38 ± 0,94c <sup>B</sup>	2,63 ± 1,01d <sup>D</sup>	3,38 ± 1,30f <sup>EF</sup>
<i>Thymus vulgaris</i>	18,75 ± 5,39a <sup>A</sup>	32,63 ± 0,13a <sup>A</sup>	31,88 ± 0,24a <sup>A</sup>
<i>Zingiber officinale</i>	1,25 ± 0,72c <sup>B</sup>	1,13 ± 0,72d <sup>D</sup>	2,00 ± 0,61fg <sup>F</sup>

Per i valori medi (confronto per colonne) contrassegnati dalla stessa lettera minuscola, non sono state riscontrate differenze statisticamente significative al livello di significatività



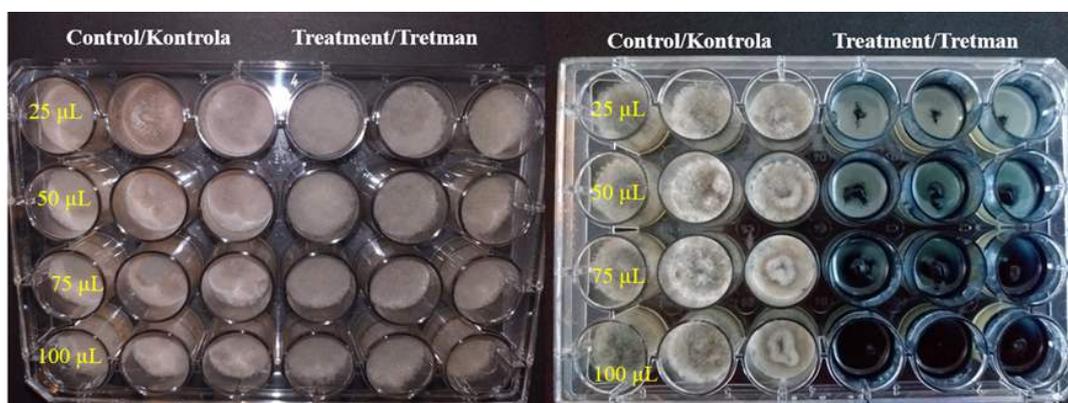
Co-funded by  
the European Union



$P < 0,05$ , mentre per i valori medi contrassegnati dalla lettera maiuscola non sono state determinate differenze statisticamente significative al livello di significatività  $P < 0,01$  del test LSD.

In uno studio condotto da Jelenić et al. (2020), i ricercatori hanno esaminato l'impatto di nove oli essenziali derivati da piante autoctone croate sulla soppressione della crescita miceliare della *Botrytis cinerea*. Gli oli essenziali analizzati erano *Mentha x piperita*, *Salvia officinalis*, *Rosmarinus officinalis*, *Lavandula hybrida*, *Origanum compactum*, *Thymus vulgaris*, *Hiperici oleum*, *Achillea millefolium* ed *Helichrysum italicum*. I risultati hanno indicato che gli oli di *Thymus vulgaris* e *Mentha x piperita* hanno mostrato un'influenza positiva sulla soppressione della crescita miceliare sia nel metodo volatile che in quello della macrodiluizione. Inoltre, questi oli hanno dimostrato un effetto fungistatico anche dopo 96 ore a tutte le concentrazioni testate.

D'altra parte, *Achillea millefolium* e *Hiperici oleum* non hanno mostrato effetti di soppressione nel metodo volatile, ma hanno mostrato una soppressione della crescita miceliare nel metodo della macrodiluizione (Figura 5.4 e Tabella 5.4). L'olio essenziale di *Helichrysum italicum* ha effettivamente stimolato la crescita del micelio di *B. cinerea* in entrambi i metodi. Questi risultati suggeriscono che gli oli essenziali potrebbero servire come agente di biocontrollo per il controllo della muffa grigia della vite, sostituendo potenzialmente i pesticidi tradizionali. Sono necessarie ulteriori ricerche per studiare l'efficacia degli oli essenziali nel controllo della *Botrytis* in condizioni sia in vitro che in vivo.



*Helichrysum italicum*, smilje.

*Achillea millefolium*, stolisnik.



Figura 5.4. Metodo della microdiluzione - Elicriso e Achillea.

Tabella 5.4. Influenza degli oli essenziali sulla crescita del micelio di *B. cinerea* - metodo della macrodiluzione dopo 96 h (0 = soppressione della crescita, 1 = 25% della crescita del micelio, 2 = 50% della crescita del micelio, 3 = 75% della crescita del micelio, 4 = 100% della crescita del micelio).

Oli essenziali/Concentrazioni	25 $\mu$ L	50 $\mu$ L	75 $\mu$ L	100 $\mu$ L
H. oleum	1	1	0	0
A. millefolium	0	1	0	0
H. italicum	4	4	4	4
L. hybrida	0	0	0	0
S. officinalis	0	0	0	0
M. piperita	0	0	0	0
T. vulgaris	0	0	0	0
R. officinalis	3	3	2	0
O. compactum	3	3	1	0

Nove oli essenziali (anice, pino, corteccia di cannella, citronella, albero del tè, cipresso, eucalipto, chiodi di garofano, lavanda) sono stati testati per l'attività antimicotica in vitro su due funghi fitopatogeni presenti nel suolo *Globisporangium ultimum* e *Globisporangium irregular* [Petrić et al., 2021]. Gli oli essenziali sono stati applicati in tre quantità (5, 15 e 30  $\mu$ L). La zona di inibizione è stata misurata al quarto e all'ottavo giorno dopo l'inoculazione.

L'efficacia degli oli essenziali variava a seconda della quantità applicata e della specie fungina specifica. Dopo otto giorni, gli oli di chiodi di garofano, anice, corteccia di cannella e citronella hanno mostrato l'attività antimicotica più forte nei confronti di *G. ultimum* (Tabella 5.5), indipendentemente dalla quantità applicata. Tuttavia, per *G. irregolare*, l'olio di chiodi di garofano ha mostrato l'attività antifungina più potente in tutte le quantità testate. D'altra parte, gli oli di pino e cipresso hanno dimostrato la più debole attività antimicotica contro entrambi i patogeni, indipendentemente dalla quantità applicata. Questi risultati evidenziano l'importanza di considerare l'olio



essenziale specifico, la quantità utilizzata e la specie fungina bersaglio quando si utilizzano gli oli essenziali per le loro proprietà antimicotiche.

**Tabella 5.5. Effetto degli oli essenziali sulla crescita miceliare di *Globisporangium ultimum* (zona di inibizione in mm).**

Olio	5 $\mu$ L		15 $\mu$ L		30 $\mu$ L	
	4. day	8. day	4. day	8. day	4. day	8. day
Lavanda	0	0	30.0	24.0	23.8	18.7
Citronella	13.0	0	25.0	23.0	30.0	30.0
Albero del thé	0	0	30.0	18.3	22.4	22.4
Cannella	14.3	0	16.7	15.0	17.6	15.0
Eucalipto	0	0	0	0	20.7	20.6
Pino	0	0	0	0	0	0
Anice	10.3	0	30.0	18.3	19.4	14.7
Cipresso	0	0	0	0	0	0
Chiodi di garofalo	16.7	15.0	21.0	18.0	23.4	16.4
Controllo	0	0	0	0	0	0
LSD 0.05	0.26	0.11	0.31	1.17	1.38	1.49

È stato condotto uno studio in vitro per esaminare l'impatto di diversi volumi di dodici oli essenziali sulla crescita di funghi fitopatogeni economicamente significativi, *Fusarium oxysporum* e *Botrytis cinerea* [Palfi et al., 2019]. L'attività antifungina degli oli essenziali è stata confrontata con quella di un fungicida commerciale.

I risultati hanno mostrato che l'efficacia degli oli essenziali nell'inibire la crescita fungina diminuisce nel tempo e varia a seconda dello specifico fungo fitopatogeno e del volume di olio essenziale applicato. Tra gli oli essenziali testati, l'olio di timo ha mostrato l'effetto antifungino più potente su entrambi i funghi, con i valori IC<sub>50</sub> più bassi. D'altra parte, gli oli essenziali di eucalipto e limone hanno avuto l'effetto antimicotico più debole, con i valori IC<sub>50</sub> più alti.

Gli oli essenziali, applicati a volumi specifici, hanno dimostrato effetti inibitori sulla crescita miceliare paragonabili o addirittura migliori rispetto ai fungicidi testati.



Nell'ambito della ricerca sulla possibilità di controllare *Passalora fulva* con gli oli essenziali, Novak (2012) ha studiato l'efficacia dei seguenti oli: anice, rosmarino, chiodi di garofano, foglie di cannella, salvia officinale e timo. Le Figure 5.5 e 5.6 mostrano la germinazione dei conidi registrata nel controllo e negli oli di timo e cannella. Dalle immagini è evidente che nel controllo sono stati registrati tubi germinativi significativamente più lunghi rispetto agli oli.

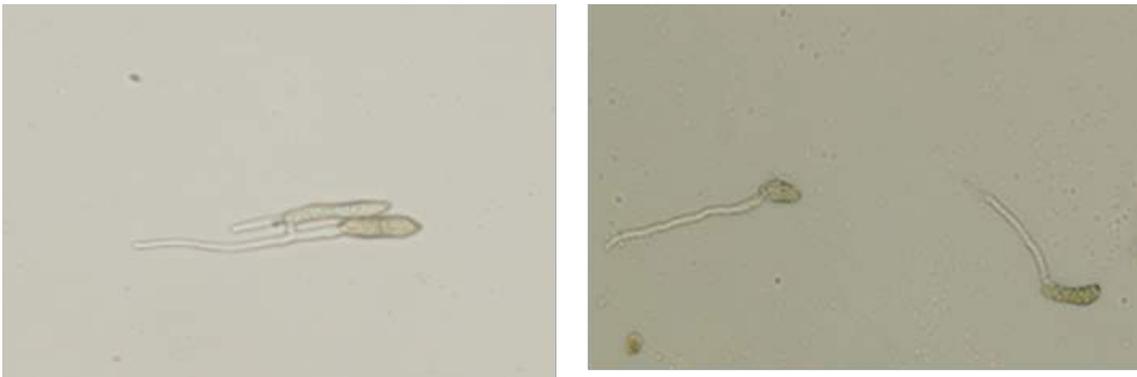


Figura 5.5. Germinazione dei conidi nel controllo (foto per gentile concessione di A. Novak).

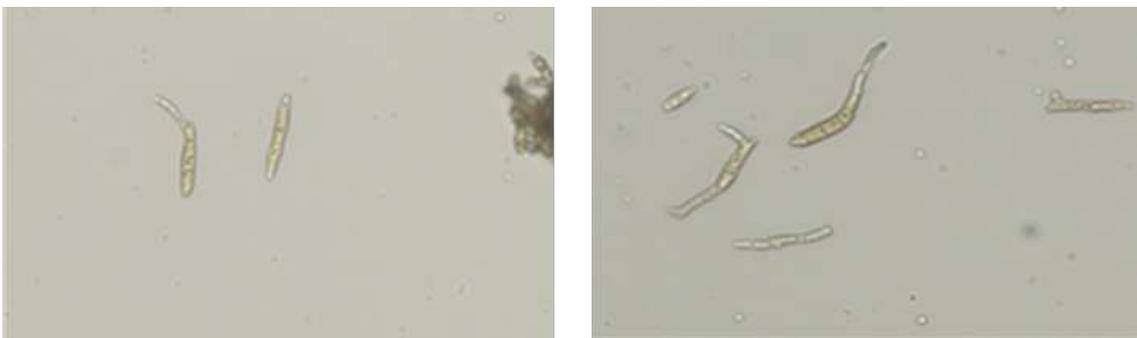


Figura 5.6. Germinazione di conidi in olio di timo e cannella (foto per gentile concessione di A. Novak)

Tabelle 5.6 e 5.7 mostrano i risultati dei dati statistici ottenuti in base alla lunghezza dei tubi germinali misurata dopo 7 giorni per ciascun olio alla concentrazione dell'1%. È evidente dai dati che tutti gli oli danno risultati migliori rispetto al controllo. I risultati migliori sono stati registrati con l'uso dell'olio di chiodi di garofano. Nel caso degli altri oli, non sono state riscontrate differenze statistiche significative, indipendentemente dalla concentrazione dell'olio.



Tabella 5.6. I valori medi della lunghezza dei tubuli germinali negli oli alla concentrazione dell'1% (10 µl/1 ml) misurati dopo 7 giorni [Novak, 2012].

Olio	Mean value
anice	2,201 c
rosmarino	3,9603 c
Chiodi di garofalo	1,1826 c
cannella	5,372 b
Salvia officinale	1,446 c
time	1,609 c
Controllo	20,927 a

Tabella 5.7. Analisi della varianza per la lunghezza dei tubi germinali misurata dopo 7 giorni tra i diversi oli a concentrazione dell'1% (10 µl/1 ml) [Novak, 2012].

Fonti di variabilità	n-1	SS	s <sup>2</sup>	F <sub>exp.</sub>
Totale	209	17877,61		34,53*
Tra gli oli	203	8846,912	43,58085	
Oli	6	9030,703	1505,117	

Alcune altre importanti scoperte sull'attività antimicotica in vitro degli oli essenziali sono riassunte in Tabella 5.8.

Tabella 5.8. Effetto antifungino di alcuni oli essenziali su funghi fitopatogeni.

Piante testate	Tipi di funghi patogenici	Bibliografia
<b><i>Cestrum nocturnum</i></b> (gelsomino notturno)	Botrytis cinerea, Colletotrichum capsici, Fusarium oxysporum, F. solani, Phytophthora capsici, Sclerotinia sclerotiorum	Al-Reza et al. (2010)



<b><i>Cinnamomum verum</i></b> <b>(<i>C. zeylanicum</i>)</b> <b>(Ceylon cinnamon tree)</b>	Alternaria alternata, Alternaria sp., Aspergillus niger, Aspergillus sp., Botrytis cinerea, Colletotrichum coccodes, C. gloeosporioides, Diaporthe helianthi, D. phaseolorum var. caulivora, Fusarium avenaceum, F. oxysporum, F. fujikuroi, Fusarium oxysporum f.sp. ciceri, F. oxysporum f.sp. lycopersici, F. oxysporum f.sp. melonis, F. oxysporum f.sp. fragariae, F. proliferatum, F. verticillioides, F. culmorum, Helminthosporium sativum, Passalora fulva, Penicillium sp., Phomopsis longicolla, Phomopsis viticola, Rhizopus sp., R. stolonifer	Behtoei (2012), Gupta et al. (2008), Siripornvisal et al. (2009), Sukatta et al. (2008), Velluti et al. (2003), Ćosić et al. (2010), Novak (2012), Roselló et al. (2015), Park et al. (2017)
<b><i>Malaleuca alternifolia</i></b> <b>(tea tree)</b>	Botrytis cinerea	Li et al. (2017), Shao et al. (2013)
<b><i>Origanum compactum</i>,</b> <b><i>Origanum vulgare</i></b> <b>(oregano)</b>	Botrytis cinerea, Gibberella fujikuroi, Fusarium culmorum, F. graminearum	Adebayo et al. (2013), Rosello et al. (2015) Zhao et al. (2021) Harčárová et al. (2021)
<b><i>Foeniculum vulgare</i></b> <b>(fennel)</b>	Botrytis cinerea, F. oxysporum f.sp. fragariae, Macrophomina, phaseolina, Sclerotinia sclerotiorum, Verticillium fungicola var. fungicola	Soylu et al. (2007), Tanović et al (2009), Khaledi et al. (2014), Park et al. (2017), Pedrotti et al (2017)



<b><i>Thymus vulgaris</i></b> (thyme)	Alternaria alternata, Aspergillus niger, A. parasiticus, A. flavus, Botrytis cinerea, Diplodia sp., Cryphonectria parasitica, Colletotrichum coccodes, Diaporthe helianthi, D. phaseolorum var. caulivora, Fusarium avenaceum, F. graminearum, F. oxysporum, F. subglutinans, F. verticillioides, Helminthosporium sativum, Macrophomina phaseolina, Passalora fulva, Phomopsis longicolla, P. viticola, Phytophthora cactorum, Rhizoctonia solani, Pythium aphanidermatum, Rhizopus stolonifer, Sclerotinia sclerotiorum, Monilinia laxa, M. fructigena, M. fructicola	El-Zemity and Ahmed (2005), Kim et al. (2008), Ćosić et al. (2010), Moghtader (2012), Abdolahi et al. (2010), Abdollahi et al. (2011), Amini et al. (2012), Novak (2012), Harčárová et al. (2021), Elshafie et al. (2015)
<b><i>Pinus sylvestris</i></b> (scot pine)	Colletotrichum coccodes, Helminthosporium sativum	Ćosić et al. (2010)
<b><i>Ocimum basilicum</i></b> (basil)	Alternaria brassicicola, Aspergillus flavus, Bipolaris oryzae, Botrytis cinerea, Fusarium proliferatum, F. verticillioides, F. graminearum, Pyricularia grisea	Piyo et al. (2009), Abdolahi et al. (2010), Harčárová et al. (2021)
<b><i>Salvia officinalis</i></b> (sage)	Cladobotryum sp., Colletotrichum coccodes, Fusarium verticillioides, Helminthosporium sativum, Mycogone perniciosa, Passalora fulva, Verticillium fungicola. var. fungicola, Phomopsis viticola	Tanović et al. (2009), Ćosić et al. (2010), Novak (2012)
<b><i>Carum carvi</i></b> (caraway)	Macrophomina phaseolina, Curvularia lunata, Fusarium equiseti, Alternaria alternata, Botryodiplodia theobromae, Colletotrichum corchori	Begum et al. (2008)
<b><i>Illicium verum</i></b> (star anise)	Aspergillus fumigatus, Aspergillus niger	Alhajj et al. (2019)
<b><i>Mentha x piperita</i></b> (peppermint)	Botrytis cinerea, Verticillium dahliae	Tančinova et al. (2022), Luković et al. (2019)
<b><i>Lavandula angustifolia</i></b> (lavender)	Botrytis cinerea	Tančinova et al. (2022)



<b><i>Cymbopogon flexuosus</i></b> (lemongrass)	Botrytis cinerea	Tančinova et al. (2022)
<b><i>Eugenia caryophyllus</i></b> (clove)	Fusarium equiseti, F. culmorum, F. poae, F. avenaceum, F. oxysporum f. sp. lycopersici	Grzanka et al. (2021), Sharma et al. (2017)
<b><i>Sesamum indicum</i></b> (sesame)	Botrytis cinerea	Samara et al. (2021)

## References

- Abdolahi, A., Hassani, A., Ghosta, Y., Iraj, B., Meshkatalasadat, M.H. (2010). *Study on the potential use of essential oils for decay control and quality preservation of Tabarzeh table grape. Journal of Plant Protection Research*, 50(1): 45-52.
- Abdollahi, A., Hassani, A., Ghosta, Y., Meskhatalasadat, M.H., Shabani, R. (2011). *Screening of antifungal properties of essential oils extracted from sweet basil, fennel, summer savory and thyme against postharvest phytopathogenic fungi. Journal of food safety*, 31: 350-356.
- Adebayo, O., Dang, T., Belenger, A., & Khanizadeh, S. (2013). *Antifungal Studies of Selected Essential Oils and Commercial Formulation against Botrytis cinerea. Journal of Food Research*, 2(1), 217-226.
- Alhajj, M.S., Qasem, M.A.A., Jar El Nabi, A.R., Al-Mufarrej, S.I. (2019). *In-vitro antibacterial and antifungal effects of high levels of star anise. Rev. Bras. Cie. Avic.*, (21(1): 001-008.
- Al-Reza, S.M., Rahman, A., Ahmed, Y., Kang, S.C. (2010). *Inhibition of plant pathogens in vitro and in vivo with essential oil and organic extracts of Cestrum nocturnum L. Pesticide Biochemistry and Physiology*, 96: 86-92.
- Amini, M., Safaie, N., Salmani, M.J., Shams-Bakhsh, M. (2012). *Antifungal activity of three medicinal plant essential oils against some phytopathogenic fungi. Trakia Journal of Sciences*, 10(1): 1-8.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M. (2008). *Biological effects of essential oils—a review. Food Chem Toxicol.*, 46: 446–475.



- Begum, J., Bhuiyan, M.N.I., Chowdhury, J.U., Hoque, M.N., Anwar, M.N. (2008). *Antimicrobial activity of essential oil from seeds of Carum carvi and its composition. Bangladesh J. Microbiol.*, 25(2): 85-89.
- Behtoei, H., Amini, J., Javadi, T., Sadeghi, A. (2012). *Composition and in vitro antifungal activity of Bunium persicum, Carum copticum and Cinnamomum zeylanicum essential oils. J. Med. Plants Res.* 6(37), 5069-5076.
- Burt, S. (2004). *Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods - a review. Int J Food Microbiol*, 94(3): 223-253.
- Ćosić, J, Vrandečić, K, Poštić, J, Jurković, D, Ravlić, M. (2010). *In vitro antifungal activity of essential oils on growth of phytopathogenic fungi. Poljoprivreda*, 16(2): 25-28.
- Daferera, D.J., Ziogas, B.N., Polissiou, M.G. (2003). *The effectiveness of plant essential oils on the growth of Botrytis cinerea, Fusarium sp. and Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis. Crop protection*, 22: 39-44.
- Dorman, H.J.D., Deans, S.G. (2000). *Antimicrobial agents from plants: Antimicrobial activity of plant volatile oils. J. Appl. Microbiol.*, 88: 308-316.
- Elshafie, H.S., E. Mancini, I., Camele, L., De Martino, De Feo, V. (2015). *In vivo antifungal activity of two essential oils from Mediterranean plants against postharvest brown rot disease of peach fruit. Ind. Crops Prod.*, 66: 11-15.
- El-Zemity, S.R., Ahmed, S.M. (2005). *Antifungal activity of some essential oils and their major chemical constituents against some phytopathogenic fungi. J. Pest. Cont. & Environ. Sci.*, 13(1): 61-72.
- Ereš, H. (2022). *Utjecaj temperature i eteričnih ulja na rast fitopatogene gljive Rhizoctonia solani. Faculty of Agrobiotechnical sciences Osijek, MSc thesis.*
- Grata, K. (2016). *Sensitivity of Fusarium solani isolated from asparagus on essential oils. Ecological Chemistry and Engineering. A*, 23(4).
- Grzanka, M., Sobiech, L., Danielewicz, J., Horoszkiewicz-Janka, J., Skrzypczak, G., Sawinska, Z., Radzikowska, D., Świtek, S. (2021). *Impact of essential oils on the development of pathogens of the Fusarium genus and germination parameters of selected crops. Open chemistry*, 19(1): 884-893.



- Gupta, C., Garg, A. P., Uniyaj, R.C., Kumari, A. (2008). *Comparative analysis of the antimicrobial activity of cinnamon oil and cinnamon extract on some food-borne microbes. African Journal of Microbiology Research* 2(9), 247-251.
- Harčárová, M, Čonková, E, Proškovcová, M, Váczi, P, Marcinčáková, D, Bujňák, L. (2021). *Comparison of antifungal activity of selected essential oils against Fusarium graminearum in vitro. Ann. Agric. Environ. Med.*, 28(3): 414–418.
- Holley, R.A., Patel, D. (2005). *Improvement in shelf-life and safety of perishable foods by plant essential oils and smoke antimicrobials. Food Microbiol.*, 22: 273-292.
- Hyldgaard, M., Mygind, T., Meyer, R.L. (2012). *Essential oils in food preservation: mode of action, synergies and interactions with food matrix components. Frontiers in Microbiology*, 3(12): 1-24.
- Jelenić, J., Ilić, J., Ćosić, J., Vrandečić, K., Velki, M. (2020). *Antifungalno djelovanje eteričnih ulja domicilnoga bilja Hrvatske na uzročnika sive plijesni (Botrytis cinerea) s vinove loze. Poljoprivreda*, 26(2): 58-64.
- Juven, B.J., Kanner, J., Schved, F., Weisslowicz, H. (1994). *Factors that interact with the antibacterial action of thyme essential oil and its active constituents. J. Appl. Bacteriol.*, 76: 626-631.
- Kalagatur, N. K., Mudili, V., Siddaiah, C., Gupta, V. K., Natarajan, G., Sreepathi, M. H., Putcha, V. L. (2015). *Antagonistic activity of Ocimum sanctum L. essential oil on growth and zearalenone production by Fusarium graminearum in maize grains. Frontiers in microbiology*, 6, 892.
- Khaledi, N., Taheri, P., Tarighi, S. (2014). *Antifungal activity of various essential oils against Rhizoctonia solani and Macrophomina phaseolina as major bean pathogens. Journal of Applied Microbiology*, 118, 704-717.
- Kim, J., Lee, Y.S., Lee, S.G., Shin, S.C. (2008). *Fumigant antifungal activity of plant essential oils and components from West Indian bay (Pimenta racemosa) and thyme (Thymus vulgaris) oils against two phytopathogenic fungi. Flavour Frag. J.* 23, 272-277.
- Knobloch, K., Pauli, A., Iberl, N., Wies, N., Weigand, H. (1988). *Mode of action of essential oil components on whole cell of bacteria and fungi in plate test. Bioflavour. Walter de Gruyther, Berlin.*



- Li, Y., Shao, X., Xu, J., Wei, Y., Xu, F., Wang, H. (2017). *Effects and possible mechanism of tea tree oil against Botrytis cinerea and Penicillium expansum in vitro and in vivo test. Canadian Journal of Microbiology*, 63(3), 219-227.
- Luković, J., Todorović, B., Milijašević-Marčić, S., Rekanović, E., Kostić, M., Đurović-Pejčev, R., Potočnik, I. (2019). *Antifungal activity of plant essential oils against Verticillium dahliae Klebahn, the causal agent of Verticillium wilt of pepper. Pestic. Phytomed.*, 34(1): 39-46.
- Marín, S., Velluti, A., Ramos, A. J., Sanchis, V. (2004). *Effect of essential oils on zearalenone and deoxynivalenol production by Fusarium graminearum in non-sterilized maize grain. Food Microbiology*, 21(3), 313-318.
- Moghtader, M., Salari, H., Farahmand, A. (2011). *Evaluation of the antifungal effects of rosemary oil and comparison with synthetic borneol and fungicide on the growth of Aspergillus flavus. Ecology and The Natural Environment*, 3(6), 210-214.
- Moumni, M., Romanazzi, G., Najar, B., Pistelli, L., Amara, H.B., Mezrioui, K., Karous, O., Chaieb, O., Allagui, M.B. (2021). *Antifungal activity and chemical composition of seven essential oils to control the main seedborne fungi of cucurbits. Antibiotics (Basel)*, 10(2): 104.
- Nikkhah, M., Hashemi, M., Habibi Najafi, M. B., Farhoosh, R. (2017). *Synergistic effects of some essential oils against fungal spoilage on pear fruit. Int. J. Food Microbiol.*, 257: 285–294.
- Novak, A. (2012). *Karakterizacija patotipova gljive Passalora fulva (Cooke) U. Braun & Crous uzročnika baršunaste plijesni rajčice u Republici Hrvatskoj. PhD thesis, Faculty of Agriculture in Osijek.*
- Özcan, M.M., Chalchat, J.C. (2006). *Chemical composition and antifungal effect of anise (Pimpinella anisum L.) fruit oil at ripening stage. Annals of Microbiology*, 56(4): 353-358.
- Palfi, M., Konjevoda, P., Vrandečić, K., Ćosić, J. (2019). *Antifungal activity of essential oils on mycelial growth of Fusarium oxysporum and Botrytis cinerea. Emirates Journal of Food and Agriculture*, 31 (7): 544-554.



- Park, J. Y., Kim, S. H., Kim, N. H., Lee, S. W., Jeun, S. C., Hong, J. K. (2017). *Differential Inhibitory Activities of Four Plant Essential Oils on In Vitro Growth of Fusarium oxysporum f. sp. fragariae Causing Fusarium Wilt in Strawberry Plants. The Plant Pathology Journal*, 33(6), 582-588.
- Pedrotti, C., Ribeiro, R. T. S., Schwambach, J. (2017). *Control of Postharvest Fungal Rots on Grapes Using Essential Oil of Foeniculum vulgare Mill. Journal of Agricultural Science*, 9(4), 205-216.
- Perczak, A., Gwiazdowska, D., Marchwińska, K., Juś, K., Gwiazdowski, R., Waśkiewicz, A. (2019). *Antifungal activity of selected essential oils against Fusarium culmorum and F. graminearum and their secondary metabolites in wheat seeds. Archives of microbiology*, 201(8), 1085-1097.
- Perez-Sanchez, R., Inflante, F., Galvez, C., Ubera, J.L. (2007). *Fungitoxic Activity Against Phytopathogenic Fungi and the Chemical Composition of Thymus zygis Essential Oils. Food Sci. Tech. Int.*, 13(5): 341-347.
- Petrić, A., Ereš, H., Vrandečić, K., Ćosić, J. (2021). *Utjecaj eteričnih ulja na rast micelija Globisporangium ultimum i Globisporangium irregulare. Fragmenta phytomedica*, 35(7): 27-33.
- Piyo, A., Udomsilp, J., Khang-Khuan, P., Thobunluepop, P. (2009). *Antifungal activity of essential oils from basil (Ocimum basilicum Linn.) and sweet fennel (Ocimum gratissimum Linn.): Alternative strategies to control pathogenic fungi in organic rice. As. J. Ag-Ind., Special Issue*, 2-9.
- Prakash, B., Kedia, A., Mishra, P. K., Dubey, N. K. (2015). *Plant essential oils as food preservatives to control moulds, mycotoxin contamination and oxidative deterioration of agri-food commodities—Potentials and challenges. Food control*, 47, 381-391.
- Roselló, J., Sempere, F., Sanz-Berzosa, I., Chiralt, A., Santamarina, M. P. (2015). *Antifungal activity and potential use of essential oils against Fusarium culmorum and Fusarium verticillioides. Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 18(2), 359-367.
- Samara, R., Qubbaj, T., Scott, I., McDowell, T. (2021). *Effect of plant essential oils on the growth of Botrytis cinerea Pers.: Fr., Penicillium italicum Wehmer, and P. digitatum (Pers.) Sacc., diseases. Journal of Plant Protection Research*, 61(4): 324-336.



Shao, X., Wang, H., Xu, F., Cheng, S. (2013). *Effects and possible mechanisms of tea tree oil vapor treatment on the main disease in postharvest strawberry fruit. Postharvest Biology and Technology*, 77, 94-101.

Sharma, A., Rajendran, S., Srivastava, A., Sharma, S., Kundu, B. (2017). *Antifungal activities of selected essential oils against Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici 1322, with emphasis on Syzygium aromaticum essential oil. J. Biosci. Bioeng.*, 123(3): 308-313.

Sikkema, J., De Bont, J.A.M., Poolman, B. (1995). *Mechanisms of membrane toxicity of hydrocarbons. Microbiol. Rev.*, 59: 201-222.

Siripornvisal, S., Rungprom, W., Sawatdikarn, S. (2009). *Antifungal activity of essential oils derived from some medicinal plants against grey mold (Botrytis cinerea). As. J. Food Ag-Ind.*, 229-233.

Soylu, S., Yigitbas, H., Soyly, E.M., Kurt, S. (2007). *Antifungal effects of essential oils from oregano and fennel on Sclerotinia sclerotiorum. Journal of Applied Microbiology*, 103: 1021-1030.

Suhr, KI, Nielsen, PV (2003). *Antifungal activity of essential oils evaluated by two different application techniques against rye bread spoilage fungi. J. Appl Microbiol.*, 94(4): 665-674.

Sukatta, U., Haruthaithanasan, V., Chantarapanont, W., Dilokkunanant (2008). *Antifungal activity of clove and cinnamon oil and their synergistic against postharvest decay fungi of grape in vitro. Kasetsart J. (Nat. Sci.)*, 42, 169-174.

Tančinova, D., Maškova, Z., Mendelova, A., Foltinova, D., Barkorakova, Z., Medo, J. (2022). *Antifungal activities of essential oils in vapor phase against Botrytis cinerea and their potential to control postharvest strawberry gray mold. Foods*, 11(19): 2945.

Tanović, B., Potočnik, I., Delibasić, G., Ristić, M., Kostić, M., Marković, M. (2009). *In vitro effect of essential oils from aromatic and medicinal plants on mushroom pathogens: Verticillium fungicola var. fungicola, Mycogone perniciosa, and Cladobotryum sp. Arch. Biol. Sci.*, 61(2): 231-237.



Co-funded by  
the European Union



Velluti, A., Sanchis, V., Ramos, A.J., Turon, C., Marin, S. (2004). *Impact of essential oils on growth rate, zearalenone and deoxynivalenol production by Fusarium graminearum under different temperature and water activity conditions in maize grain. Journal of Applied Microbiology*, 96(4): 716–724.

Velluti, A., Sanchis, V., Ramos, Egido, J., Marin, S. (2003). *Inhibitory effect of cinnamon, clove, lemongrass, oregano and palmarose essential oils on growth and fumonisin B<sub>1</sub> production by Fusarium proliferatum in maize grain. International Journal of Food Microbiology*, 89, 145-154.

Wilkins, K.M., Board, R.G. (1989). *Natural antimicrobial systems. In: Gould, G.W. (ed.) Mechanisms of Action of Food Preservation Procedures. Elsevier, London*, 285-362.

Zhao, Y., Yang, Y.H., Ye, M., Wang, K.B., Fan, L.M., Su, F.W. (2021). *Chemical composition and antifungal activity of essential oil from Origanum vulgare against Botrytis cinerea. Food chemistry*, 365(2): 130506.



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

### **6.1. Introduzione**

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 combinazione di diversi fattori e metodologie. La produzione di materie prime vegetali è condizionata, sia quantitativamente che qualitativamente, da una serie di fattori: biologici, ecologici, tecnologici e socio-economici [Civitarese et al., 2023].

Le tecnologie di coltivazione delle piante medicinali e aromatiche sono determinate dalla specie e dal tipo di coltura (annuale, biennale e perenne), dall'organo vegetale raccolto (foglie, fiori, radici, ecc.) e dall'area di coltivazione (per le specie con grande plasticità ecologica) [Pecingină, 2020].

Per zonazione delle colture si intende la definizione delle loro zone di favore, basate sul confronto tra le condizioni naturali della rispettiva area e i requisiti biologici delle specie da coltivare.

L'ottimizzazione delle condizioni di crescita e sviluppo delle piante avviene in base ai requisiti biologici di temperatura, acqua, luce e suolo.

### **6.2. Elementi di tecnologia per la coltivazione di piante medicinali e aromatiche**

In Romania, la produzione di piante medicinali e aromatiche è regolata dalla Legge n. 491/2003 sulle piante medicinali e aromatiche, così come i prodotti dell'apicoltura. Il materiale vegetale può essere ottenuto da due fonti: coltivando piante medicinali e aromatiche e raccogliendo queste specie in natura.

La qualità della produzione di piante medicinali e aromatiche coltivate è determinata dai seguenti fattori: fattori biologici (certificazione biologica e valore



Co-funded by  
the European Union



qualitativo delle sementi e delle piantine); fattori ecologici (suolo e clima); e fattori tecnologici (rotazione e collocazione delle colture, fertilizzazione, lavorazioni del terreno, semina o impianto, lavori di manutenzione e raccolta) [Muntean et al., 2016].

*Fattori biologici.* Il contenuto di principi attivi delle piante medicinali e aromatiche è influenzato da: produzione ereditaria; requisiti di qualità della cultivar; valore culturale del materiale seminale.

*Fattori ecologici.* Oltre a una flora varia e ricca, il nostro Paese presenta un'ampia varietà di condizioni climatiche e pedologiche. La produttività delle piante officinali e aromatiche coltivate e la qualità della loro produzione sono condizionate da fattori biologici (valore biologico e culturale del materiale di semina); fattori ecologici (clima del suolo, orografia); zonizzazione ecologica delle piante e da fattori tecnologici: rotazione, concimazione, lavorazione del suolo, semina o impianto, lavorazione del suolo, raccolta e condizionamento della produzione [Liu et al., 2015].

*Temperatura.* Durante l'ontogenesi, i principali fenomeni biologici e fisiologici (assorbimento dell'acqua e dei nutrienti, loro velocità di movimento, reazioni chimiche, crescita e sviluppo della pianta) avvengono in condizioni ottimali a una certa temperatura - l'“optimum armonico” - che si differenzia a seconda delle specie [Wróbel et al., 2020].

*Luce.* La luce svolge un ruolo speciale nella vita delle piante. Attraverso la luce, l'energia del Sole 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 et al., 2020].

Le principali fasi tecnologiche della coltivazione di piante medicinali e aromatiche comprendono:

- **Rotazione delle colture**
- **Fertilizzazione**
- **Lavori al suolo**
- **Materiale biologico (semi e materiale di piantagione)**



Co-funded by  
the European Union



- **Lavori di manutenzione (controllo delle erbe infestanti, delle malattie e dei parassiti e irrigazione)**
- **Raccolta e condizionamento**

Per sviluppare la tecnologia di coltivazione delle piante medicinali e aromatiche, ci affidiamo alla conoscenza delle misure agrotecniche e fitosanitarie per garantire una produzione economica efficiente e di qualità.

### **Rotazione delle colture**

Un ruolo essenziale nella corretta zonizzazione delle piante medicinali è l'istituzione delle colture in rotazione e il loro avvicendamento, che rappresenta l'ordine (successione) di coltivazione delle piante nel tempo sulla stessa superficie. L'osservanza della rotazione delle colture è molto importante per interrompere il ciclo biologico e la diffusione di parassiti e malattie. Essa considera la durata del ciclo vegetativo (colture annuali, biennali e perenni), il periodo di semina o di impianto (primavera, estate o autunno) e l'organo o la parte di coltura utilizzata.

La pianta precedente deve soddisfare determinate condizioni dal punto di vista della rotazione, quali:

- Le piante medicinali e aromatiche con semi piccoli e crescita lenta nelle prime fasi di vegetazione dovrebbero essere coltivate dopo le piante che lasciano il terreno molto pulito dalle erbacce.
- Contengono quantità ottimali di sostanze nutritive.
- Liberare precocemente il terreno per una buona preparazione del suolo fino alla semina o alla messa a dimora, mentre le piante perenni sono coltivate al di fuori della rotazione.

Le specie della stessa famiglia botanica delle piante precedenti non sono consigliate a causa di malattie e parassiti comuni.



### ***Fertilizzazione***

La crescita e lo sviluppo delle piante sono influenzati dalla somministrazione di fertilizzanti. L'apporto di sostanze nutritive è necessario a seconda delle fasi di crescita delle piante per stimolare una crescita equilibrata della massa vegetativa con il contenuto di principi attivi. Nella concimazione razionale, si considerano: le riserve di nutrienti esistenti nel terreno e la garanzia di un rapporto ottimale di nutrienti in base al consumo specifico di ogni specie. Gli studi sul consumo specifico di nutrienti mostrano che le specie coltivate per herba o folia richiedono più azoto, quelle per flores et fructus più fosforo e quelle per radix et rhizoma più potassio. I risultati della ricerca evidenziano il contributo dei microelementi per quanto riguarda l'aumento della produzione di massa delle piante e la qualità dei principi attivi.

### ***Lavori sul suolo***

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

La tessitura del suolo, cioè la sua composizione granulometrica, influenza lo sviluppo e la capacità di assorbimento dell'apparato 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, in quanto influenza 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 le carenze per le quali le piante hanno determinati requisiti: le specie a bassa e bassissima allegazione vengono seminate poco profonde, e nel suolo deve essere assicurato un rapporto favorevole tra il regime acqua-aria e un adeguato apporto di nutrienti [Liu et al., 2021].

Le lavorazioni del suolo comprendono operazioni eseguite con varie macchine e attrezzature sul terreno, finalizzate ad allentare, sminuzzare, livellare il terreno, incorporare fertilizzanti e modifiche e combattere con metodi preventivi le erbe infestanti, le malattie e i parassiti delle colture di piante medicinali e aromatiche. Questi lavori vengono eseguiti in modo diverso per ogni specie.



Un contributo significativo delle lavorazioni del suolo è che la semina o la piantagione avverrà in condizioni adeguate e le piante avranno condizioni di crescita e sviluppo ottimali, con il risultato di un raccolto buono e di qualità.

### ***Materiale biologico (semi e materiale di piantagione)***

Deve soddisfare gli standard di germinazione, purezza, composizione botanica e stato sanitario. Deve provenire dal raccolto precedente, poiché la capacità germinativa si perde rapidamente. La quantità di semi viene determinata in base alla densità del raccolto, al peso di mille semi (TSW), alla purezza e alla germinazione dei semi. Per la propagazione tramite piantine o talee, è necessario rispettare gli indici di qualità, assicurandosi che siano sane, rispettando le distanze, le densità e le profondità di impianto specifiche per la coltura. L'irrigazione subito dopo il trapianto è essenziale per il successo della sopravvivenza delle piante.

L'acqua influenza la quantità e la qualità della produzione vegetale, nel senso che tutti i processi biochimici e fisiologici vitali consumati nel corpo vegetale avvengono in presenza di acqua. L'importanza dell'acqua risiede in: (i) costituisce la soluzione del suolo; (ii) trasporta sostanze minerali e sintetiche nella pianta; (iii) grazie ai suoi componenti - ossigeno e idrogeno - partecipa in egual misura con l'anidride carbonica al processo di assimilazione della clorofilla (sintesi della materia organica); (iv) è il mezzo delle reazioni di ossidazione e riduzione; (v) facilita l'assorbimento e la circolazione attraverso i vasi; (vi) mantiene la tensione cellulare; (vii) rilascia o assorbe energia e regola la temperatura dei tessuti attraverso la traspirazione e l'evaporazione [Herzog et al., 2021].

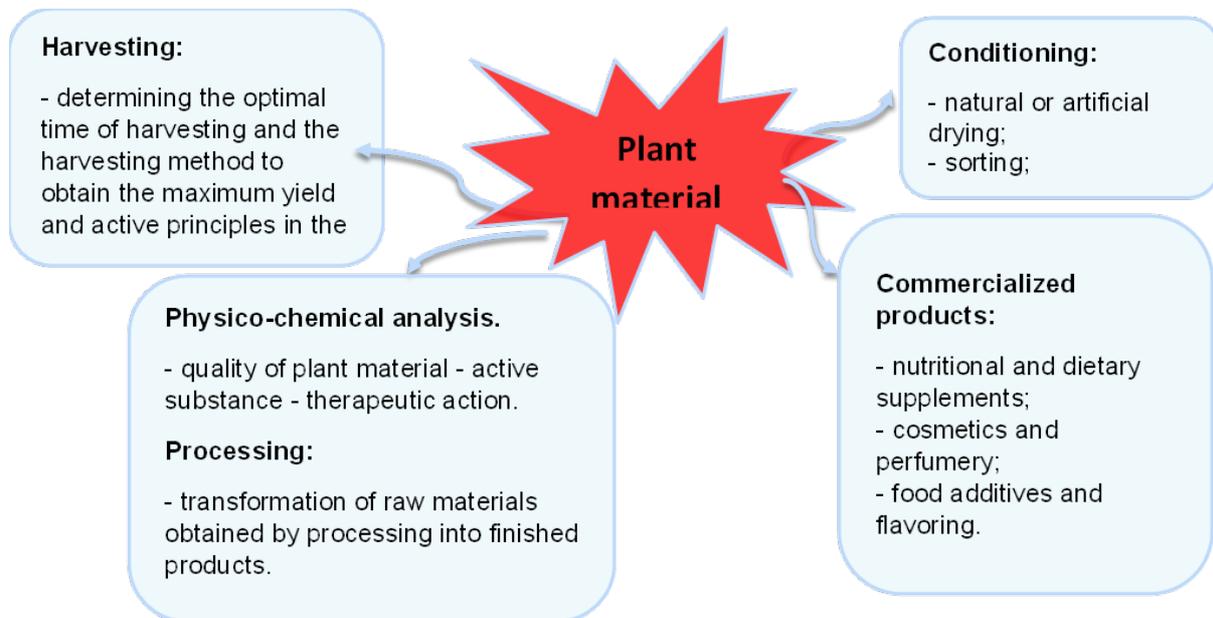
### ***Maintenance Works***

Weed control is achieved through a series of measures integrating preventive, curative, and biological measures.

In the Figure 6.1, the steps are presented to ensure the quality of plant material and maintain active principles to ensure high-quality raw material. For the therapeutic use of plant material, two stages are important: the optimal harvesting moment and the



harvesting method, ensuring the content of active principles in the parts of the plant to be utilized.



**Figure 6.1. Flow of operations in the process of obtaining plant material.**

The optimal harvesting moment must be chosen to ensure the plant material contains the maximum amount of active principles; rules are very strict, possibly expressed in terms of calendar, seasons, and even month, vegetation phenophase, or even the specific time of day for harvesting. Meteorological conditions, which affect the initiation of the harvesting operation, are decisive for the harvesting moment. Generally, medicinal and aromatic plants should be harvested in dry weather, in the morning after the dew has lifted, or in the afternoon until sunset. Medicinal plants containing volatile oils should be harvested particularly in the morning before sunrise.

The harvesting method refers to the harvesting action itself, which can be mechanical or manual, aiming to preserve the maximum active principles in the collected material. Additionally, for the protection of medicinal and aromatic plants and ensuring species perpetuation, specific important rules must be observed for perennial species harvesting for subsequent years. Harvesting is done differently depending on the species, the part of the plant used, and the season.



### 6.3. Harvest, yield and processing

Harvesting medicinal and aromatic crops is a critical step in the cultivation process to ensure the plants are at their peak of potency and that essential oils and medicinal compounds are preserved. The timing and techniques for harvesting can vary depending on the plant species and the part of the plant being collected (e.g., leaves, flowers, roots, seeds).

The harvest timing can vary by species and by the plant part to be harvested. Generally, herbs are harvested when they are in full bloom but before they start to set seed, as this is when essential oil content is often highest. Sharp tools like pruners and shears are used to minimize damage during harvest. Harvesting is usually done during dry conditions as wet plants can mould or rot during drying process.

Processing medicinal and aromatic crops is a critical step to extract, preserve, and prepare the valuable compounds within these plants for various uses, including herbal remedies, essential oils, teas, culinary applications, and more. The specific processing methods can vary widely based on the plant species and the desired end product [Vasanthkumar et al., 2023].

After processing, the dried or processed materials should be stored in airtight containers, away from direct light, moisture, and temperature fluctuations.

In summary, the prosperous cultivation of medicinal plants necessitates meticulous deliberation of agrotechnical parameters, encompassing soil attributes, climatic conditions, and solar exposure. The implementation of appropriate cultivation techniques, encompassing judicious seed selection, organic methodologies, and adept pest control strategies, stands as pivotal determinants of plant vitality. Timely harvest, accompanied by prudent drying and processing techniques, serves to perpetuate the medicinal attributes. Furthermore, diligent storage practices, in conjunction with precise labeling, are imperative for the sustenance of medicinal plant quality, thereby catering to a spectrum of applications, encompassing herbal medicine and pharmaceuticals.

Recent advancements in medicinal and aromatic crops are transforming the way we view and use these plants. These innovations include sustainable cultivation, genetic improvement, and research into their medicinal properties. As the world



prioritizes sustainability and health, these crops are poised to play a pivotal role in various industries, including agriculture and medicine.

The future holds great promise for these versatile and valuable plants, with precision breeding and genomic research opening up new possibilities in healthcare, agriculture, and the culinary world.

## References

- \*\*\*<https://www.madr.ro/> Law No. 491/2003 regarding Medicinal and Aromatic Plants/  
Civitaresse, V., Acampora, A., Sperandio, G., Bassotti, B., Latterini, F., Picchio, R. (2023). *A Comparison of the Qualitative Characteristics of Pellets Made from Different Types of Raw Materials. Forests*, 14(10), 2025.
- Herzog, J., Wendel, R., Weidler, P.G., Wilhelm, M., Rosenberg, P., Henning, F. (2021). *Moisture Adsorption and Desorption Behavior of Raw Materials for the T-RTM Process. Journal of Composites Science*, 5(1), 12.
- Kubica, P., Szopa, A., Prokopiuk, B., Komsta, Ł., Pawłowska, B., Ekiert, H. (2020). *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.*, 203, 111768.
- Muntean, L.S., et al. (2016). *Tratat de plante medicinale cultivate si spontane. Ed. Risoprint, Cluj-Napoca.*
- Liu, S., Qin, T., Dong, B., Shi, X., Lv, Z., Zhang, G. (2021). *The Influence of Climate, Soil Properties and Vegetation on Soil Nitrogen in Sloping Farmland. Sustainability*, 13(3), 1480.
- Liu, W., Liu, J., Yin, D., Zhao, X. (2015). *Influence of ecological factors on the production of active substances in the anti-cancer plant Sinopodophyllum hexandrum (Royle) T.S. Ying. PLoS One*, 10(4), e0122981.
- Pecingină, I.R. (2020). *Aspects regarding the cultivation and use of aromatic plants in food. Annals of the „Constantin Brancusi” University of Targu Jiu, Engineering Series*, 4.



Co-funded by  
the European Union



Vasanthkumar, S.S., Pooja, U.K., Priya, L., Kumaresan, M., Rubika, R., Gowshika, R. (2023). *Recent advances in medicinal and aromatic crops. Horticulture Science*, 2. ISBN 978-81-19821-12-9.

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



Co-funded by  
the European Union



## **Capitolo 7. Piante medicinali di provata efficacia contro ceppi batterici patogeni per uso medico (Obistioiu D, Pop G, Voica D, Avram D)**

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

Le piante e altre fonti naturali possono fornire molti composti strutturalmente diversi e complessi. Estratti di piante e oli essenziali con proprietà antimicotiche, 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 antisetliche, antibatteriche, antivirali, antiossidanti, antiparassitarie, antimicotiche e insetticide. Gli oli essenziali (EO) possono quindi essere un potente strumento per combattere i microrganismi resistenti [Chouhan et al., 2017; Duque-Soto et al., 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 maggior parte dei composti [Chouhan et al., 2017].

Nel prossimo futuro saranno trascorsi cento anni dalla scoperta della penicillina da parte di Alexander Fleming. Da allora, gli antibiotici hanno dimostrato un valore incalcolabile in termini di benefici sia mentali che materiali, svolgendo un ruolo fondamentale nel salvare innumerevoli vite. Tuttavia, l'avvento dell'era antibiotica è stato accompagnato dall'emergere di una nuova minaccia, la resistenza antimicrobica. Attualmente si è arrivati a un punto in cui il completamento del centenario dell'era antibiotica è limitato [Rahman and Sarker, 2020].



Co-funded by  
the European Union



Il ruolo attuale degli scienziati di tutto il mondo è quello di affrontare la sfida di scoprire nuove fonti di farmaci antimicrobici efficaci o di progettarli e sintetizzarli. Nel corso della storia, le piante medicinali sono state una fonte preziosa di molecole con potenziale terapeutico. La medicina popolare di diverse civiltà si è storicamente basata su prodotti naturali e attualmente le piante medicinali rimangono una fonte importante per identificare nuove fonti di farmaci [Atanasov et al., 2015].

Le piante medicinali forniscono una riserva quasi illimitata di composti bioattivi e la loro applicazione come agenti antimicrobici è stata utilizzata in vari modi. Gli agenti antimicrobici naturali possono agire indipendentemente o insieme agli antibiotici per aumentare l'efficacia contro un ampio spettro di microbi [Fazly Bazzaz et al., 2016].

I composti antimicrobici derivati dalle piante medicinali hanno il potenziale di inibire la crescita di batteri, funghi, virus e protozoi attraverso meccanismi diversi da quelli degli antimicrobici attualmente utilizzati. Ciò può conferire un valore clinico significativo nel trattamento di ceppi microbici resistenti. Alcuni di questi composti attivi dimostrano sia un'attività antibatterica intrinseca sia un'attività di modifica della resistenza agli antibiotici. Altri, pur non essendo efficaci come antibiotici a sé stanti, possono aiutare a superare la resistenza agli antibiotici se combinati con questi ultimi. La complessità chimica di questi composti suggerisce un potenziale terapeutico promettente, in quanto potrebbero presentare meno effetti collaterali e una minore probabilità di sviluppare resistenza rispetto ai farmaci di sintesi [Ruddaraju et al., 2020].

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

La composizione, i gruppi funzionali dei componenti attivi e le loro interazioni sinergiche determinano l'attività antimicrobica. Il meccanismo d'azione antimicrobica



varia a seconda del tipo di prodotto naturale o del ceppo di microrganismo. 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 densa da resistere alle piccole molecole degli antimicrobici, facilitando così il loro accesso attraverso la membrana cellulare. Grazie alle estremità lipofile dell'acido lipoteico nella membrana cellulare, i batteri Gram-positivi possono anche facilitare la penetrazione di composti idrofobici di EO [Chouhan et al., 2017; Balouiri et al., 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 altera l'integrità strutturale della membrana cellulare e può essere dannoso, alterando il metabolismo cellulare e causando la mortalità delle cellule [Basavegowda e Baek, 2022]. L'interazione tra gli antimicrobici in una miscela può avere tre risultati distinti: sinergico, additivo o antagonistico [Chouhan et al., 2017; Yang et al., 2022; Zhang et al., 2017].

A causa dell'aumento dei batteri resistenti agli antibiotici e della scarsità di nuovi antibiotici sul mercato, è necessario sviluppare strategie alternative per trattare le infezioni causate dall'azione di diversi batteri resistenti ai farmaci. Tra le strategie proposte vi sono la creazione di alternative agli antibiotici e la scoperta o lo sviluppo di coadiuvanti. La combinazione di antibiotici con farmaci non antibiotici è una possibilità. Gli antibiotici possono anche essere combinati con coadiuvanti o agenti antimicrobici selezionati tra i composti bioattivi presenti in natura [Balouiri et al., 2016].

La famiglia delle Lamiaceae, o menta, comprende 236 generi e oltre 7.000 specie, che la rendono la più grande famiglia dell'ordine delle Lamiales. Questa famiglia è distribuita in tutto il mondo e molte specie sono coltivate per le loro foglie aromatiche e i loro fiori attraenti. Le Lamiaceae sono particolarmente apprezzate dagli esseri umani per le erbe che forniscono sapore, profumo o benefici medicinali. La maggior parte dei membri della famiglia sono erbe perenni o annuali con steli squadrati, anche se alcuni sono arbusti o subarbusti legnosi. In genere, le foglie sono



semplici, disposte in modo opposto, profumate e contengono oli volatili. I fiori si formano generalmente in grappoli, con corolle tubolari a due labbra e bocca aperta (petali fusi) e calici campanulati a cinque lobi (sepalii fusi). Il frutto è solitamente una nocciola secca [<https://www.britannica.com/plant/Lamiaceae>, accessed on 2024].

### ***Origanum vulgare (origano)***

È una pianta aromatica diffusa in Asia, Europa e Nord Africa. Tradizionalmente, l'origano è usato per trattare problemi respiratori, disturbi digestivi, condizioni dermatologiche e vari altri disturbi infiammatori e infettivi. Gli oli essenziali di origano hanno mostrato MIC (Concentrazioni Minime Inibitorie) che vanno da 0,03 a 100 µg/mL contro *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Escherichia coli*, e *Acinetobacter baumannii* [Thielmann et al., 2019; Lu et al., 2018].

### ***Thymus vulgaris (timo)***

Il timo è un arbusto aromatico originario della regione mediterranea. Le sue parti aeree sono tradizionalmente utilizzate come antielmintico, antispasmodico e carminativo nei disturbi digestivi, oltre che per problemi respiratori come tosse, bronchite, laringite e mal di gola. Gli oli essenziali di timo hanno mostrato concentrazioni minime inibitorie (MIC) che vanno da 512 a 1024 µg/mL contro *Haemophilus influenzae*, *Staphylococcus aureus* e *Streptococcus pyogenes*. I principali costituenti dell'olio essenziale di timo sono composti monoterpenici come il carvacolo, il timolo, il γ-terpinene e il p-cimene, che agiscono sinergicamente per aumentarne l'efficacia antimicrobica [Antih et al., 2021].

### ***Rosmarinus officinalis (rosmarino)***

Il rosmarino è un arbusto originario della regione mediterranea, coltivato come pianta aromatica ornamentale. Le foglie di rosmarino hanno molti usi tradizionali basati sulla loro azione antibatterica, carminativa, antispasmodica e coleretica. È stato anche segnalato il trattamento delle infezioni del tratto urinario, della leishmaniosi e di altre



infezioni microbiche e infiammazioni. L'olio essenziale, ottenuto dalle parti aeree, ha mostrato MIC che vanno da 0,3 a 1,72  $\mu\text{g/mL}$  per *Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *Bacillus pumilis*, *Salmonella poona*, *S. aureus* ed *E. coli*, e da 7,03 a 450  $\mu\text{g/mL}$  per *L. monocytogenes*, *P. aeruginosa* [Santos et al., 2017; Hussain et al., 2010]. Limonene, canfora, eucaliptolo,  $\alpha$ -pinene, ossido di Z-linalolo e borneolo sono tra i principali costituenti dell'olio essenziale di rosmarino, composti responsabili della sua attività antibatterica. Gli estratti etanolic di rosmarino hanno inoltre dimostrato MIC comprese tra 4,10 e 8,10  $\mu\text{g/mL}$  contro *Staphylococcus aureus*, *E. coli* e *Salmonella sp* [Manilal et al., 2021].

### ***Mentha x piperita (menta piperita)***

Si tratta di un ibrido di *Mentha spicata* L. (mentuccia) e *Mentha aquatica* L. (menta acquatica). La *M. x piperita* è originaria della regione mediterranea e viene coltivata in tutto il mondo. Tradizionalmente è stata utilizzata per trattare un'ampia gamma di disturbi, tra cui irritazioni cutanee, scottature, mal di gola, febbre, dolori muscolari, congestione nasale, indigestione e malattie infettive. Gli oli essenziali derivati dalla menta piperita hanno mostrato attività antimicrobiche, antimalariche e antigardiane in vitro. Hanno mostrato concentrazioni minime inibitorie (MIC) comprese tra 0,5 e 8  $\mu\text{g/mL}$  contro *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae*, *P. aeruginosa*, *E. coli*, *Salmonella typhi* e *Klebsiella pneumoniae* [Abolfazl et al., 2021]. I monoterpeni come il mentolo e il mentone sono stati indicati come responsabili dell'attività antibatterica. Uno studio in vivo ha dimostrato che gli unguenti a base di olio essenziale di menta piperita hanno migliorato il processo di guarigione in un modello di ferita infettata da *S. aureus* e *P. aeruginosa* [Modarresi et al., 2019].

### ***Salvia officinalis L. (salvia)***

La salvia è una pianta aromatica originaria delle regioni del Mediterraneo e del Medio Oriente, ma è stata naturalizzata in tutto il mondo. Nella medicina tradizionale, la salvia officinalis è usata per trattare vari disturbi, tra cui ulcere, gotta, reumatismi, infiammazioni, vertigini, tremori, paralisi, diarrea e iperglicemia. Gli oli essenziali di salvia hanno mostrato concentrazioni minime inibitorie (MIC) che vanno da 7,08 a 450



$\mu\text{g/mL}$  contro *Y. lipolytica*, *L. monocytogenes* e *P. aeruginosa*. Gli estratti di etanolo hanno mostrato MIC di  $62,5 \mu\text{g/mL}$  contro *Streptococcus pyogenes* [Wijesundara and Rupasinghe, 2019]. L'ossido di Z-linalolo, il limonene, la canfora, l' $\alpha$ -pinene e il borneolo sono i principali costituenti responsabili dell'attività antibatterica dell'olio essenziale, mentre l'acido rosmarinico, la quercetina, l'acido ellagico, l'acido ursolico, l'epigallocatechina gallato e l'acido clorogenico potrebbero essere coinvolti nell'attività antibatterica dell'estratto alcolico.

### ***Ocimum basilicum* (basilico)**

Questa pianta annuale, originaria dell'Africa e dell'Asia tropicale, è coltivata in tutto il mondo. Tradizionalmente, la pianta viene utilizzata per trattare mal di testa, tosse, diarrea, verruche e disturbi digestivi. L'olio essenziale ottenuto dalle parti aeree ha mostrato valori di MIC che vanno da  $0,023$  a  $0,047 \text{ mg/mL}$  contro *Vibrio* spp. [Snoussi et al., 2016], mentre il suo estratto etanolicamente ha mostrato valori di MIC che vanno da  $0,06$  a  $2,2 \text{ mg/mL}$  contro *B. subtilis*, *S. aureus* and *E. coli* [Adigüzel et al., 2005]. I principali costituenti dell'olio essenziale di basilico sono il linalolo e l'estragolo. Altri composti rilevati in concentrazioni relativamente basse sono l'eucaliptolo, il metilcinnamato, il mentone, l'1,8-cineolo, l'eugenolo, il borneolo, la canfora e il germacrene. Il costituente principale, il linalolo, è ritenuto il principale responsabile dell'attività antibatterica dell'olio essenziale. Le variazioni stagionali della sua concentrazione possono portare a una riduzione degli effetti antibatterici durante l'estate [Snoussi et al., 2016].

### ***Matricaria chamomilla* (camomilla)**

È una pianta originaria dell'Europa meridionale e orientale. Tradizionalmente viene utilizzata per trattare tosse, dolori mestruali e gastrointestinali, reumatismi, eczemi, irritazioni cutanee, gengiviti e infiammazioni oculari. L'estratto etanolicamente di camomilla ha mostrato MIC che variano da  $9,75$  a  $156,25 \mu\text{g/mL}$  contro *S. aureus*, *B. subtilis*, *E. coli*, *K. pneumoniae*, *Proteus mirabilis* e *P. vulgaris* [Cvetanović et al., 2019]. L' $\alpha$ -bisabololo potrebbe essere coinvolto nell'attività antibatterica osservata. In un modello murino, le formulazioni topiche con *M. chamomilla* hanno dimostrato una guarigione più rapida delle ferite rispetto ai corticosteroidi applicati alle ulcere della



Co-funded by  
the European Union



lingua [Martins et al., 2009]. In studi clinici, un collutorio a base di camomilla selvatica somministrato a un paziente con mucosite orale indotta da metotrexato ha curato con successo il paziente in 4 settimane [Mazokopakis et al., 2005], e l'efficacia di *M. chamomilla* sulla mucosite orale indotta dalla terapia antitumorale è stata confermata in uno studio clinico che ha valutato 98 casi di tumori della testa e del collo. I risultati hanno suggerito che il trattamento della mucosite è stato accelerato da sciacqui orali con preparati a base di camomilla [Petronilho et al., 2012].

Le piante e i loro prodotti naturali offrono una fonte promettente di agenti antibatterici e ulteriori indagini in quest'area rappresentano una strada produttiva per la ricerca. Una delle sfide future per le sostanze fitochimiche è lo sviluppo di metodi e forme di somministrazione efficaci in grado di veicolare il principio attivo, il composto antimicrobico, nel sito bersaglio delle infezioni sistemiche.

È fondamentale riconoscere che l'efficacia delle piante medicinali può essere variabile in base a fattori quali la modalità di preparazione della pianta, la concentrazione e il particolare ceppo batterico in esame. Inoltre, nonostante gli attributi antibatterici dimostrati di questi agenti botanici, essi non possono invariabilmente servire come sostituto unico degli agenti antibiotici convenzionali. Spesso vengono impiegati in combinazione con interventi medici complementari o come misure profilattiche volte a rafforzare la salute generale.

Prima di utilizzare le piante medicinali a scopo terapeutico, è necessario rivolgersi a un medico per accertarne l'applicazione sicura ed efficace, soprattutto in caso di gravi infezioni batteriche.

## Bibliografia

- Abolfazl, M., Hadi, A., Frhad, M., Hossein, N. (2021). *In vitro antibacterial activity and phytochemical analysis of some medicinal plants. J. Med. Plants Res.*, 8, 186–194.
- Adigüzel, A., Güllüce, M., Şengül, M., Öğütcü, H., Şahin, F., & Karaman, I. (2005). *Antimicrobial effects of Ocimum basilicum (Labiatae) extract. Turkish Journal of Biology*, 29(3), 155-160.



Antih, J., Houdkova, M., Urbanova, K., & Kokoska, L. (2021). *Antibacterial Activity of Thymus vulgaris L. Essential Oil Vapours and Their GC/MS Analysis Using Solid-Phase Microextraction and Syringe Headspace Sampling Techniques*. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 26(21), 6553.

Atanasov, A. G., Waltenberger, B., Pferschy-Wenzig, E. M., Linder, T., Wawrosch, C., Uhrin, P., Temml, V., Wang, L., Schwaiger, S., Heiss, E. H., Rollinger, J. M., Schuster, D., Breuss, J. M., Bochkov, V., Mihovilovic, M. D., Kopp, B., Bauer, R., Dirsch, V. M., & Stuppner, H. (2015). *Discovery and resupply of pharmacologically active plant-derived natural products: A review*. *Biotechnology advances*, 33(8), 1582–1614.

<https://www.britannica.com/plant/Lamiaceae> (accessed on July 19, 2024)

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

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

Chouhan, S., Sharma, K., Guleria, S. (2017). *Antimicrobial Activity of Some Essential Oils-Present Status and Future Perspectives*. *Medicines (Basel)*, 4(3), 58.

Cvetanović, A., Zeković, Z., Zengin, G., Mašković, P., Petronijević, M., & Radojković, M. (2019). *Multidirectional approaches on autofermented chamomile ligulate flowers: Antioxidant, antimicrobial, cytotoxic and enzyme inhibitory effects*. *South African Journal of Botany*, 120, 112-118.

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

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



- Fazly Bazzaz, B.S., Sarabandi, S., Khameneh, B., & Hosseinzadeh, H. (2016). *Effect of Catechins, Green tea Extract and Methylxanthines in Combination with Gentamicin Against Staphylococcus aureus and Pseudomonas aeruginosa: - Combination therapy against resistant bacteria. Journal of pharmacopuncture*, 19(4), 312–318.
- Hussain, A.I., Anwar, F., Chatha, S.A., Jabbar, A., Mahboob, S., Nigam, P.S. (2010). *Rosmarinus officinalis essential oil: antiproliferative, antioxidant and antibacterial activities. Braz J Microbiol.*, 41(4), 1070-1078.
- Lu, M., Dai, T., Murray, C. K., & Wu, M. X. (2018). *Bactericidal Property of Oregano Oil Against Multidrug-Resistant Clinical Isolates. Frontiers in microbiology*, 9, 2329.
- Manilal, A., Sabu, K. R., Woldemariam, M., Aklilu, A., Biresaw, G., Yohanes, T., Seid, M., & Merdekios, B. (2021). *Antibacterial Activity of Rosmarinus officinalis against Multidrug-Resistant Clinical Isolates and Meat-Borne Pathogens. Evidence-based complementary and alternative medicine: eCAM*, 6677420.
- Martins, M.D., Marques, M.M., Bussadori, S.K., Martins, M.A., Pavesi, V.C. (2009). Mesquita-Ferrari, R. A., & Fernandes, K. P. *Comparative analysis between Chamomilla recutita and corticosteroids on wound healing. An in vitro and in vivo study. Phytother Res*, 23(2), 274-278. doi:10.1002/ptr.2612
- Mazokopakis, E.E., Vrentzos, G.E., Papadakis, J.A., Babalis, D.E., Ganotakis, E.S. (2005). *Wild chamomile (Matricaria recutita L.) mouthwashes in methotrexate-induced oral mucositis. Phytomedicine*, 12(1-2), 25-27.
- Modarresi, M., Farahpour, M.R., Baradaran, B. (2019). Topical application of Mentha piperita essential oil accelerates wound healing in infected mice model. *Inflammopharmacology*, 27(3), 531-537.
- Petronilho, S., Maraschin, M., Coimbra, M. A., & Rocha, S. M. (2012). *In vitro and in vivo studies of natural products: A challenge for their valuation. The case study of chamomile (Matricaria recutita L.). Industrial Crops and Products*, 40, 1-12.
- Rahman, M., & Sarker, S. D. (2020). *Chapter Three - Antimicrobial natural products. In S. D. Sarker & L. Nahar (Eds.), Annual Reports in Medicinal Chemistry, Academic Press*, 55, 77-113.



- Ruddaraju, L. K., Pammi, S. V. N., Guntuku, G. S., Padavala, V. S., & Kolapalli, V. R. M. (2020). *A review on anti-bacterials to combat resistance: From ancient era of plants and metals to present and future perspectives of green nano technological combinations. Asian journal of pharmaceutical sciences*, 15(1), 42–59.
- Safaei-Ghomi, J., Ahd, A.A. (2010). *Antimicrobial and antifungal properties of the essential oil and methanol extracts of Eucalyptus largiflorens and Eucalyptus intertexta. Pharmacogn Mag.*, 6(23), 172-5.
- Santos, M.I.S., Martins, S.R., Veríssimo, C.S.C., Nunes, M.J.C., Lima, A.I.G., Ferreira, R.M.S.B., Pedroso, L., Sousa, I., & Ferreira, M.A.S.S. (2017). *Essential oils as antibacterial agents against food-borne pathogens: Are they really as useful as they are claimed to be? Journal of food science and technology*, 54(13), 4344–4352.
- Snoussi, M., Dehmani, A., Noumi, E., Flamini, G., & Papetti, A. (2016). *Chemical composition and antibiofilm activity of Petroselinum crispum and Ocimum basilicum essential oils against Vibrio spp. strains. Microbial Pathogenesis*, 90, 13-21.
- Thielmann, J., Muranyi, P., Kazman, P. (2019). *Screening essential oils for their antimicrobial activities against the foodborne pathogenic bacteria Escherichia coli and Staphylococcus aureus. Heliyon*, 5(6), e01860.
- Wijesundara, N.M., Rupasinghe, H.P.V. (2019). *Bactericidal and Anti-Biofilm Activity of Ethanol Extracts Derived from Selected Medicinal Plants against Streptococcus pyogenes. Molecules*, 24(6), 1165.
- Yang, D.D., Paterna, N.J., Senetra, A.S., Casey, K.R., Trieu, P.D., Caputo, G.A., Vaden, T.D., Carone, B.R. (2020). *Synergistic interactions of ionic liquids and antimicrobials improve drug efficacy. iScience*, 24(1), 101853.
- Zhang, J., Ye, K.P., Zhang, X., Pan, D.D., Sun, Y.Y., Cao, J.X. (2017). *Antibacterial Activity and Mechanism of Action of Black Pepper Essential Oil on Meat-Borne Escherichia coli. Front Microbiol.*, 7, 2094.



## **Capitolo 8. Attività delle piante medicinali contro i batteri patogeni prevalenti nell'industria alimentare (Negrea M, Cocan I, Alexa E, Obistioiu D, Voica D, Avram D)**

La sicurezza alimentare è un problema mondiale con importanti conseguenze per la salute pubblica. Le cattive pratiche di manipolazione degli alimenti possono portare alla presenza di numerosi organismi patogeni. Gli agenti antimicrobici svolgono un ruolo fondamentale nel controllo di questi microbi e nella salvaguardia della sicurezza alimentare e della salute umana. La crescente preferenza per tecniche di conservazione degli alimenti naturali, sicure e sostenibili ha stimolato la ricerca sull'uso di antimicrobici di origine vegetale come sostituti dei conservanti sintetici. L'industria alimentare sta studiando strategie innovative che integrano diversi metodi fisici con vari antimicrobici naturali [Bouarab Chibane et al., 2019].

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

A seguito di queste preoccupazioni, è più che mai importante 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 et al., 2018].

Gli antimicrobici di origine vegetale costituiscono la categoria principale dei conservanti naturali e consistono in metaboliti secondari che colpiscono le cellule



microbiche. Diverse parti delle piante, tra cui semi, frutti, bucce, foglie e radici, sono ricche di questi antimicrobici.

Questi includono composti fenolici (come fenoli semplici, acidi fenolici, antociani, flavonoidi e chinoni), tannini, oli essenziali, terpenoidi, derivati dei glucosinolati, alcaloidi e tioli [McClements et al., 2021].

La maggior parte degli estratti vegetali è generalmente riconosciuta come sicura (GRAS) e ha ottenuto lo status di presunzione qualificata di sicurezza (QPS) negli Stati Uniti e nell'UE [Saeed et al., 2019].

Estratti o composti antimicrobici di origine vegetale, come l'estratto di bambù moso (Takeguard®) o una miscela di vari estratti antimicrobici naturali (Biovia™ YM10), tra cui l'estratto di tè verde, sono stati proposti come alternative ai conservanti chimici [Bouarab Chibane et al., 2019]. Inoltre, l'Autorità europea per la sicurezza alimentare (EFSA) ha approvato l'estratto di rosmarino (*Rosmarinus officinalis* L.), che possiede proprietà antimicrobiche, come additivo alimentare (E 392) [EFSA ANS Panel et al., 2018].

Tra le sfide che i produttori di pane devono affrontare vi è quella di prolungare la 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 di muffa. Il pane può essere utilizzato come alimento funzionale per incrementare efficacemente l'assunzione di erbe che promuovono la salute umana e prevengono le malattie, essendo uno degli alimenti più significativi e ampiamente consumati in tutto il mondo [Ibrahim et al., 2015].

Secondo il movimento del “ritorno alla natura”, l'uso di erbe naturali e piante medicinali nei pasti è visto come un'alternativa all'uso di sostanze chimiche di sintesi [Nieto, 2020].

Le erbe mediche sono utilizzate da migliaia di anni in cucina e sono poco costose, facilmente reperibili e salutari. Inoltre, poiché contengono sostanze fitochimiche vantaggiose, sono utilizzate in diverse formulazioni medicinali per curare e prevenire i disturbi. Inoltre, le erbe sono utilizzate nel settore alimentare come



antiossidanti naturali per prevenire l'ossidazione dei lipidi, migliorare il valore nutrizionale degli alimenti e dare sapore a una varietà di bevande [Lourenço et al., 2019].

Poiché le piante contengono una varietà di composti antimicotici vitali, come i composti fenolici, i glucosinolati, i glicosidi cianogenici, le ossilipine e gli alcaloidi, gli estratti vegetali sono stati studiati a fondo come bio-conservanti nei prodotti da forno [Axel et al., 2017]. Grazie al loro potenziale come conservanti alimentari naturali, agenti aromatizzanti e decontaminanti, gli oli essenziali vegetali stanno suscitando grande interesse nell'industria alimentare, poiché sono anche generalmente riconosciuti come sicuri (GRAS) [Colombo et al., 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 antimicotiche. Gli oli di timo, cannella e chiodi di garofano erano noti per inibire i funghi di deterioramento, mentre gli oli di arancia, salvia e rosmarino avevano solo un effetto trascurabile, secondo gli studi condotti in precedenza [Liu et al., 2017]. I ricercatori hanno riferito che gli oli di cannella, chiodi di garofano e cardamomo sono risultati in grado di sopprimere la crescita di microrganismi nei biscotti [Sulieman et al., 2023].

L'issopo è un'importante erba medicinale che viene utilizzata nelle miscele di tè per i suoi benefici antimicotici, antispasmodici e antitosse. Il suo olio essenziale è utilizzato nell'industria alimentare ed è ricco di pinocamphone, -pinene, mirtenolo, linalolo, metil eugenolo e limonene [Hatipoğlu et al., 2013].

Secondo gli studi condotti da Gavahian et al., una serie di oli essenziali, come timo, cannella, origano e citronella, possono bloccare lo sviluppo di germi pericolosi nei prodotti da forno, prolungandone la durata di conservazione e migliorandone la sicurezza [Gavahian 2020]. Il potenziale dell'olio essenziale di *Thymus vulgaris* è stato precedentemente studiato contro *Aspergillus*, *Penicillium*, *Ulocladium*, *Cladosporium*, *Trichoderma*, *Rhizopus*, *Chaetomium* e *Aspergillus niger*, dimostrando un'attività antifungina [Khalili et al., 2015].



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

Sebbene gli antimicrobici di origine vegetale presentino proprietà antimicrobiche intrinseche, il loro utilizzo nell'industria alimentare è limitato da diverse sfide sostanziali. Queste sfide comprendono aspetti quali l'instabilità chimica, la difficoltà di disperdere efficacemente questi agenti all'interno delle matrici alimentari, una gamma limitata di formulazioni disponibili in commercio e il potenziale di impartire profili aromatici indesiderati.

La stabilità degli antimicrobici di origine vegetale è spesso compromessa dalle condizioni prevalenti nella lavorazione o nella conservazione degli alimenti. La loro efficacia antimicrobica è influenzata da una serie di fattori, tra cui le fluttuazioni dei livelli di pH, le variazioni di temperatura e la concentrazione degli antimicrobici. Inoltre, l'incorporazione diretta di estratti vegetali nei prodotti alimentari comporta spesso alterazioni degli attributi sensoriali, come il sapore e la consistenza, che possono essere considerate indesiderabili. Inoltre, la biodisponibilità di questi composti di origine vegetale e il loro potenziale di miglioramento della sicurezza alimentare possono essere influenzati negativamente dalle interazioni con i macronutrienti e altri componenti alimentari. Di conseguenza, sono state proposte diverse tecniche di stabilizzazione per migliorare la stabilità complessiva di questi antimicrobici, facilitarne il rilascio durante la conservazione e mitigare gli effetti negativi sulle qualità sensoriali dei prodotti alimentari. Tra queste tecniche vi sono le nano-emulsioni (i), i metodi di incapsulamento (ii) e l'integrazione degli antimicrobici in sistemi di imballaggio attivi (iii).

L'applicazione di queste strategie di stabilizzazione può migliorare significativamente la stabilità dei composti bioattivi, aumentarne l'efficacia antimicrobica e ottenere un rilascio controllato durante la conservazione degli alimenti [McClements et al., 2021; Castro-Rosas et al., 2017; Pinto et al., 2021].

L'incapsulamento degli antimicrobici vegetali in sistemi di rilascio colloidali commestibili offre un modo promettente per aumentarne l'efficacia e ridurre al minimo le interazioni avverse con i componenti degli alimenti.



(i) Il sistema di somministrazione più utilizzato per questi antimicrobici è costituito dalle nanoemulsioni olio-in-acqua, che consistono in nanoparticelle lipidiche disperse in acqua. Queste nano-emulsioni possono essere create a partire da ingredienti alimentari, come emulsionanti di origine vegetale e vari stabilizzatori, utilizzando tecniche di lavorazione standard, come la miscelazione, la sonicazione e l'omogeneizzazione [McClements et al., 2021].

(ii) Nano-emulsioni di oli essenziali derivati da citronella, chiodi di garofano e timo create attraverso la microfluidificazione dell'emulsione primaria, con riduzione di *E. coli*. L'incorporazione di alginato nella fase acquosa facilita l'applicazione di queste nano-emulsioni nei materiali di rivestimento per frutta e verdura [Salvia-Trujillo et al., 2015].

È stata creata una nano-emulsione antibatterica a partire dall'estratto di semi di anice utilizzando la tecnica di emulsificazione a ultrasuoni. Questa nano-emulsione ha inibito efficacemente la crescita di *E. coli* e *Sal. typhimurium*, a differenza dell'estratto sfuso, che non ha avuto alcun impatto su questi batteri [Ghazy et al., 2021].

L'uso di nano-emulsioni, come quelle contenenti oli essenziali vegetali, per gestire gli agenti patogeni negli alimenti di origine vegetale si è dimostrato efficace. Ad esempio, una nano-emulsione di olio di origano a una concentrazione dello 0,1% ha ridotto con successo i livelli di *L. monocytogenes*, *Sal. typhimurium* ed *E. coli* sulla lattuga [Bhargava et al., 2015].

(ii) La nebulizzazione e l'incapsulamento sono metodi spesso utilizzati per migliorare la stabilità e l'efficacia degli antimicrobici di origine vegetale nei prodotti alimentari. L'essiccazione a spruzzo consiste nel nebulizzare una soluzione liquida o una sospensione in un flusso di aria calda, che fa evaporare rapidamente le goccioline e produce una polvere secca. Questa forma di polvere secca di antimicrobici vegetali è più stabile e più facile da gestire rispetto alla sua controparte liquida.

L'incapsulamento, invece, consiste nel racchiudere un antimicrobico naturale in una matrice protettiva, come un polimero o un lipide, per aumentarne la stabilità e la funzionalità.



Nella ricerca condotta da Chen et al. l'eugenolo e il timolo sono stati co-incapsulati in nano-capsule di zeina-caseina mediante essiccazione a spruzzo. Le polveri prodotte hanno mostrato proprietà favorevoli, tra cui una buona idratazione dell'acqua, stabilità durante lo stoccaggio, rilascio controllato nell'arco di 24 ore ed efficaci attività battericida e batteriostatica rispettivamente contro *E. coli* e *L. monocytogenes* nel siero di latte [Chen et al., 2015]. L'olio essenziale di timo, incapsulato mediante essiccazione a spruzzo con caseina e maltodestrina come materiali di parete, ha dimostrato effetti antibatterici contro coliformi termotolleranti ed *E. coli* in hamburger di carne [Radünz et al., 2020].

- (ii) L'imballaggio attivo prevede l'aggiunta intenzionale di sostanze specifiche al materiale di imballaggio o allo spazio di testa della confezione per migliorare la funzionalità del sistema di imballaggio. Questo tipo di imballaggio può contribuire a mantenere la qualità degli alimenti e a prolungare la durata di conservazione del prodotto consentendo l'interazione diretta tra l'alimento e gli agenti bioattivi appositamente inclusi nell'imballaggio. L'imballaggio antimicrobico è una forma specifica di imballaggio attivo la cui efficacia dipende in larga misura dalla velocità di migrazione delle molecole biologicamente attive incorporate nella matrice polimerica [Arruda et al., 2022].

(iii) I biopolimeri più comunemente utilizzati per incorporare gli antimicrobici vegetali sono il chitosano, l'amido, la carragenina, la cellulosa e l'alginato.

In relazione ai film attivi di chitosano, l'incorporazione dell'1% di polifenoli della buccia di mela nei film di chitosano ha migliorato la loro efficacia antibatterica contro *B. cereus*, *E. coli*, *Sal. typhimurium* e *S. aureus* [Riaz et al., 2018]. Inoltre, il rivestimento di cetrioli freschi con chitosano infuso con olio essenziale di origano ha ridotto il numero di batteri mesofili totali e di lieviti e muffe totali durante la conservazione a 10 °C per 15 giorni [Gutiérrez-Pacheco et al., 2020]. Inoltre, un film biocomposito a base di amido di manioca e proteine del siero di latte, caricato con estratto di buccia di rambutan e olio di chiodi di garofano, ha inibito leggermente *B. cereus*, *E. coli* e *S. aureus* in vitro e ha anche ridotto la conta vitale totale nei salami conservati per 10 giorni [Chollakup et al., 2020].



Gli antimicrobici vegetali hanno suscitato un notevole interesse come valide alternative ai conservanti sintetici nell'industria alimentare, offrendo vantaggi come una maggiore sicurezza, una più lunga durata di conservazione e una maggiore accettazione da parte dei consumatori. La ricerca in corso in questo campo continua a esaminare l'efficacia di diversi estratti e oli essenziali di origine vegetale contro i batteri patogeni in diverse matrici alimentari.

Poiché le preferenze dei consumatori tendono a una maggiore sicurezza alimentare e a una predilezione per le soluzioni naturali, è prevedibile che l'integrazione delle piante medicinali come conservanti alimentari naturali sia sempre più adottata nell'industria alimentare. Per ottimizzarne l'uso e potenziarne l'efficacia, è essenziale comprendere più a fondo il funzionamento di questi antimicrobici vegetali e delle loro combinazioni, in particolare per quanto riguarda il loro impatto a livello molecolare e cellulare sui microrganismi bersaglio.

## Bibliografia

- Arruda, T.R., Bernardes, P.C., e Moraes, A.R.F., Soares, N.D.F.F. (2022). *Natural bioactives in perspective: The future of active packaging based on essential oils and plant extracts themselves and those complexed by cyclodextrins*. *Food Res. Int.*, 156, 111160
- Axel, C., Zannini, E., Arendt, E.K. (2017). *Mold spoilage of bread and its biopreservation: A review of current strategies for bread shelf-life extension*. *Crit Rev Food Sci Nutr.*, 57(16), 3528-3542.
- Bhargava, K., Conti, D.S., da Rocha, S.R., Zhang, Y. (2015). *Application of an oregano oil nanoemulsion to the control of foodborne bacteria on fresh lettuce*. *Food Microbiol.*, 47, 69–73.
- Bouarab Chibane, L., Degraeve, P., Ferhout, H., Bouajila, J., Oulahal, N. (2019). *Plant antimicrobial polyphenols as potential natural food preservatives*. *J. Sci. Food Agric.*, 99, 1457–1474.



- Castro-Rosas, J., Ferreira-Grosso, C.R., Gómez-Aldapa, C.A., Rangel-Vargas, E., Rodríguez-Marín, M.L., Guzmán-Ortiz, F.A., Falfan-Cortes, R.N. (2017). *Recent advances in microencapsulation of natural sources of antimicrobial compounds used in food—A review. Food Res. Int.*, 102, 575–587
- Chen, H., Zhang, Y., Zhong, Q. (2015). *Physical and antimicrobial properties of spray-dried zein–casein nanocapsules with co-encapsulated eugenol and thymol. J. Food Eng.*, 144, 93–102
- Chollakup, R., Pongburoos, S., Boonsong, W., Khanonkon, N., Kongsin, K., Sothornvit, R., Sukyai, P., Sukatta, U., Harnkarnsujarit, N. (2020). *Antioxidant and antibacterial activities of cassava starch and whey protein blend films containing rambutan peel extract and cinnamon oil for active packaging. LWT*, 130, 109573.
- Colombo, F., Restani, P., Biella, S., Di Lorenzo, C. (2020). *Botanicals in Functional Foods and Food Supplements: Tradition, Efficacy and Regulatory Aspects. Applied Sciences.*, 10(7), 2387.
- EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources Added to Food (EFSA ANS Panel); Younes, M., Aggett, P., Aguilar, F., Crebelli, R., Dusemund, B., Filipič, M., Frutos, M.J., Galtier, P., Gott, D., et al. (2018). *Refined Exposure Assessment of Extracts of Rosemary (E 392) from Its Use as Food Additive. EFSA J.*, 16, e05373
- Gavahian, M., Chu, Y.H., Lorenzo, J.M., Mousavi Khaneghah, A., Barba, F.J. (2020). *Essential oils as natural preservatives for bakery products: Understanding the mechanisms of action, recent findings, and applications. Crit Rev Food Sci Nutr.*, 60(2), 310-321.
- Ghazy, O.A., Fouad, M.T., Saleh, H.H., Kholif, A.E., & Morsy, T.A. (2021). *Ultrasound-assisted preparation of anise extract nanoemulsion and its bioactivity against different pathogenic bacteria. Food chemistry*, 341(Pt 2), 128259.
- Gutiérrez-Pacheco, M.M., Ortega-Ramírez, L.A., Silva-Espinoza, B.A., Cruz-Valenzuela, M.R., González-Aguilar, G.A., Lizardi-Mendoza, J., Miranda, R., Ayala-Zavala, J.F. (2020). *Individual and combined coatings of chitosan and carnauba wax with oregano essential oil to avoid water loss and microbial decay of fresh cucumber. Coatings*, 10, 614



- Hatipoğlu, G., Sökmen, M., Bektaş, E., Daferera, D., Sökmen, A., Demir, E., Şahin, H. (2013). *Automated and standard extraction of antioxidant phenolic compounds of Hyssopus officinalis L. ssp. angustifolius*. *Ind. Crop. Prod.*, 43, 427–433.
- Ibrahim, U.K., Salleh, R.M., Maqsood-ul-Haque, S.N. (2015). *Bread towards functional food: an overview*. *International Journal of Food Engineering*, 1(1):39-43.
- Khalili, S.T., Mohsenifar, A., Beyki, M., Zhavah, S., Rahmani, T., Abdollahi, A., Tabatabaei, M. (2015). *Encapsulation of Thyme essential oils in chitosan-benzoic acid nanogel with enhanced antimicrobial activity against Aspergillus flavus*. *LWT-Food Science and Technology*, 60, 502-508.
- Liu, Q., Meng, X., Li, Y., Zhao, C.N., Tang, G.Y., Li, H.B. (2017). *Antibacterial and Antifungal Activities of Spices*. *Int J Mol Sci.*, 18(6), 1283.
- Lourenço, S.C., Moldão-Martins, M., Alves, V.D. (2019). *Antioxidants of Natural Plant Origins: From Sources to Food Industry Applications*. *Molecules*, 24(22), 4132.
- McClements, D.J., Das, A.K., Dhar, P., Nanda, P.K., Chatterjee, N. (2021). *Nanoemulsion-based technologies for delivering natural plant-based antimicrobials in foods*. *Front. Sustain. Food Syst.*, 5, 643208.
- Mostafa, A.A., Al-Askar, A.A., Almaary, K.S., Dawoud, T.M., Sholkamy, E.N., Bakri, M.M. (2018). *Antimicrobial activity of some plant extracts against bacterial strains causing food poisoning diseases*. *Saudi J Biol Sci.*, 25(2), 361-366.
- Nieto, G. (2020). *How Are Medicinal Plants Useful When Added to Foods?*. *Medicines (Basel)*, 7(9), 58.
- Pinto, L., Bonifacio, M.A., De Giglio, E., Santovito, E., Cometa, S., Bevilacqua, A., Baruzzi, F. (2021). *Biopolymer hybrid materials: Development, characterization, and food packaging applications*. *Food Packag. Shelf Life*, 28, 100676.
- Radünz, M., dos Santos Hackbart, H.C., Camargo, T.M., Nunes, C.F.P., de Barros, F.A.P., Dal Magro, J., Filho, P.J.S., Gandra, E.A., Radünz, A.L., da Rosa Zavareze, E. (2020). *Antimicrobial potential of spray drying encapsulated thyme (Thymus vulgaris) essential oil on the conservation of hamburger-like meat products*. *Int. J. Food Microbiol.*, 330, 108696.



Co-funded by  
the European Union



Riaz, A., Lei, S., Akhtar, H.M.S., Wan, P., Chen, D., Jabbar, S., Abid, M., Hashim, M.M., Zeng, X. (2018). *Preparation and characterization of chitosan-based antimicrobial active food packaging film incorporated with apple peel polyphenols*. *Int. J. Biol. Macromol.*, 114, 547–555.

Saeed, F., Afzaal, M., Tufail, T., Ahmad, A. (2019). *Use of natural antimicrobial agents: A safe preservation approach*. In *Active Antimicrobial Food Packaging; Var, I., Uzunlu, S., Eds.; IntechOpen: London, UK*, 18, 7–24.

Salvia-Trujillo, L., Rojas-Graü, A., Soliva-Fortuny, R., Martín-Belloso, O. (2015). *Physicochemical characterization and antimicrobial activity of food-grade emulsions and nanoemulsions incorporating essential oils*. *Food Hydrocoll.*, 43, 547–556.

Suliman, A.M.E., Abdallah, E.M., Alanazi, N.A., Ed-Dra, A., Jamal, A., Idriss, H., Alshammari, A.S., Shommo, S.A.M. (2023). *Spices as Sustainable Food Preservatives: A Comprehensive Review of Their Antimicrobial Potential*. *Pharmaceuticals*, 16(10), 1451.



Co-funded by  
the European Union



## **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)**

Le erbe medicinali fanno parte della vita umana dalla nascita alla morte. Compaiono spesso sulle nostre tavole in varie forme di cibo, sono utilizzate per scopi tecnici e bioenergetici e svolgono un ruolo significativo in medicina, farmacia e nell'industria alimentare. Nell'ultimo decennio, l'uso di erbe e spezie è cresciuto. Queste piante crescono spesso allo stato selvatico senza additivi chimici e alcuni studi hanno indicato che hanno un valore nutrizionale più elevato rispetto a molte altre piante alimentari comuni. Le erbe medicinali stanno diventando sempre più importanti per i loro potenziali benefici per la salute, attribuiti al loro contenuto nutrizionale, tra cui vitamine, fenoli, antociani, flavonoidi e tannini. Queste materie prime sono considerate promettenti e vantaggiose sia dal punto di vista economico che ecologico per l'industria alimentare.

Le piante medicinali sono utilizzate per progettare alimenti funzionali, definiti come “simili nell'aspetto a un alimento convenzionale”, e che hanno dimostrato di avere benefici fisiologici o di ridurre il rischio di malattie croniche al di là delle funzioni nutrizionali di base [Devaraj and Mahalingam, 2021]. Sono inoltre utilizzate per migliorare l'aspetto fisico, il gusto e gli additivi alimentari nei prodotti da forno.

Le piante medicinali possono essere aggiunte come tali o sotto forma di estratti, oli essenziali nei prodotti da forno con le seguenti finalità: i) migliorare le proprietà sensoriali dei prodotti; ii) svolgere un ruolo antiossidante grazie all'inclusione di principi attivi polifenolici e iii) svolgere un ruolo antimicrobico grazie ai composti antimicotici e antibatterici biologicamente attivi presenti nelle piante medicinali [Milla et al., 2021].

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

Piante medicinali come: aneto, prezzemolo in foglie, salvia, basilico, timo, cerfoglio, crescione, coriandolo, cumino, anice e altre sono utilizzate in panetteria e pasticceria per insaporire i prodotti. Le piante medicinali aggiunte in diverse forme di



preparazione dell'impasto ne migliorano le proprietà sensoriali, avendo effetti positivi o negativi sulle proprietà reologiche. Uno studio precedente ha dimostrato che i parametri qualitativi del pane (rapporto H/D, volume, porosità) ottenuti con l'aggiunta del 5% di cumino in infusione sono superiori rispetto al controllo [Sayed et al., 2018].

Al contrario, altri studi hanno riportato che l'aggiunta di piante aromatiche porta ad un peggioramento delle proprietà reologiche dell'impasto come: gommosità, resistenza, adesività, elasticità, masticabilità, tra le altre, questo effetto è dovuto ai composti polifenolici presenti nella composizione delle piante che esercitano un'attività antiossidante [Czajkowska–González et al., 2021]. Alcuni principi attivi delle piante medicinali, come la curcumina, sono utilizzati come coloranti in panetteria e pasticceria per esaltare il colore degli alimenti o per renderli più gustosi e attraenti per il consumatore [Arraiza and de Pedro, 2009].

Salihu et al. hanno analizzato l'impatto della sostituzione della farina di frumento con estratti vegetali come mirtillo e mirtillo rosso (a concentrazioni del 3%, 6% e 9%) e hanno confrontato i biscotti ottenuti con i campioni di controllo in termini di parametri fisico-chimici e di colore. I risultati hanno indicato che le concentrazioni più elevate di estratti vegetali nei biscotti hanno migliorato significativamente gli attributi sensoriali come l'odore e il gusto. Lo studio ha concluso che l'incorporazione di estratti vegetali nei biscotti ne ha migliorato le proprietà fisico-chimiche e sensoriali [Salihu et al., 2023].

Wang et al. [Wang et al., 2012] hanno utilizzato la tecnologia di macinazione ultrafine per creare il pane al biancospino, incorporando nella formula il 3% di polvere di biancospino, lo 0,6% di sale, il 18% di zucchero e lo 0,5% di modifica del pane per aumentarne i benefici per la salute e il sapore unico. L'aggiunta del biancospino al pane di farina integrale favorisce il normale funzionamento del sistema digestivo e circolatorio e ha un effetto anti-iperglicemico. Questo ingrediente conveniente è adatto al consumo da parte di soggetti affetti da diabete di tipo 2 [Borczak et al., 2016].

Balestra et al. [Balestra et al., 2011] hanno sviluppato un pane funzionale incorporando lo zenzero, ottenendo proprietà fisico-chimiche e sensoriali soddisfacenti. La loro ricerca ha indicato che è possibile aggiungere al pane fino al 3% di zenzero in polvere senza influire negativamente sulle sue proprietà reologiche. Anche Kaushal et al. hanno analizzato le caratteristiche funzionali e sensoriali dei



biscotti arricchiti con zenzero in polvere. Le qualità funzionali e organolettiche dei biscotti contenenti il 12% di zenzero in polvere sono risultate significativamente migliori rispetto ai campioni di controllo [Kaushal et al., 2019].

## 9.2. Piante medicinali come agenti antiossidanti nei prodotti da forno

Un effetto antiossidante ottenuto dopo l'arricchimento del pane di frumento con estratti di *Camellia sinensis*, *Asparagus racemosus* e *Curcuma longa* è stato riportato da Pop et al. Essi hanno evidenziato che l'aggiunta del 5% di estratti ha aumentato la capacità antiossidante del pane senza alterarne le proprietà sensoriali [Pop et al., 2016]. Sono state riportate anche le proprietà antiossidanti della polvere di tè verde in sostituzione di alcune farine nei pan di Spagna [Ma and Ryu, 2018].

Anche se sono evidenti gli effetti benefici relativi all'aumento della capacità antiossidante dei prodotti da forno mediante l'aggiunta di estratti di piante officinali, sono stati riportati studi relativi ai cambiamenti nel comportamento del glutine del pane causati dai polifenoli [Czajkowska–González et al., 2021].

L'obiettivo dello studio condotto da Bourekoua e colleghi era quello di valutare l'impatto dell'arricchimento del pane senza glutine con polvere di frutta acerola sulle sue proprietà fisiche, sensoriali e antiossidanti. Tutte le quantità di polvere di frutto di acerola testate hanno dimostrato un miglioramento dei parametri testuali, come evidenziato da una diminuzione della compattezza e della masticabilità e da un aumento della mollezza. Inoltre, l'incorporazione della polvere di frutto di acerola nei pani arricchiti ha portato a un aumento delle proprietà antiossidanti [Bourekoua et al., 2021].

Un'altra pianta medicinale utilizzata è la *Moringa oleifera*, riconosciuta come un'eccellente fonte di sostanze fitochimiche, con potenziali applicazioni in preparazioni alimentari funzionali e medicinali grazie alle sue proprietà nutrizionali e medicinali; molti autori hanno sperimentato la sua incorporazione soprattutto in biscotti, torte, brownies e panini. Secondo Ogunsina et al. l'aggiunta di farina di semi di *Moringa oleifera* influenza le caratteristiche sensoriali di vari tipi di pane e biscotti; tuttavia, questi cambiamenti non sono significativi quando si utilizza un rapporto di 90% di farina e 10% di *Moringa oleifera* per il pane e 80% di farina e 20% di *Moringa oleifera* per i



biscotti. Inoltre, mentre il sapore rifletteva quello tipico dei semi di *Moringa oleifera*, è rimasto accettabile nel pane. Il profilo nutrizionale di entrambi i prodotti è migliorato, con un aumento dei livelli di proteine, ferro e calcio [Ogunsina et al., 2011].

Nel loro studio, Agba et al. hanno analizzato il potenziale dell'incorporazione della polvere di foglie di *Moringa oleifera* decolorata nei biscotti come mezzo per rispondere alla domanda dei consumatori di opzioni alimentari più sane. Hanno cercato di affrontare la sfida della scarsa accettabilità associata al colore verde della polvere. I risultati hanno indicato che né la decolorazione né il livello di aggiunta (2,5 o 7,5%) hanno esercitato un impatto notevole sull'attività dell'acqua o sulla funzionalità della farina. Tuttavia, sono state rilevate piccole variazioni nel colore dei biscotti. I biscotti arricchiti con Moringa hanno dimostrato un migliore rapporto di diffusione e un elevato contenuto proteico, fenolico, attività antiossidante e digeribilità proteica in vitro rispetto ai biscotti di controllo [Agba et al., 2024].

EI-Gammal et al. hanno incorporato *Moringa oleifera* a diverse concentrazioni (5%, 10%, 15% e 20%). I risultati hanno indicato che la polvere di foglie di *Moringa oleifera* presentava elevati livelli di proteine e fibre grezze, oltre a minerali essenziali come calcio, magnesio, fosforo e ferro. L'aggiunta di *Moringa oleifera* alla preparazione di pane integrale a fette ha determinato un notevole aumento del contenuto proteico. Inoltre, l'assunzione di magnesio, calcio e ferro è aumentata rispetto al controllo [EI-Gammal et al., 2016].

Devisetti et al. hanno valutato l'effetto della farina di foglie di *Moringa oleifera* nei panini, giungendo a conclusioni simili. Il contenuto proteico dei panini soffiati è aumentato, raggiungendo i 21,6 g per 100 g di prodotto. Inoltre, il contenuto di fibra alimentare si è attestato a 14,8 g per 100 g di prodotto e si è registrata una riduzione del contenuto di grassi, pari a 3,7 g per 100 g di prodotto, accompagnata da un'elevata presenza di composti fenolici e flavonoidi. Per quanto riguarda le caratteristiche sensoriali dei panini, si è ottenuto un risultato accettabile in termini di consistenza [Devisetti et al., 2015].



### 9.3. Piante medicinali come agenti antimicrobici nei prodotti da forno

Diversi tipi di oli essenziali, in particolare quelli appartenenti alla famiglia delle Lamiaceae e delle Umbelliferae, sono citati come agenti antimicrobici nell'industria dei prodotti da forno, ottenendo un prodotto con una maggiore durata e sicurezza. [Gavahian et al., 2020]. Sitara et al. hanno valutato gli oli essenziali estratti dai semi di neem (*Azadirachta indica*), senape (*Brassica campestris*), cumino nero (*Nigella sativa*) e asafoetida (*Ferula asafoetida*) contro i semi di funghi quali: *F. oxysporum*, *F. moniliforme*, *F. nivale*, *F. semitectum*. Tutti gli oli estratti hanno mostrato attività fungicida [Sitara et al., 2008].

Grazie alla sua composizione chimica, *Origanum vulgare* contribuisce a prolungare la durata di conservazione e le qualità nutrizionali di molti prodotti, come il pane e i prodotti da forno, i cereali e la frutta e verdura. [Chis et al., 2017]. La pianta di origano è ricca di fibre, attività antiossidante, contenuto fenolico e può essere utilizzata fino al 2% nel pane per migliorare le qualità nutrizionali e sensoriali, il volume specifico e la durata di conservazione, avendo anche un'azione inibitoria sulle muffe [Muresan et al., 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.

Si è assistito a un rapido ritorno ai prodotti naturali a causa dell'impatto negativo degli alimenti artificiali o nocivi sulla salute umana. Di conseguenza, l'industria dei prodotti da forno ha visto innovazioni e sviluppi significativi nel corso degli anni. Un punto chiave del settore è ora l'incorporazione di prodotti naturali negli alimenti. Le piante medicinali vengono utilizzate per migliorare l'aspetto fisico, il gusto e come additivi alimentari nei prodotti da forno, oltre che per creare alimenti funzionali.

L'incorporazione di piante medicinali come componenti a valore aggiunto nel settore della panificazione e della pasticceria offre una prospettiva per lo sviluppo di alimenti funzionali che combinano attributi gustativi con potenziali proprietà salutari. Ciò è in linea con la crescente inclinazione dei consumatori verso prodotti dotati di



caratteristiche che favoriscono il benessere, rendendo l'inclusione di questi componenti botanici un elemento di marketing distintivo per i produttori.

Questa diversificazione aumenta anche lo spettro di prodotti da forno e da 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 misure rigorose di garanzia della qualità e dalla diffusione di informazioni inequivocabili ai consumatori.

### Bibliografia

Agba, T.D., Yahaya-Akor, N.O., Kaur, A., Ledbetter, M., Templeman, J., Wilkin, J.D., Onarinde, B.A., Oyeyinka, S.A. (2024). *Flour Functionality, Nutritional Composition, and In Vitro Protein Digestibility of Wheat Cookies Enriched with Decolourised Moringa oleifera Leaf Powder*. *Foods*, 13, 1654.

Arraiza, M.P. and de Pedro, J.L. (2009). *Industrial use of medicinal and aromatic plants*.

Balestra, F., Cocci, E., Pinnavaia, G.G., Romani, S. (2011). *Evaluation of Antioxidant, Rheological and Sensorial Properties of Wheat Flour Dough and Bread Containing Ginger Powder*. *LWT Food Sci. Technol.* 44, 700–705.

Borczak, B., Sikora, E., Sikora, M., Kapusta-Duch, J., Kutyla-Kupidura, E.M., Foltá, M. (2016). *Nutritional Properties of Wholemeal Wheat-Flour Bread with an Addition of Selected Wild Grown Fruits: Nutritional Properties of Wholemeal Wheat-Flour*. *Starch Stärke*, 68, 675–682.

Bourekoua, H., Gawlik-Dziki, U., Różyło, R., Zidoune, M.N., Dziki, D. (2021). *Acerola fruit as a natural antioxidant ingredient for gluten-free bread: An approach to improve bread quality*. *Food Science and Technology International.*, 27(1), 13-21.

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

Czajkowska-González, Y. A., Alvarez-Parrilla, E., del Rocío Martínez-Ruiz, N., Vázquez-Flores, A. A., Gaytán-Martínez, M., & de la Rosa, L. A. (2021). *Addition of*



*phenolic compounds to bread: antioxidant benefits and impact on food structure and sensory characteristics. Food Production, Processing and Nutrition.*, 3(1), 1-12.

Devaraj, A., Mahalingam, G. (2021). *Bioactive Molecules from Medicinal Plants as Functional Foods (Biscuits) for the Benefit of Human Health as Antidiabetic Potential [Internet]. Bioactive Compounds in Nutraceutical and Functional Food for Good Human Health. IntechOpen.* Available from: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.93352>

Devisetti, R., Sreerama, Y.N., Bhattacharya, S. (2015). *Processing effects on bioactive components and functional properties of moringa leaves: Development of a snack and quality evaluation. J. Food Sci. Technol.*, 53, 649–657.

El-Gammal, R., Ghoneim, G., ElShehawy, S. (2016). *Effect of Moringa Leaves Powder (Moringa oleifera) on Some Chemical and Physical Properties of Pan Bread. J. Food Dairy Sci.*, 7, 307–314.

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

Kaushal, M.; Vaidya, D.; Gupta, A.; Kaushik, R.; Verma, A.K. (2019). *Bioactive Compounds and Acceptance of Cookies Supplemented with Ginger Flour. J. Pharmacogn. Phytochem.*, 8, 185–188.

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

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

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

Ogunsina, B., Radha, C., & Indrani, D. (2011). *Quality characteristics of bread and cookies enriched with debittered Moringa oleifera seed flour. International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62(2), 185-194.



Co-funded by  
the European Union



- Pop, A., Petrut, G., Muste, S., Paucean, A., Muresan, C., Salanta, L., Man, S. (2016). *Addition of plant materials rich in phenolic compounds in wheat bread in terms of functional food aspects. Hop and Medicinal Plants*, 24(1/2), 37-44.
- Salihu, S., Gashi, N., & Hasani, E. (2023). *Effect of Plant Extracts Addition on the Physico-Chemical and Sensory Properties of Biscuits. Applied Sciences*, 13(17), 9674.
- Sayed Ahmad, B., Talou, T., Straumite, E., Sabovics, M., Kruma, Z., Saad, Z., Hijazi, A., Merah, O. (2018). *Protein Bread Fortification with Cumin and Caraway Seeds and By-Product Flour. Foods*, 7(3), 28.
- Sitara, U.I. Niaz, J. (2008). Naseem and N. Sultana. *Antifungal effect of essential oils on in vitro growth of pathogenic fungi. Pak. J. Bot.*, 40, 409-414.
- Wang, M., Yue, F., Jing, R., Hou, Y. (2012). *Study on Manufacture Craft of Hawthorn Ultrafine Powder Bread. Food Sci. Technol. Econ.*, 2, 44–46.



Co-funded by  
the European Union



## **Capitolo 10. L'uso di 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)**

L'industria della carne e dei prodotti lattiero-caseari deve affrontare sfide importanti per prolungare la durata di conservazione, mantenere la qualità sensoriale e garantire la sicurezza alimentare. In questo contesto, l'applicazione delle piante medicinali è diventata una soluzione promettente grazie alle loro proprietà antimicrobiche e antiossidanti. Questo capitolo fornisce un'ampia panoramica sull'uso delle piante medicinali come ingredienti a valore aggiunto nell'industria della carne e dei prodotti lattiero-caseari e fornisce una panoramica dei benefici che queste piante apportano nel contesto della conservazione, del miglioramento nutrizionale e della sicurezza alimentare. Grazie alla loro forte bioattività, i composti vegetali sono stati riconosciuti come efficaci additivi naturali che contribuiscono a prolungare la durata di conservazione dei prodotti alimentari, a migliorare il sapore e a ottimizzare il valore nutrizionale.

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



Co-funded by  
the European Union



Le piante medicinali contengono una varietà di composti bioattivi come polifenoli, flavonoidi, tannini, alcaloidi e oli essenziali che possono prevenire il deterioramento e migliorare la qualità dei prodotti a base di carne. Questi composti forniscono proprietà antiossidanti e antimicrobiche che sono estremamente preziose nell'industria alimentare. Il loro uso nei prodotti a base di carne e latticini migliora la sicurezza alimentare e riduce la necessità di conservanti chimici sintetici. L'aggiunta di antiossidanti e antimicrobici naturali alla carne e ai prodotti a base di carne è una delle strategie importanti per lo sviluppo di prodotti a base di carne più sani e innovativi. A questo proposito, diversi studi che hanno utilizzato erbe, spezie, frutta ed estratti vegetali hanno dimostrato che l'aggiunta di questi estratti a prodotti a base di carne crudi e cotti ha ridotto l'ossidazione dei lipidi, migliorato la stabilità del colore e le capacità antiossidanti totali, caratteristiche importanti per i prodotti a base di carne conservabili. [Hygreeva et al., 2014].

TG Dikme (2023) ha sottolineato che gli estratti di piante medicinali e aromatiche sono stati integrati nei prodotti tradizionali a base di carne, latticini e prodotti da forno, aggiungendo così un valore significativo [Dikme, 2023]. Ad esempio, i composti di rosmarino e timo sono ampiamente utilizzati nella carne e nei latticini per prevenire l'ossidazione e il deterioramento microbiologico. Uno studio condotto da B Kaptan and GT Sivri (2018) ha dimostrato che gli oli essenziali vegetali sono efficaci nel proteggere i prodotti lattiero-caseari dai microrganismi patogeni e nel prolungare la durata di conservazione [Kaptan and Sivri, 2018].

In un altro studio, Nieto (2020) ha discusso l'importanza del timo, una delle erbe più utilizzate nell'industria alimentare, grazie alle sue proprietà antiossidanti e antimicrobiche, che viene utilizzato nella carne, nei latticini e nel pesce per prolungarne la durata di conservazione [Nieto, 2020].

I vantaggi dell'uso delle piante medicinali nell'industria alimentare non si limitano all'estensione della durata di conservazione o al miglioramento del sapore. Queste piante apportano anche notevoli benefici alla salute dei consumatori. Grigoriadou et al. (2023) ha sottolineato che le erbe mediterranee, come l'origano, il rosmarino e il timo, sono fonti naturali di antiossidanti che proteggono l'organismo dallo stress ossidativo, riducendo così il rischio di malattie croniche [Grigoriadou et al., 2023].



Un fattore importante da considerare quando si utilizzano le erbe come antiossidanti è la concentrazione minima efficace, in quanto la maggior parte di esse, a causa del loro elevato contenuto di antiossidanti, può imprimere un colore e un sapore molto intensi [Oswell et al., 2018].

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

Un altro studio di Iriundo-DeHond et al. (2018) ha esaminato l'uso dei sottoprodotti vegetali nell'industria alimentare e ha dimostrato che possono fornire benefici per la salute, tra cui il miglioramento della digestione e la riduzione dell'infiammazione, grazie al loro elevato contenuto di fibre e composti fenolici [Iriundo-DeHond et al., 2018].

### **10.1. Uso di piante medicinali nell'industria della carne**

Nell'industria della carne, le erbe sono utilizzate per ridurre l'ossidazione dei lipidi e inibire la crescita di batteri nocivi come Salmonella e Listeria monocytogenes. DA Delesa (2018) ha dimostrato che l'aggiunta di estratti di erbe come l'origano e il rosmarino ai prodotti a base di carne riduce in modo significativo la degradazione dei lipidi, contribuendo così a mantenere la qualità sensoriale e la sicurezza dei prodotti [Delesa, 2018]. Inoltre, Alirezalu et al. (2020) ha evidenziato che diverse piante medicinali mediterranee, come il rosmarino, hanno la capacità di conservare la carne, prolungandone la durata di conservazione e migliorandone il sapore senza alterarne le proprietà testuali [Alirezalu et al., 2020].

Un altro aspetto importante dell'applicazione delle piante medicinali nell'industria della carne è il loro effetto sulla qualità nutrizionale dei prodotti. Lo studio condotto by Singh et al. (2015) sull'uso della Moringa oleifera nei prodotti a base di carne ha dimostrato che questa pianta non solo migliora la stabilità ossidativa della carne, ma fornisce anche una fonte naturale di micronutrienti essenziali come la vitamina C e il beta-carotene, rendendo i prodotti più interessanti dal punto di vista nutrizionale [Singh et al., 2015]. Il rosmarino e il timo, in particolare, sono noti per i loro



sapori intensi, apprezzati in prodotti come salsicce, carne macinata e altre carni lavorate. Grigoriadou et al. (2023) ha sottolineato che queste piante vengono utilizzate sia per migliorare il sapore che per ridurre la quantità di sale e di altri additivi sintetici nella carne, fornendo un prodotto più sano e attraente per i consumatori [Grigoriadou et al., 2023].

Una delle maggiori sfide dell'industria della carne è quella di prolungare la durata di conservazione senza compromettere la qualità del prodotto. Aggiungendo estratti di erbe, i produttori di carne possono ridurre la necessità di conservanti sintetici. Nieto (2020) ha dimostrato che l'olio essenziale di timo è altamente efficace nel prevenire la crescita di batteri nocivi e nel prolungare la durata di conservazione di carni fresche e lavorate [Nieto, 2020].

Likewise, Pérez-Alvarez et al. (2019) ha sottolineato che l'aggiunta di estratti vegetali, come l'origano, può aumentare la durata di conservazione dei prodotti a base di carne senza influire sulla qualità sensoriale. Si tratta di un aspetto cruciale nel contesto dell'industria moderna, dove la richiesta di alimenti più naturali e privi di additivi chimici è in aumento [Pérez-Alvarez et al., 2019].

La sicurezza alimentare è un altro aspetto importante dell'uso delle piante medicinali nell'industria della carne. Puvača et al. (2020) ha dimostrato che le piante medicinali contribuiscono a ridurre la carica batterica nei prodotti a base di carne fornendo una protezione naturale contro la contaminazione batterica [Puvača et al., 2020]. Gli oli essenziali di timo, origano e rosmarino hanno dimostrato la capacità di inibire la crescita di batteri patogeni senza influire sulla qualità del prodotto. Inoltre, Iriundo-DeHond et al. (2018) ha dimostrato che l'aggiunta di estratti di erbe ai prodotti a base di carne può ridurre il rischio di contaminazione degli alimenti e prolungare la durata di conservazione, fornendo al contempo benefici per la salute dei consumatori grazie alle loro proprietà antiossidanti e antimicrobiche [Iriundo-DeHond et al., 2018].

### **10.1.1. Applicazione di piante medicinali in diversi prodotti a base di carne**

#### *a) Salsicce e prodotti a base di carne*

Le salsicce e altri prodotti a base di carne lavorata sono altamente suscettibili all'ossidazione dei lipidi e alla contaminazione batterica. L'aggiunta di estratti di erbe



aiuta a prevenire questi problemi. Pérez-Alvarez et al. (2019) ha dimostrato che le salsicce trattate con estratti di origano avevano una durata di conservazione più lunga e un sapore migliore rispetto alle salsicce che non contenevano additivi naturali [Pérez-Alvarez et al., 2019].

#### *b) Salumi e affumicati*

La carne stagionata e affumicata è un altro settore in cui le erbe vengono utilizzate per migliorare la qualità sensoriale e la stabilità microbiologica. Erbe come il timo e il rosmarino sono comunemente utilizzate nelle preparazioni di salumi per aggiungere sapori particolari e inibire la crescita di microrganismi dannosi. Grigoriadou et al. (2023) hanno dimostrato che l'aggiunta di timo alla carne frollata ha migliorato significativamente la stabilità microbiologica impedendo la crescita dei batteri patogeni [Grigoriadou et al., 2023].

#### *c) Carne marinata e pronta per la cottura*

Le erbe sono spesso utilizzate anche nelle marinade di carne per migliorare il sapore e prolungare la durata di conservazione. Le marinade a base di rosmarino, origano e timo non solo aggiungono sapori interessanti, ma aiutano anche a proteggere la carne dall'ossidazione durante il processo di cottura. Puvača et al. (2020) hanno dimostrato che queste erbe sono molto efficaci nel mantenere la freschezza e la qualità della carne preparata per la cottura [Puvača et al., 2020].

### **10.2. Uso delle piante medicinali nell'industria lattiero-casearia**

Il latte e i prodotti lattiero-caseari sono uno degli alimenti più comuni nella dieta di tutti i gruppi di popolazione e vengono consumati come tali, rappresentando un terreno adatto alla crescita di microrganismi indesiderati. Alcuni microrganismi di deterioramento possono influire negativamente sull'aspetto visivo e sul valore commerciale, mentre altri sono patogeni che compromettono la sicurezza del prodotto. Studi recenti hanno registrato l'efficacia di composti vegetali naturali introdotti direttamente nel latte o nel formaggio per immersione o spruzzatura [Clarke et al., 2019; Ritota and Manzi, 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 et al., 2019].

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

In uno studio condotto da Puvača et al. (2020), i ricercatori hanno dimostrato che l'uso di erbe come il timo e il basilico nei formaggi ha migliorato la qualità microbiologica, contribuendo a prolungare la durata di conservazione e a migliorare il sapore. [Puvača et al., 2020]. El-Sayed e Youssef (2019) hanno dimostrato che le piante medicinali possono migliorare la stabilità ossidativa dei prodotti lattiero-caseari, soprattutto di quelli ad alto contenuto di grassi, come i formaggi e il burro [El-Sayed and Youssef, 2019]. Erbe come il rosmarino e la salvia sono utilizzate per prevenire l'irrancidimento e l'ossidazione dei grassi, contribuendo così a prolungare la durata di conservazione e a mantenere la qualità sensoriale dei prodotti.

Un altro esempio è l'uso del rosmarino e della salvia negli yogurt e nei formaggi, che Kaptan e Sivri (2018) ha dimostrato di migliorare la stabilità microbiologica e di prolungare la durata di conservazione senza compromettere il sapore naturale del prodotto [Kaptan and Sivri, 2018].

Una delle maggiori sfide dell'industria lattiero-casearia è quella di prolungare la durata di conservazione di prodotti deperibili come yogurt, formaggio e latte senza utilizzare conservanti sintetici. Le erbe offrono una soluzione naturale a questo problema. Dikme (2023) ha dimostrato che gli oli essenziali di piante come il timo, il basilico e l'origano hanno la capacità di inibire la crescita di microrganismi nocivi come la *Listeria monocytogenes* e l'*Escherichia coli*, comunemente presenti nei prodotti lattiero-caseari, prolungandone così la durata di conservazione [Dikme, 2023]. Questi batteri sono responsabili di molte malattie di origine alimentare e del deterioramento dei prodotti caseari.



In un altro studio, Puvača et al. (2020) ha dimostrato che gli estratti di origano e timo hanno prolungato in modo significativo la durata di conservazione di yogurt e formaggi, prevenendo la contaminazione batterica e la formazione di muffe [Puvača et al., 2020]. Questo è fondamentale per i prodotti deperibili come lo yogurt, che necessitano di una conservazione ottimale per raggiungere in sicurezza i consumatori finali. Una delle maggiori sfide dell'industria lattiero-casearia è quella di prolungare la durata di conservazione di prodotti deperibili come yogurt, formaggio e latte senza ricorrere a conservanti sintetici. Le erbe offrono una soluzione naturale a questo problema.

Oltre alla conservazione, le erbe svolgono un ruolo importante nel migliorare le qualità sensoriali dei prodotti lattiero-caseari. Le erbe aggiungono aromi naturali e possono ridurre la necessità di additivi artificiali come gli aromi sintetici o gli esaltatori di sapidità. Nieto (2020) ha sottolineato che il timo e la menta sono comunemente utilizzati nei prodotti lattiero-caseari per migliorare il sapore e fornire una sensazione di freschezza, soprattutto in prodotti come yogurt e formaggi [Nieto, 2020]. Nello stesso studio Nieto (2020) ha sottolineato che l'uso di estratti vegetali come il rosmarino non solo migliora la stabilità dei prodotti lattiero-caseari, ma fornisce anche una soluzione di conservazione naturale che soddisfa la domanda dei consumatori di alimenti più sani e meno elaborati [Nieto, 2020].

Pérez-Alvarez et al. (2019) ha esplorato l'uso degli estratti di erbe negli yogurt e in altri prodotti lattiero-caseari fermentati, evidenziando che questi aromi naturali non solo migliorano l'esperienza sensoriale, ma contribuiscono anche a una sensazione di freschezza più duratura [Pérez-Alvarez et al., 2019]. In particolare, erbe come la menta e il basilico vengono aggiunte agli yogurt per dare un tocco di freschezza e sono particolarmente preferite nei prodotti lattiero-caseari leggeri e per le diete salutari.

Inoltre, nei formaggi stagionati, le erbe non solo migliorano il gusto, ma aiutano anche a prevenire la crescita di microrganismi dannosi. Kaptan and Sivri (2018) ha dimostrato che gli oli essenziali di rosmarino e timo aggiunti ai formaggi migliorano non solo il gusto ma anche la stabilità microbiologica, impedendo la formazione di batteri e muffe che potrebbero compromettere la qualità del prodotto [Kaptan & Sivri, 2018].



Un altro grande vantaggio dell'uso delle piante medicinali nell'industria lattiero-casearia è il loro potenziale per arricchire i prodotti con proprietà funzionali. Le piante officinali sono ricche di antiossidanti, fibre e altre sostanze bioattive, che possono contribuire a migliorare la salute dei consumatori. Con l'aggiunta di estratti vegetali, i prodotti lattiero-caseari diventano un'importante fonte di composti fenolici e flavonoidi, che sono stati associati a una riduzione del rischio di malattie croniche come quelle cardiovascolari e il diabete di tipo 2. Iriondo-DeHond et al. (2018) ha discusso l'importanza dei prodotti lattiero-caseari funzionali che incorporano erbe per fornire ulteriori benefici alla salute. Hanno sottolineato che gli antiossidanti contenuti in erbe come il rosmarino e l'origano aiutano a neutralizzare i radicali liberi nell'organismo, prevenendo così i danni alle cellule e migliorando la salute generale [Iriondo-DeHond et al., 2018].

Inoltre, molte erbe hanno proprietà digestive benefiche. Ad esempio, la menta piperita è nota per i suoi effetti lenitivi sul tratto digestivo e viene utilizzata nei prodotti lattiero-caseari per chi soffre di problemi digestivi. Grigoriadou et al. (2023) hanno evidenziato i benefici delle erbe per la salute dell'apparato digerente e il modo in cui possono essere integrate nei prodotti lattiero-caseari funzionali, come gli yogurt probiotici [Grigoriadou et al., 2023].

### **10.2.1. Applicazione di piante medicinali in diversi prodotti lattiero-caseari**

#### *a) Yogurt e prodotti fermentati*

Gli yogurt e altri prodotti lattiero-caseari fermentati sono un settore in cui le erbe sono ampiamente utilizzate per la loro capacità di migliorare il sapore e contribuire alla salute dell'apparato digerente. El-Sayed and Youssef (2019) ha sottolineato che l'aggiunta di timo e origano agli yogurt non solo migliora il sapore, ma contribuisce anche alla crescita di batteri probiotici, migliorando la salute dell'intestino e l'equilibrio del microbiota [El-Sayed and Youssef, 2019]. Inoltre, queste erbe hanno proprietà antibatteriche che aiutano a prevenire la contaminazione con batteri patogeni.

#### *b) Formaggi*



I formaggi sono un altro importante campo di applicazione delle erbe. Gli estratti di erbe, come il rosmarino e il basilico, sono utilizzati per migliorare il gusto e prevenire l'ossidazione dei grassi, che può portare all'irrancidimento. Puvača et al. (2020) ha dimostrato che l'aggiunta di estratti di erbe ai formaggi stagionati aiuta a prevenire la crescita di batteri e muffe nocive, contribuendo al prolungamento della durata di conservazione [Puvača et al., 2020].

*c) Burro e altri prodotti caseari ad alto contenuto di grassi*

I prodotti lattiero-caseari ad alto contenuto di grassi, come il burro, sono soggetti all'ossidazione dei lipidi, che può compromettere sia il gusto che la qualità. L'uso di erbe con proprietà antiossidanti, come il rosmarino e l'origano, aiuta a prevenire l'ossidazione e a mantenere più a lungo il gusto e la consistenza del burro. Nieto (2020) ha sottolineato che gli oli essenziali di queste erbe sono spesso utilizzati nel burro per prevenire l'irrancidimento e per fornire un gusto fresco e naturale [Nieto, 2020].

### **10.3. Prospettive e sfide nell'uso delle piante medicinali**

Sebbene le piante medicinali offrano numerosi benefici, esistono anche sfide per la standardizzazione del loro uso nell'industria. La variabilità della composizione fitochimica a seconda della specie, della stagione e dei metodi di estrazione può influenzare la loro efficacia nei prodotti alimentari. Paswan et al. (2021) ha discusso la necessità di ulteriori ricerche sulla standardizzazione degli estratti di erbe per una loro efficace integrazione nelle catene di produzione alimentare [Paswan et al., 2021].

In conclusione, le piante officinali apportano un valore significativo nell'industria alimentare, in particolare nella carne e nei prodotti lattiero-caseari, dove contribuiscono a prolungare la durata di conservazione, a migliorare il valore nutrizionale e a proteggere dall'ossidazione e dalla degradazione microbiologica. Il loro uso come ingredienti naturali a valore aggiunto offre una valida alternativa agli additivi chimici di sintesi, contribuendo così a una dieta più sana e sicura.

## **Bibliografia**



- Alirezalu, K., Pateiro, M., Yaghoubi, M., & Alirezalu, A. (2020). *Phytochemical components, advanced extraction technologies and techno-functional properties of selected Mediterranean plants for use in meat products: A comprehensive review. Trends in Food Science & Technology*, 100, 292-306.
- Clarke, H. J., Griffin, C., Rai, D. K., O'Callaghan, T. F., O'Sullivan, M. G., Kerry, J. P., & Kilcawley, K. N. (2019). *Dietary Compounds Influencing the Sensorial, Volatile and Phytochemical Properties of Bovine Milk. Molecules (Basel, Switzerland)*, 25(1), 26.
- Delesa, D.A. (2018). *Traditional medicinal plants for industrial application as natural food preservatives. International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 5(4), 85-94.
- Dikme, T.G. (2023). *Use of medicinal and aromatic plants in food. The Eurasian Clinical and Analytical Medicine*, 11(1) 6-10.
- El-Sayed, S.M., & Youssef, A.M. (2019). *Potential application of herbs and spices and their effects in functional dairy products. Heliyon*, 5, e01989.
- Grigoriadou, K., Cheilari, A., Dina, E., & Alexandri, S. (2023). *Medicinal and aromatic plants as a source of potential feed and food additives. Springer*, 117-135.
- Hygreeva, D., Pandey, M.C., Radhakrishna, K. (2014). *Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products. Meat Sci.*, 98(1), 47-57.
- Iriondo-DeHond, M., Miguel, E., & Del Castillo, M.D. (2018). *Food byproducts as sustainable ingredients for innovative and healthy dairy foods. Nutrients*, 10, 1358.
- Kaptan, B., & Sivri, G.T. (2018). *Utilization of medicinal and aromatic plants in dairy products. Journal of Advanced Plant Science*, 1(2), 1-6.
- Krickmeier J., Schnaekkel W., Schnaekkel, D. (2019). *Recipe development for healthy sausages with medical plants. Food Science and Applied Biotechnology*, 2(1), 54-61.
- Nieto, G. (2020). *A Review on Applications and Uses of Thymus in the Food Industry. Plants*, 9, 961.
- Ogneva, O.A. (2015). *Developing fruit and vegetable products with bifidogenic properties. Cand eng. sci. diss. Krasnodar: North Caucasian Regional Research Institute of Horticulture and Viticulture*, 159.



- Oswell, N.J., Thippareddi, H., Pegg, R.B. (2018). *Practical use of natural antioxidants in meat products in the U.S.: A review. Meat Sci.*, 145, 469-479.
- Paswan, V.K., Rose, H., Singh, C.S., & Yamini, S. (2021). *Herbs and spices fortified functional dairy products. IntechOpen, in Herbs and Spices - New Processing Technologies, Edited by Rabia Shabir Ahmad.*
- Pérez-Alvarez, J.A., Viuda-Martos, M., & Fernández-López, J. (2019). *Research, Development, and Innovation in Dairy and Meat-Based Foods Using Valued Added Compound Obtained from Mediterranean Fruit By-Products. Taylor & Francis, In book: Green Extraction and Valorization of By-Products from Food Processing (pp.243-276).*
- Puvača, N., Ljubojević Pelić, D., & Tomić, V. (2020). *Antimicrobial efficiency of medicinal plants and their influence on cheeses quality. Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam*, 70 (1), 3-12.
- Qureshi, T.M., Nadeem, M., Iftikhar, J., Salim-ur-Rehman, Ibrahim, S.M., Majeed, F., Sultan, M. (2023). *Effect of Traditional Spices on the Quality and Antioxidant Potential of Paneer Prepared from Buffalo Milk. Agriculture*, 13(2), 491.
- Ritota, M., Manzi, P. (2020). *Natural Preservatives from Plant in Cheese Making. Animals*, 10(4), 749.
- Singh, T.P., Singh, P., & Kumar, P. (2015). *Drumstick (Moringa oleifera) as a food additive in livestock products. Nutrition & Food Science*, 45(3), 423-432.
- Stanislav, S., Lidiia, A., Yuliya, G., Andrey, L., Elizaveta, P., Irina, M., Aleksandr, R. (2019). *Functional dairy products enriched with plant ingredients. Foods and Raw materials*, 7(2), 428-438.



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

### 11.1. Introduzione

L'azione farmacologica dei prodotti naturali derivati dalle piante medicinali e i loro effetti sulla salute sono di notevole interesse per la farmacologia, la medicina e i professionisti della salute naturale. Le piante contengono una varietà di composti bioattivi che possono avere effetti diversi sul corpo umano: minerali e vitamine che sono componenti necessari di una dieta umana sana, oltre a numerosi metaboliti primari e secondari che influenzano la nutrizione e la salute umana.

I metaboliti secondari non sono essenziali nelle piante, ma questi composti presentano un'attività biologica che li rende molto utili come ingredienti per la formulazione di farmaci tradizionali e moderni. Di particolare importanza sono i componenti bioattivi costituiti da sostanze fitochimiche come polifenoli, carotenoidi, terpeni, alcaloidi, cumarine e oli essenziali. (Figura 11.1) [Samtiya et al., 2021].

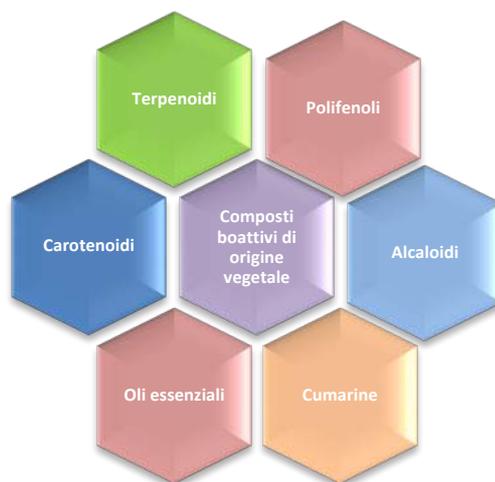


Figura 11.1. Composti bioattivi di origine vegetale

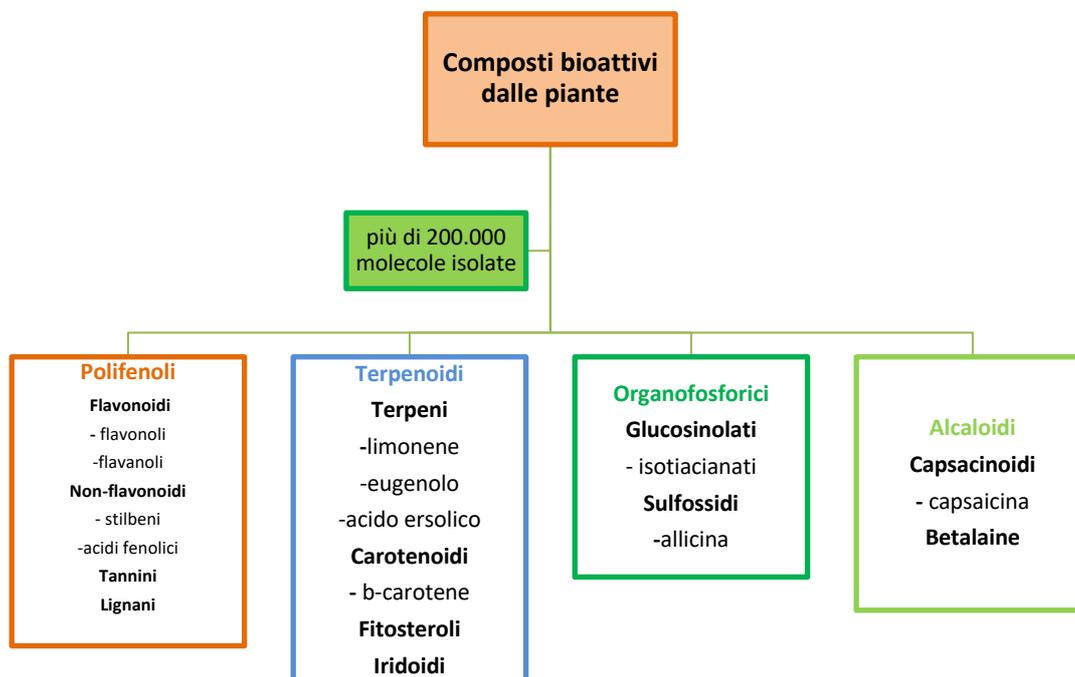


Figura 11.2. Composti bioattivi presenti in frutta e verdura [Desjardins, 2014].

Nella storia della medicina, le piante hanno svolto un ruolo cruciale grazie alle loro notevoli proprietà terapeutiche. Ancora oggi, nuove molecole bioattive vengono scoperte grazie all'esplorazione delle piante. Oggi, più della metà dei farmaci utilizzati per il trattamento e la prevenzione di varie malattie proviene dalle piante. Inoltre, la medicina tradizionale è il metodo primario di trattamento per la maggior parte delle malattie in tutto il mondo [Gad et al., 2013].

La morfina è stato il primo composto vegetale isolato e utilizzato nella medicina umana. Proveniva dalla specie *Papaver somniferum* e ha segnato l'inizio dell'era della scoperta di farmaci nel 1803 [Krishnamurti, 2016]. Da allora, oltre 70.000 specie vegetali sono state studiate e utilizzate nella medicina tradizionale grazie alle loro notevoli proprietà biologiche. Più recentemente, il numero di farmaci vegetali scoperti è aumentato grazie ai progressi scientifici in campi come la genomica e la proteomica. L'uso di studi metabolomici viene utilizzato anche per identificare nuovi bersagli biologici, chiarire i meccanismi d'azione e mantenere la prova del beneficio dei farmaci e degli effetti terapeutici sviluppati [Nasim et al., 2022].

La ricerca in campo medico si concentra principalmente sulla scoperta del composto più promettente che sarà efficace nel trattamento di una moltitudine di



patologie, tra cui il cancro, le malattie cardiovascolari e i disturbi neurodegenerativi [Thomford et al., 2018]. Per ottenere un farmaco, le prime fasi comprendono l'isolamento e la purificazione dei composti dalle loro fonti naturali (Figura 11.3).



Figura 11.3. Il diagramma di flusso dello studio delle piante medicinali [Azmir, 2013].

Le piante producono molecole di segnalazione come la citochinina, l'auxina e l'acido salicilico, oltre a metaboliti secondari come alcaloidi, polifenoli e terpenoidi, che svolgono un ruolo integrale nei processi fisiologici delle piante. Il rilascio di queste molecole è particolarmente importante in condizioni di stress per proteggere la pianta. La medicina tradizionale si affida molto a questi composti grazie alle dimensioni ridotte delle molecole e ai diversi meccanismi d'azione [Lepri et al., 2023].

Il progresso biotecnologico ha portato anche allo sviluppo di proteine terapeutiche dai vegetali. I farmaci vegetali possono essere utilizzati per trattare



Co-funded by  
the European Union



un'ampia varietà di condizioni, tra cui il cancro, l'HIV, le malattie cardiovascolari e il diabete. Questi rimedi sono noti come prodotti biologici dalle piante e hanno il vantaggio di produrre proteine terapeutiche più facilmente rispetto ai metodi basati su colture di cellule animali o fermentazione microbica. Inoltre, sono caratterizzati da un minor rischio di contaminazione microbica, il 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 sono basati su proteine derivate dalle piante [Chen 2016]. Ad esempio, le carote producono la talilglucerasi alfa, una sostanza utilizzata per il trattamento della malattia di Gaucher. Inoltre, i vaccini contro l'influenza 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, con conseguente aumento dell'interesse per i farmaci di origine vegetale. I farmaci naturali presentano una serie di vantaggi rispetto ai farmaci di sintesi, tra cui rischi minori, maggiore efficacia terapeutica e maggiore facilità di metabolismo e assorbimento. Inoltre, i processi di purificazione e standardizzazione di un singolo composto sono più convenienti e ne facilitano l'uso nei moderni sistemi di somministrazione dei farmaci.

### **11.2. Composti bioattivi di origine vegetale come antiossidanti**

I fenoli sono considerati i composti fitochimici chiave che possono contribuire a mantenere una migliore salute umana grazie alla loro comprovata forte attività antiossidativa, che può contribuire a ridurre il rischio di alcune malattie croniche: disturbi cardiaci, artrite, malattie neurodegenerative, cancro, arteriosclerosi. Gli antiossidanti sono composti che eliminano i radicali liberi nel sistema umano. Il corpo umano dispone di un sistema naturale di difesa antiossidante che tiene sotto controllo i radicali liberi. Gli antiossidanti naturali presenti negli alimenti, in particolare frutta, verdura e altri vegetali, svolgono un ruolo importante nella prevenzione delle malattie e nella situazione di eccesso di radicali liberi. Tra i composti fenolici, i flavonoidi sono i più abbondanti. Sono costituiti da antocianine, antocianidine, flavonoli, flavoni e



flavanoni che hanno dimostrato di possedere proprietà antiossidanti, antinfiammatorie, antimutagene e anticancerogene [Jideani et al., 2021] (Figura 11.4).

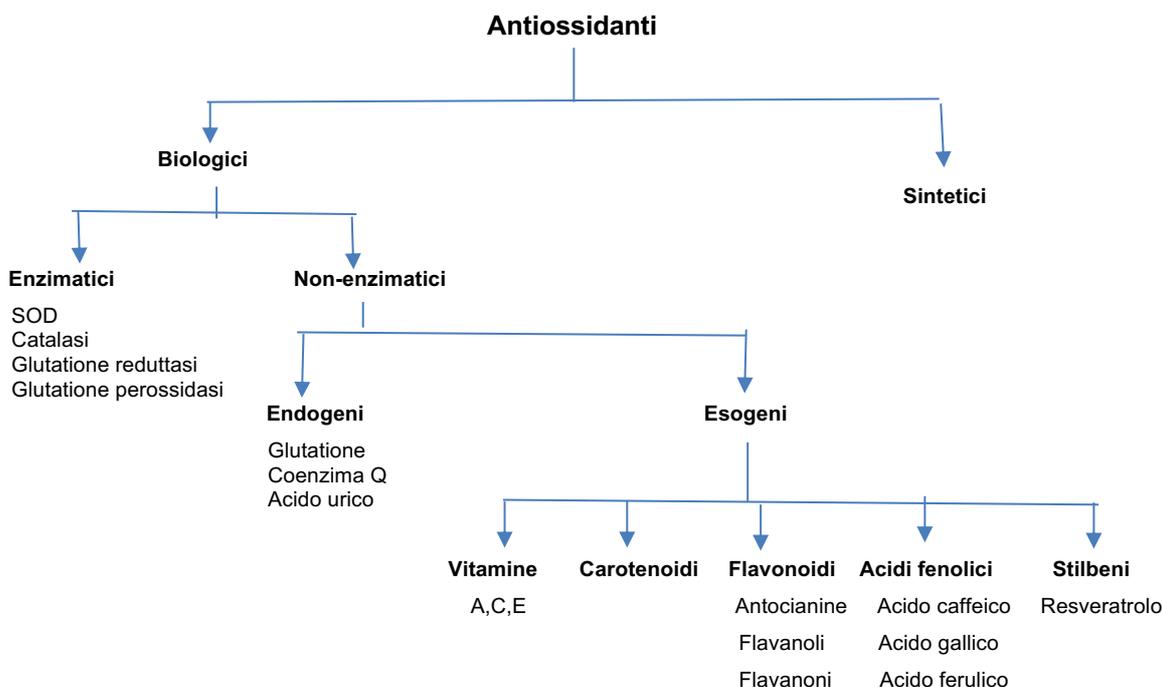


Figure 11.4. Classification of antioxidants [Kotha et al., 2022].

Una particolare classe di molecole bioattive di origine vegetale è costituita dagli oli essenziali, che sono una miscela di composti chimici con peso molecolare ridotto, come terpenoidi, composti carbonilici, alcoli, composti alifatici e polifenoli. Vengono estratti da varie piante medicinali nell'industria farmacologica per le loro proprietà antiossidanti, antimicotiche, antimicrobiche e antivirali. Gli oli essenziali sono stati estratti da diverse parti della pianta: foglie, frutti, fiori, corteccia e radice mediante distillazione in corrente di vapore, estrazione con solvente e idrodistillazione. Numerosi studi in vitro, in vivo e clinici hanno dimostrato la sicurezza e l'efficacia degli oli essenziali antiossidanti (OE) per la salute orale. I prodotti derivati da diverse piante medicinali come *Azadirachta indica*, *Thymus vulgaris*, *Asparagus racemosus*, *Juglans regia* e *Ocimum sanctum* possiedono diversi tipi di sostanze fitochimiche e alcuni sono utilizzati in campo farmaceutico [Kumar et al., 2021].



### 11.3. Composti bioattivi di origine vegetale come antinfiammatori

L'infiammazione è una risposta biologica molecolare degli organismi viventi a una serie di fattori di stress esogeni: chimici, meccanici e microrganismi infettivi. L'effetto dell'infiammazione è il rilascio di citochine infiammatorie e di mediatori non citochinici, come le specie reattive dell'ossigeno (ROS) e l'ossido nitrico (NO), che possono sfociare in varie malattie croniche, tra cui quelle cardiovascolari, il diabete, la demenza e il cancro. Diverse strategie di trattamento sono in fase di sperimentazione medica per prevenire questi stadi di infiammazione cronica. Tra queste strategie, le sostanze fitochimiche organiche derivate da erbe e spezie sono state a lungo utilizzate come strumento terapeutico essenziale grazie ai loro rinomati effetti medicinali antinfiammatori.

Negli ultimi decenni sono stati pubblicati centinaia di articoli di ricerca e di revisione sulle attività antinfiammatorie delle piante (Table 11.1).

**Tabella 11.1. Attività antinfiammatoria di alcune piante medicinali [Nunes et al., 2020].**

Numero	Nome Botanico	Pianta/Famiglia	Parti usate	Composti costitutivi
01	<i>Acacia catechu</i>	Mimosaceae	Corteccia, legno, sommità fiorite, gomma.	Tannino, gomma, acido catecolico
02	<i>Azadirachta indica</i>	Meliaceae	Foglie, radici, olio, semi, gomma, frutti, fiori.	Margosina, olio amaro, azadiractina.
03	<i>Caesalpinia crista</i>	Caesalpinaceae	Semi, radice, foglia, corteccia della radice.	Acido oleico, linoleico, palmitico, stearico, fitosteroli.



Numero	Nome Botanico	Pianta/Famiglia	Parti usate	Composti costitutivi
04	<i>Cassia angustifolia</i>	Caesalpinaceae	Baccelli, foglie secche.	Emodina, eataritina, mucillagine, senna-picrina, acido oleanico.
05	<i>Coriandrum sativum</i>	Umbelliferaeapiaceae	Foglie, corteccia, fiori	Tannino, catartina, acido malico, catartina, albuminoidi.
06	<i>Cuscuta reflexa</i>	Convolvulaceae	Pianta, seme, frutto, fusto.	Cuscutine, flavonoidi, glucosidi, bergenina, cumarina.
07	<i>Enicostema littorale</i>	Gentianaceae	Pianta intera.	Alcaloidi, gentiocrucina
08	<i>Erythrina variegata</i>	Papilionaceae	Foglie, corteccia, radici, fiore.	2-idrossisteina, genisteina.
09	<i>Euphorbia hirta</i>	Euphorbiaceae	Pianta, radici, foglie	Acido ascorbico, $\beta$ -amirina, colina, inositolo, acido linoleico, $\beta$ -sitosterolo.
10	<i>Euphorbia tirucalli</i>	Euphorbiaceae	Radice, pianta (latte, succo).	$\beta$ -sitosterolo, acido ellagico, acido citrico, acido malico, eupholglucose.
11	<i>Fagonia cretica</i>	Zygophyllaceae	Foglie, rametti, corteccia.	Betulina
12	<i>Ficus benghalensis</i>	Moraceae	Radici aeree, corteccia, semi, foglie, gemme, frutti, lattice.	La buccia e i frutti contengono il 10% di tannino.



Numero	Nome Botanico	Pianta/Famiglia	Parti usate	Composti costitutivi
13	<i>Ficus carica</i>	Moraceae	Frutti, radici.	Alcaloidi, acido ascorbico, acido caffeico, niacina, acido linoleico, luteina, $\beta$ -carotene, acido pantotenico, $\beta$ -amirina.
14	<i>Ficus religiosa</i>	Moraceae	Corteccia, foglie, frutti, germogli teneri, semi.	La corteccia contiene tannini, gomma, cera.
15	<i>Foeniculum vulgare</i>	Apiaceae	Frutti, radici, semi, foglie.	Acido ascorbico, estragolo, acido cumarico, acido caffeico, $\alpha$ -terpinene, scoparone, scopoletina, cinarina, D-limonene, $\alpha$ -phellandrene.
16	<i>Gentiana kuroo</i>	Gentianaceae	Rizomi (radici)	Gentiopicrina, acido genzianico
17	<i>Gloriosa superba</i>	Liliaceae	Rizoma, tubero, foglie, fiore.	Colina, colchicina, stigmasterolo, acido salicilico, 2-metilcolchicina.
18	<i>Glycyrrhiza glabra</i>	Papilionaceae	Radici, foglie.	Genisteina, eugenolo, bergapten, glicirrizina, acetofenone, estragolo, canfora, acido ascorbico, apigenina, anetolo.
19	<i>Gmelina arborea</i> Roxb	Verbenaceae	Pianta intera.	Betulina



Numero	Nome Botanico	Pianta/Famiglia	Parti usate	Composti costitutivi
20	<i>Grewia asiatica</i>	Tiliaceae	Foglie, radici, frutti, corteccia.	Betulina
21	<i>Hibiscus rosa-Sinensis</i>	Malvaceae	Germogli, radici, foglie, fiore	Quercetina, acido ascorbico.
22	<i>Hygrophila auriculata</i>	Acanthaceae	Radici, foglie, semi.	Acidi oleico e linoleico nell'olio di semi, acido palmitico, acido stearico.
23	<i>Manihot esculenta</i>	Euphorbiaceae	Radici tuberose.	Acido ascorbico, acido palmitico, acido laurico, acido stearico, acido oleico.
24	<i>Martynia annua</i>	Pedaliaceae	Frutti, foglie.	Pelargonidina-3,5-diglucoside, cianidina-3-galattoside, olio di semi.
25	<i>Momordica charantia</i>	Cucurbitaceae	Pianta intera	5-idrossitriptamina, alcaloidi, acido ascorbico, $\beta$ -carotene, colesterolo, luteina, diosgenina, lanosterolo, licopene, momordicina, carantina, niacina, momordicoside.
26	<i>Moringa oleifera</i>	Moringaceae	Radici, corteccia, foglie, semi.	Colina, moringinina, miristico, acido ascorbico, $\beta$ -carotene, niacina, acido oleico, spirochin, acido stearico, tocoferolo, vanillina.



Numero	Nome Botanico	Pianta/Famiglia	Parti usate	Composti costitutivi
27	<i>Nelumbo nucifera</i>	Nymphaeaceae	Intera pianta.	Anonaina, acido ascorbico, $\beta$ -carotene, rame, acido erucico, glutatione, iperoside, acido miristico, nuciferina, oxoushinsunina, rutina, acido stearico, trigonellina, kaempferolo, D-catechina.
28	<i>Nicotiana tobacum</i>	Solanaceae	Foglie.	1,8-cineolo, 4-vinilguaiacolo, acetaldeide, acetofenone, alcaloidi, anabasina, acido nicotinicco, nicotina, scopoletina, quercitrina, sorbitolo, tocoferolo, stigmasterolo, trigonellina.
29	<i>Nigella sativa</i>	Ranunculaceae	Semi.	$\alpha$ -spinasterolo, acido ascorbico, $\beta$ -sitosterolo, carvone, D-limonene, acido linoleico, acido miristico, metionina, nigellone, acido stearico, stigmasterolo, tannino, timochinone, eteragenina.
30	<i>Ocimum basilicum</i>	Laminaceae	Intera pianta	Acido acetico, acido ascorbico, acido aspartico, apigenina, arginina.
31	<i>Plumbago zeylanica</i>	Plumbaginaceae	Radice, foglie, radice, corteccia.	Plumbagina, droserone, 3-cloroplumbagina, chitranone, zeilione, elliptione, isozeilione.



Numero	Nome Botanico	Pianta/Famiglia	Parti usate	Composti costitutivi
32	<i>Portulaca oleraceae</i>	Portulaceae	Fusto, foglie, semi.	Oleracine I e II, betacianine acilate, carboidrati, acido galatturonico, mucillagini.
33	<i>Pterocarpus marsupium</i>	Fabaceae	foglie, fiore, gomma durame,	Alcaloidi, gomma, olio essenziale, olio fisso semi-essiccante.
34	<i>Solanum melongena</i>	Solanaceae	Radici, foglie, frutti teneri.	Acido ascorbico, alanina, arginina, acido caffeico.
35	<i>Solanum nigrum</i>	Solanaceae	Pianta intera.	Solenina, solasodina.
36	<i>Stereopermum suaveolens</i>	Bignoniaceae	Radici, fiore	Mucillagine, albumina, zucchero, cera, lapacholo, deidrorectolo, $\beta$ -sitosterolo, <i>n</i> -triacontanolo.
37	<i>Tephrosia purpurea</i>	Fabaceae	Pianta intera	Tefrosina, acido betulिनico, lupeolo, rutina.
38	<i>Terminalia chebula</i>	Combretaceae	Frutti maturi e immaturi.	Acido ascorbico, acido gallico, acido ellagico, acido chebulico.
39	<i>Thespesia populnea</i>	Malvaceae	Pianta intera	Gossipolo, erbacetina, kaempferolo.
40	<i>Thespesia populneoides</i>	Malvaceae	Pianta intera	Populneolo, gossipolo, kaempferolo, quercetina-5-glucoside, calicoterina, kaempferolo-5-glucoside, kaempferolo-3-glucoside.



Numero	Nome Botanico	Pianta/Famiglia	Parti usate	Composti costitutivi
41	<i>Tinospora cordifolia</i>	Menispermaceae	Fusto	Alcaloidi, amido.
42	<i>Vernonia cinerea</i>	Asteraceae	Pianta intera	Acido linoleico, lupeolo, acido vernolico.

I composti polifenolici come tannini, lignani, cumarine, saponine e soprattutto i flavonoidi hanno attirato un'attenzione significativa per i loro effetti di modulazione sugli infiammatori. I flavonoidi rappresentano un gruppo di pigmenti vegetali con un'ampia distribuzione in natura, essendo disponibili in frutti, semi, fiori e cortecce. I flavonoidi hanno una capacità antinfiammatoria poiché inibiscono la produzione di mediatori infiammatori modulando la via dell'acido arachidonico, inibendo diversi enzimi come ATPasi, prostaglandine, cicloossigenasi, lipossigenasi, NADH ossidasi, protein chinasi, idrolasi, perossidasi, metalloproteinasi, tirosinasi e fosfolipasi. Pertanto, i flavonoidi sono stati oggetto di un crescente interesse come potenziali farmaci terapeutici per inibire o addirittura ridurre l'attività infiammatoria.

#### 11.4. Composti bioattivi di origine vegetale come antitumorali

Il cancro è una malattia che colpisce rigorosamente la popolazione umana in tutto il mondo. Si tratta di un disturbo metabolico estremo che ha visto notevoli progressi nei piani di trattamento e nei rimedi preventivi. È anche chiamata malattia neoplastica, caratterizzata da una proliferazione incontrollata seguita da una costante moltiplicazione delle cellule umane. Le piante medicinali, grazie alla diversità dei loro costituenti chimici, hanno il potenziale per regolare i percorsi delle cellule staminali del cancro. I più noti composti antitumorali di origine vegetale di importanza medica includono quelli particolarmente adatti ad attaccare il sistema citoscheletrico dei microtubuli cellulari, tra cui gli alcaloidi della Vinca e i taxani, ad esempio il docetaxel (Taxotere), il paclitaxel (Taxol) e altri. È estremamente importante conoscere i diversi



tipi di tumore e i bersagli che ne sono responsabili per trovare un'opzione terapeutica per il loro trattamento. (Figura 11.5).

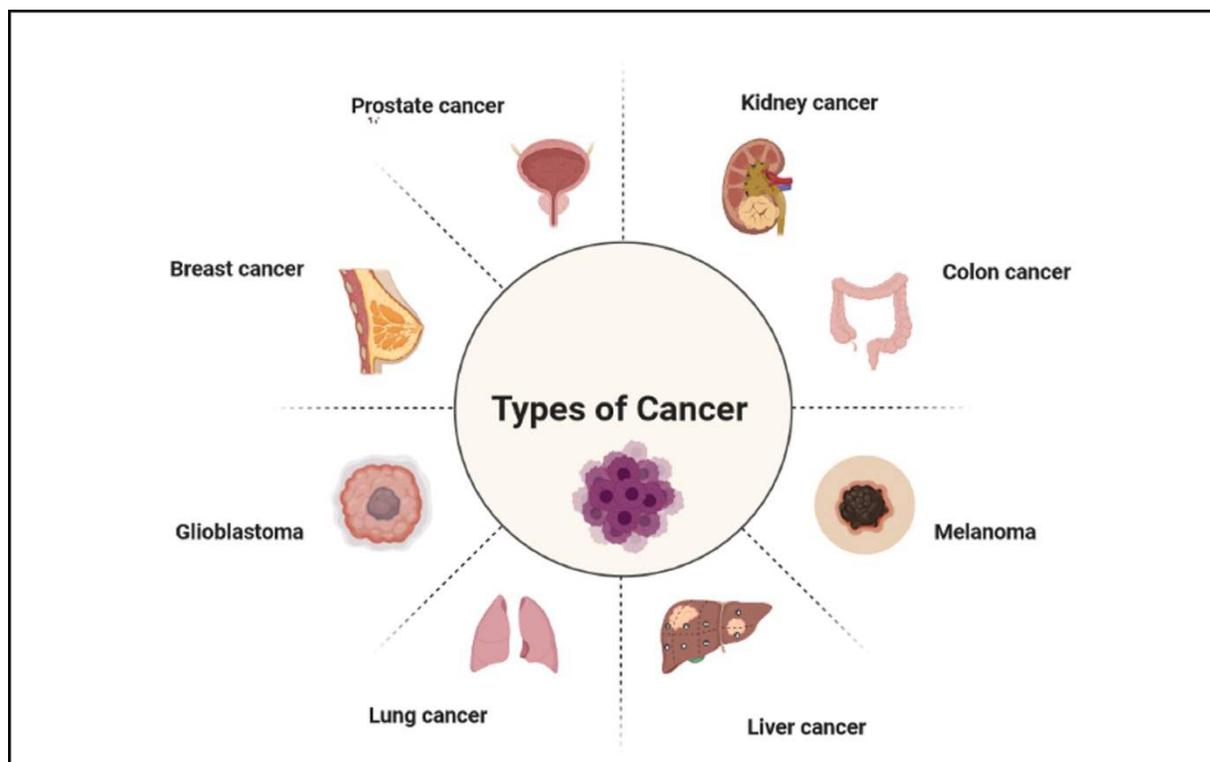


Figura 11.5. Tipi di cancro [Roy et al., 2022].

In conclusione, i prodotti naturali derivati dalle piante medicinali esercitano un'ampia gamma di azioni farmacologiche. Il loro potenziale terapeutico può giovare a diversi aspetti della salute, 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 di farmaci. Per garantire la sicurezza e l'efficacia, il loro uso deve essere guidato da prove scientifiche e competenze mediche.

### Bibliografia.

Chen, Q., & Davis, K. R. (2016). *The potential of plants as a system for the development and production of human biologics*. *F1000Research*, 5, F1000 Faculty Rev-912.



- Desjardins, Y. (2014). *Fruit and Vegetables and Health: An Overview*. In *Horticulture: Plants for People and Places*; Dixon, G. R., Aldous, D. E., Eds.; Springer Science+Business Media Dordrecht, 3, 965–1000.
- Dzobo, K. (2022). *The role of natural products as sources of therapeutic agents for innovative drug discovery*. *Comprehensive Pharmacology*, 408.
- Gad, H. A., El-Ahmady, S. H., Abou-Shoer, M. I., & Al-Azizi, M. M. (2013). *Application of chemometrics in authentication of herbal medicines: a review*. *Phytochemical analysis : PCA*, 24(1), 1–24.
- Krishnamurti, C., Rao, S.C. (2016). *The isolation of morphine by Serturmer*. *Indian J Anaesth.*, 60(11), 861-862.
- Jideani, A. I., Silungwe, H., Takalani, T., Omolola, A. O., Udeh, H. O., & Anyasi, T. A. (2021). *Antioxidant-rich natural fruit and vegetable products and human health*. *International Journal of Food Properties*, 24(1), 41-67.
- Kotha, R. R., Tareq, F. S., Yildiz, E., & Luthria, D. L. (2022). *Oxidative stress and antioxidants—A critical review on in vitro antioxidant assays*. *Antioxidants*, 11(12), 2388.
- Kumar, M., Prakash, S., Radha, Kumari, N., Pundir, A., Punia, S., ... & Mekhemar, M. (2021). *Beneficial role of antioxidant secondary metabolites from medicinal plants in maintaining oral health*. *Antioxidants*, 10(7), 1061.
- Lepri, A., Longo, C., Messori, A., Kazmi, H., Madia, V. N., Di Santo, R., Costi, R., & Vittorioso, P. (2023). *Plants and Small Molecules: An Up-and-Coming Synergy*. *Plants (Basel, Switzerland)*, 12(8), 1729.
- Nasim, N., Sandeep, I. S., & Mohanty, S. (2022). *Plant-derived natural products for drug discovery: current approaches and prospects*. *The Nucleus : an international journal of cytology and allied topics*, 65(3), 399–411.
- Nunes, C. D. R., Barreto Arantes, M., Menezes de Faria Pereira, S., Leandro da Cruz, L., de Souza Passos, M., Pereira de Moraes, L., ... & Barros de Oliveira, D. (2020). *Plants as sources of anti-inflammatory agents*. *Molecules*, 25(16), 3726.
- Rosales-Mendoza, S. (2020). *Will plant-made biopharmaceuticals play a role in the fight against COVID-19?* *Expert Opin Biol Ther.*, 20(6), 545-548.



Co-funded by  
the European Union



Roy, A., Datta, S., Bhatia, K. S., Jha, P., & Prasad, R. (2022). *Role of plant derived bioactive compounds against cancer. South African Journal of Botany*, 149, 1017-1028.

Samtiya, M., Aluko, R. E., Dhewa, T., & Moreno-Rojas, J. M. (2021). *Potential health benefits of plant food-derived bioactive components: An overview. Foods*, 10(4), 839.

Thomford, N. E., Senthebane, D. A., Rowe, A., Munro, D., Seele, P., Maroyi, A., & Dzobo, K. (2018). *Natural Products for Drug Discovery in the 21st Century: Innovations for Novel Drug Discovery. International journal of molecular sciences*, 19(6), 1578.



## Capotolo 12. Piante medicinali e valori dietetici di riferimento (Dehelean CA, Șoica CM, Pînzaru IA)

I valori dietetici di riferimento e le piante medicinali sono due aspetti distinti ma interconnessi della salute e della nutrizione. I valori dietetici di riferimento sono stabiliti per guidare gli individui a mantenere una dieta equilibrata e sana, fornendo punti di riferimento per l'assunzione ottimale dei nutrienti necessari al corretto funzionamento dell'organismo. D'altra parte, le erbe possono aiutare a raggiungere questi obiettivi dietetici, apportando ulteriori benefici alla salute.

A livello globale, la nutrizione svolge un ruolo essenziale nella prevenzione della mortalità e nel miglioramento della qualità della vita. [English et al., 2021]. Per questo motivo, l'intervento dietetico richiede uno sforzo significativo sia da parte degli operatori sanitari che dei pazienti. È stato riscontrato che, spesso, la consulenza nutrizionale dei pazienti viene trattata in modo superficiale, concentrandosi soprattutto sugli interventi farmacologici [Hever, 2017].

I principali benefici della dieta a base vegetale sono stati evidenziati anche in relazione ai progressi scientifici nel settore. Le diete integrali, che comprendono verdura, frutta, legumi, cereali integrali, noci, semi, erbe e spezie, sono riconosciute per la loro capacità di prevenire malattie croniche come quelle cardiovascolari e il cancro. Diverse associazioni dedicate alla prevenzione di queste malattie, così come il Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti, hanno sottolineato l'importanza di garantire un adeguato apporto di fibre, minerali e vitamine, raccomandando che la metà del piatto sia costituita da verdura e frutta [McGuire, 2016; USDA, 2020].

Inoltre, vi è un crescente interesse per l'uso delle piante medicinali come parte integrante di uno stile di vita sano. Erbe come lo zenzero, la curcuma, l'echinacea e molte altre sono tradizionalmente utilizzate per le loro proprietà terapeutiche e preventive. Queste piante contengono composti bioattivi che possono fornire effetti antiossidanti, antinfiammatori e antimicrobici, contribuendo alla salute generale e alla prevenzione delle malattie [Pan et al., 2013].



Nel contesto attuale, vi è un crescente interesse per la ricerca integrativa che combina le conoscenze tradizionali delle piante medicinali con i moderni metodi di ricerca scientifica. In questo modo è possibile ottenere prove più solide sull'efficacia e la sicurezza dell'uso di queste piante a scopo terapeutico. Poiché sempre più studi evidenziano i benefici e i meccanismi d'azione delle piante medicinali, queste vengono sempre più integrate nei protocolli di trattamento e nelle raccomandazioni dietetiche [Tapsell et al., 2006].

In conclusione, un approccio olistico che includa sia i valori di riferimento della dieta sia l'uso di piante medicinali può portare a un miglioramento della salute e alla prevenzione delle malattie croniche, fornendo una solida base per uno stile di vita sano ed equilibrato.

### **12.1. Macronutrienti vegetali**

Il rapporto ideale di macronutrienti negli alimenti è ancora un argomento molto dibattuto. Numerose prove hanno evidenziato i benefici per la salute di una dieta a base vegetale [Yokose et al., 2021]. I macronutrienti più importanti che si trovano nel regno vegetale sono i carboidrati, le proteine e gli acidi grassi.

#### *Carboidrati*

L'apporto giornaliero raccomandato di carboidrati in condizioni normali è di circa 130 grammi, escludendo la gravidanza e l'allattamento [Clemente-Suárez et al., 2021]. Esistono diverse fonti ottimali di carboidrati, tra cui la verdura, la frutta e i cereali. È comune etichettare alcuni alimenti di origine vegetale come fonti primarie di carboidrati, come i tuberi interi e le patate. Il contenuto proteico di questi prodotti è soddisfacente, nonostante siano considerati ad alto contenuto energetico ma a basso contenuto proteico. Sostituendo il riso con il pollo, ad esempio, il bilancio dell'azoto viene mantenuto. Questi risultati dimostrano che le fonti alimentari di origine vegetale possono soddisfare i requisiti nutrizionali in modo sano ed equilibrato [Alcorta et al., 2021]. I carboidrati sono macronutrienti essenziali che forniscono energia all'organismo, essendo particolarmente importanti per il funzionamento ottimale del cervello e del sistema nervoso [Slavin, 2013]. Le fonti di carboidrati complessi, come i cereali integrali, le verdure e i legumi, sono da preferire ai carboidrati semplici che si trovano negli zuccheri raffinati e negli alimenti trasformati per i loro benefici sulla salute.



Rilasciano energia in modo graduale, mantenendo stabili i livelli di zucchero nel sangue e garantendo una sazietà a lungo termine [Mann and Truswell, 2012].

Inoltre, le fibre alimentari, un'importante categoria di carboidrati, svolgono un ruolo fondamentale per la salute dell'apparato digerente. Le fibre aiutano a regolare il transito intestinale, prevenendo la stitichezza e riducendo il rischio di patologie dell'apparato digerente come la diverticolosi e il cancro al colon [Anderson et al., 2009]. Le fibre contribuiscono inoltre a ridurre i livelli di colesterolo nel sangue e a controllare il peso, promuovendo la salute cardiovascolare [Soliman, 2019].

Il consumo di una varietà di fonti di carboidrati, tra cui verdura, frutta, cereali integrali e legumi, garantisce un apporto adeguato di vitamine, minerali e fitonutrienti, essenziali per il mantenimento della salute generale [Bach-Faig et al., 2011]. Adattare l'assunzione di carboidrati alle esigenze individuali e allo stile di vita può contribuire a una dieta equilibrata e a prevenire le malattie croniche, fornendo al tempo stesso l'energia necessaria per le attività quotidiane [Marriott et al., 2010].

### *Proteine*

L'apporto proteico raccomandato è di 0,8 g/kg/giorno per gli adulti. Diversi studi recenti raccomandano di aumentare questo apporto a 1,2 g/kg/giorno per le persone di età superiore ai 65 anni [Lonnie et al., 2018]. Sebbene il marketing alimentare si sia concentrato in gran parte sulle proteine animali, tutti gli aminoacidi essenziali sono sintetizzati da batteri o piante, quindi possono essere facilmente ottenuti da prodotti vegetali [Hertzler et al., 2020]. Gli alimenti di origine vegetale ricchi di proteine includono noci, legumi, semi, soia e cereali integrali. Nonostante il fatto che questi vegetali tendano a contenere una quantità inferiore di aminoacidi essenziali rispetto ai prodotti animali, alcuni studi suggeriscono che questa differenza può essere benefica [Gorissen et al., 2018].

Ad esempio, gli alimenti vegetali sono spesso accompagnati da fibre, vitamine e fitonutrienti che possono contribuire a migliorare la salute generale e a ridurre il rischio di malattie croniche [Satija et al., 2016]. Questi aspetti sottolineano l'importanza di una dieta equilibrata e varia che includa proteine vegetali e animali, a seconda delle esigenze individuali e dello stile di vita. Inoltre, la combinazione di fonti proteiche



vegetali può compensare le carenze individuali di aminoacidi essenziali. Ad esempio, il consumo combinato di legumi e cereali integrali come riso e fagioli può fornire un profilo completo di aminoacidi essenziali. Questo metodo è noto come “integrazione proteica” ed è essenziale per vegani e vegetariani per garantire un apporto proteico adeguato [Young and Pellett, 1994].

Per gli atleti e le persone che svolgono un'intensa attività fisica, il fabbisogno proteico può essere superiore a quello normalmente raccomandato. Potrebbero beneficiare di un apporto fino a 1,6-2,2 g/kg/giorno per favorire il recupero muscolare e le prestazioni [Phillips and Van Loon, 2011]. Gli integratori di proteine, come le polveri di proteine del siero del latte, del pisello o della canapa, possono essere utili per soddisfare questo aumentato fabbisogno.

È importante anche considerare la qualità delle proteine assunte. Le proteine di alta qualità sono quelle che contengono tutti gli aminoacidi essenziali in proporzioni adeguate alle esigenze dell'organismo. Le fonti proteiche di alta qualità includono uova, latticini, carni magre e alcune proteine vegetali come la soia e la quinoa [Hoffman and Falvo, 2004].

Pertanto, un apporto proteico adeguato e di qualità, adattato alle esigenze individuali e alle preferenze alimentari, è fondamentale per mantenere la salute e il funzionamento ottimale dell'organismo per tutta la vita [Brouns et al., 2003].

### *Acidi grassi alimentari*

Gli acidi grassi hanno un intervallo di assunzione raccomandato più ampio rispetto ad altri macronutrienti, che va dal 20% al 35% delle calorie totali per gli adulti di età superiore ai 19 anni. [Poli et al., 2023]. Gli acidi grassi essenziali nella dieta sono solo due: gli omega-3 e gli omega-6. Gli acidi grassi omega-3 si trovano principalmente nei semi di lino, nei semi di chia, nei semi di canapa, nei semi di soia, nelle noci e nel 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 et al., 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



avere un eccesso di grassi omega-6, mangiando alimenti ricchi di questi grassi ma poveri di grassi omega-3. Il rapporto tra omega-6 e omega-3 ha portato a un aumento delle malattie infiammatorie e croniche [Nur Mahendra et al., 2023].

Per equilibrare questo rapporto e ridurre il rischio associato a un'eccessiva assunzione di omega-6, si raccomanda di aumentare il consumo di alimenti ricchi di omega-3 e di ridurre le fonti ricche di omega-6, come gli oli vegetali raffinati. Un modo efficace per migliorare questo equilibrio è quello di includere nella dieta pesci grassi come il salmone, lo sgombro e le sardine, che sono ottime fonti di acidi grassi omega-3 a catena lunga come l'EPA (acido eicosapentaenoico) e il DHA (acido docosaesaenoico). Queste forme di omega-3 sono direttamente utilizzabili dall'organismo e hanno effetti benefici sulla salute cardiovascolare e sulla funzione cerebrale [Calder et al., 2020].

Inoltre, si possono prendere in considerazione integratori di omega-3 a base di olio di pesce o di krill per garantire un'assunzione adeguata, soprattutto per le persone che non consumano abbastanza pesce. È importante monitorare la qualità di questi integratori per evitare contaminanti e garantirne l'efficacia [Innes and Calder, 2020].

Si raccomanda inoltre di prestare attenzione alle fonti di omega-6. Ad esempio, gli oli di girasole, mais e soia, comunemente utilizzati nei prodotti trasformati, sono ricchi di omega-6 e dovrebbero essere consumati con moderazione. Sostituirli con oli più ricchi di omega-3 o con oli con un rapporto più equilibrato, come l'olio d'oliva, può aiutare a mantenere un sano equilibrio di questi acidi grassi essenziali [Simopoulos, 2016].

Pertanto, il mantenimento di un sano rapporto omega-6/omega-3 è essenziale per prevenire l'infiammazione e le malattie croniche, e una dieta equilibrata ricca di fonti naturali di omega-3 e moderata di omega-6 può fornire numerosi benefici per la salute [Simopoulos, 2002].

## **12.2. Micronutrienti vegetali**

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

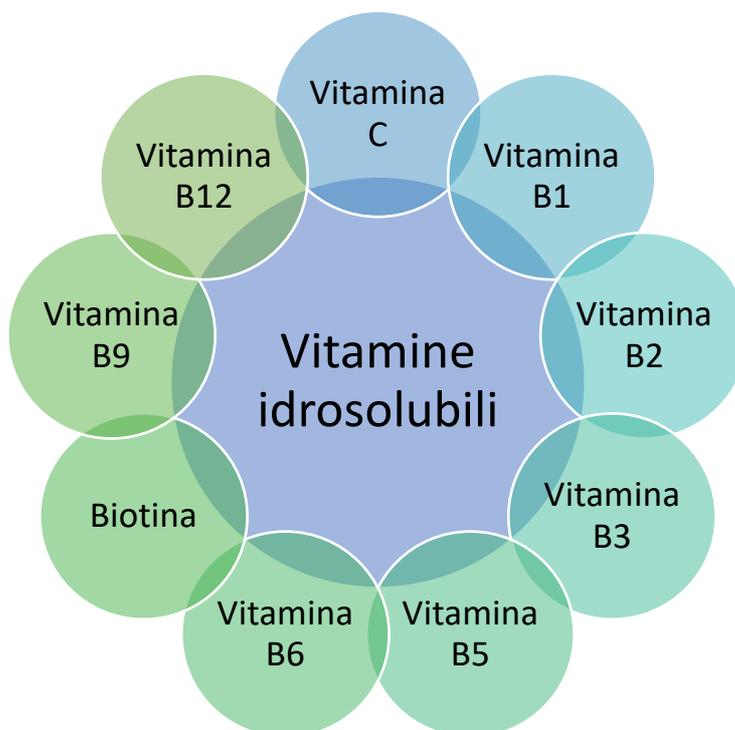


micronutrienti nei prodotti di origine vegetale. Una dieta sana dovrebbe contenere una varietà di micronutrienti come vitamine, minerali e fitonutrienti [Assunção et al., 2022].

### *Vitamine*

Le vitamine e i minerali sono definiti “essenziali” perché non possono essere sintetizzati nell'organismo umano e devono quindi essere ottenuti con la dieta. Sono necessari in quantità variabili nel corso della vita per coordinare varie funzioni fisiologiche e mantenere la salute. Le vitamine sono composti organici che possono essere suddivisi in due categorie, in base alla loro relativa solubilità in acqua e negli oli:

- vitamine idrosolubili: sono solubili in acqua ma non nei grassi;
- vitamine liposolubili: sono solubili nei grassi (e nei solventi organici) ma non nell'acqua.

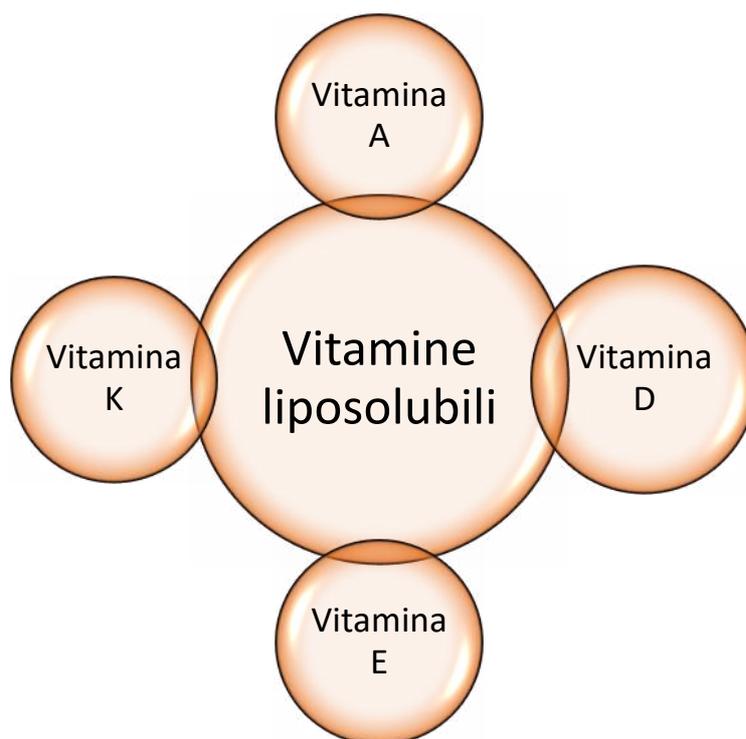


**Figura 12.1. Vitamine idrosolubili**

Le vitamine sono micronutrienti essenziali per mantenere la salute e il funzionamento ottimale dell'organismo. Le vitamine idrosolubili, come la vitamina C e le vitamine del complesso B, sono solubili in acqua e devono essere assunte



quotidianamente perché l'organismo non può immagazzinarle in grandi quantità. La vitamina C è un potente antiossidante che sostiene il sistema immunitario e la salute della pelle, mentre le vitamine del gruppo B sono fondamentali per il metabolismo energetico e la salute dei nervi [Mahan and Raymond, 2016]. D'altra parte, le vitamine liposolubili, come le vitamine A, D, E e K, si dissolvono nei grassi e vengono immagazzinate nell'organismo.



**Figura 12.2. Vitamine liposolubili**

La vitamina A è essenziale per la vista e l'immunità, la vitamina D per la salute delle ossa, la vitamina E come antiossidante e la vitamina K per la coagulazione del sangue e la salute delle ossa [Gropper et al., 2018]. Una dieta equilibrata e varia, ricca di fonti vegetali, può garantire l'apporto di vitamine necessario per una salute ottimale.

Le vitamine si ottengono dagli alimenti, ma alcune vengono acquisite attraverso i microrganismi della flora intestinale che producono biotina e vitamina K. Le carenze di vitamine e l'eccesso di assunzione possono produrre disturbi e tossicità cronica o acuta. Le verdure e la frutta sono una ricca fonte di micronutrienti. Le carenze di vitamine possono portare a diversi problemi di salute. Per esempio, la mancanza di



Co-funded by  
the European Union



vitamina C può causare lo scorbuto, una condizione caratterizzata da debolezza, anemia e problemi alla pelle [Carr and Maggini, 2017].

La carenza di vitamine del gruppo B può portare a diverse condizioni come il beriberi (carenza di vitamina B1), la pellagra (carenza di vitamina B3) e l'anemia megaloblastica (carenza di vitamina B12) [Kennedy, 2016]. La vitamina D è essenziale per l'assorbimento del calcio e la sua carenza può portare al rachitismo nei bambini e all'osteomalacia negli adulti [Holick, 2007]. La vitamina A è fondamentale per la salute della vista e la sua carenza può portare a xeroftalmia e cecità notturna [Sommer, 2008]. Le carenze di vitamina K possono causare problemi di coagulazione del sangue, con conseguenti emorragie eccessive [Shearer, 2009].

Oltre a prevenire le carenze, le vitamine svolgono anche un ruolo preventivo e terapeutico. Ad esempio, è stato dimostrato che la vitamina E può aiutare a proteggere le cellule dal danno ossidativo e che l'integrazione di vitamina D può migliorare la salute delle ossa e ridurre il rischio di osteoporosi [Traber and Stevens, 2011]. La vitamina C non solo sostiene il sistema immunitario, ma promuove anche la guarigione delle ferite e la sintesi del collagene [Carr and Maggini, 2017]. Il complesso di vitamine B è essenziale per il funzionamento del sistema nervoso e per la produzione di energia, oltre ad avere un ruolo importante nel mantenimento della salute mentale e nella prevenzione di depressione e ansia [Kennedy, 2016].

Le fonti naturali di vitamine sono varie e si trovano in molti alimenti. La frutta e la verdura fresche sono ottime fonti di vitamine idrosolubili, mentre noci, semi e oli vegetali sono ricchi di vitamine liposolubili [Gropper et al., 2018]. Inoltre, i prodotti animali come il fegato, il pesce grasso e i latticini sono buone fonti di vitamine A e D [Mahan and Raymond, 2016].

Per garantire un apporto vitaminico adeguato, è importante seguire una dieta varia che includa un'ampia gamma di alimenti. Gli integratori vitaminici possono essere necessari in alcune circostanze, come nel caso di una carenza diagnosticata, di alcune condizioni mediche o durante i periodi di crescita e sviluppo [Traber and Stevens, 2011]. Tuttavia, è essenziale consultare un professionista sanitario prima di iniziare qualsiasi regime di integrazione, per evitare ipervitaminosi o interazioni indesiderate con altri farmaci [Kennedy, 2016].



Inoltre, per le persone con esigenze particolari o condizioni di salute specifiche, l'integrazione di minerali e oligoelementi può essere necessaria sotto la supervisione di un professionista sanitario. Ad esempio, le donne in gravidanza, gli anziani e gli atleti possono avere un fabbisogno nutrizionale maggiore e beneficiare di un'integrazione adeguata per garantire un apporto sufficiente di nutrienti essenziali.

Vitamine idrosolubili - punti chiave:

- ❖ *Vitamina C (acido ascorbico)*: potente antiossidante, sostiene il sistema immunitario, la salute della pelle e l'assorbimento del ferro. Fonti: agrumi, fragole, peperoni.
- ❖ *Vitamine del gruppo B (B1, B2, B3, B5, B6, B7, B9, B12)*: essenziali per il metabolismo energetico, la salute dei nervi e la produzione di cellule del sangue. Fonti: cereali integrali, legumi, noci, semi, verdure a foglia verde.

Vitamine liposolubili - punti chiave:

- ❖ *Vitamina A*: essenziale per la vista, il sistema immunitario e la salute della pelle. Fonti: carote, patate dolci, spinaci.
- ❖ *Vitamina D*: aiuta ad assorbire il calcio e il fosforo, essenziale per la salute delle ossa. Fonti: esposizione al sole (nel caso delle piante, indirettamente attraverso la dieta degli animali che le consumano).
- ❖ *Vitamina E*: antiossidante, protegge le cellule dai danni. Fonti: Noci, semi, spinaci.
- ❖ *Vitamina K*: importante per la coagulazione del sangue e la salute delle ossa. Fonti: verdure a foglia verde (cavolo, spinaci), broccoli, cavolini di Bruxelles.

*I minerali*

I minerali e gli oligoelementi sono essenziali per mantenere la salute e il corretto funzionamento dell'organismo. Minerali come il calcio, il ferro, il magnesio, il potassio e lo zinco svolgono ruoli cruciali in processi quali la salute delle ossa, il trasporto dell'ossigeno, la funzione muscolare e nervosa, la regolazione dell'equilibrio idrico e



l'immunità. Le fonti vegetali di questi minerali includono verdure a foglia verde, legumi, noci e semi.

Il calcio è fondamentale per costruire e mantenere ossa e denti forti, prevenendo condizioni come l'osteoporosi. Fonti ricche di calcio sono i broccoli, le mandorle e il tofu arricchito [Weaver, 2014]. Il ferro è essenziale per la produzione di emoglobina e per il trasporto di ossigeno nel sangue. La carenza di ferro può portare all'anemia, che si manifesta con stanchezza e debolezza. Legumi, spinaci e semi di zucca sono ottime fonti di ferro vegetale [Abbaspour et al., 2014].

Il magnesio contribuisce alla normale funzione muscolare e nervosa, alla sintesi proteica e al controllo degli zuccheri nel sangue. Ricche fonti di magnesio sono i semi di zucca, le mandorle e gli spinaci [Rosanoff et al., 2012]. Il potassio è fondamentale per mantenere l'equilibrio idrico e il corretto funzionamento di cellule e nervi. Banane, patate e avocado sono ottime fonti di potassio [He and MacGregor, 2008]. Lo zinco svolge un ruolo essenziale nel funzionamento del sistema immunitario e nel processo di guarigione delle ferite. Noci, semi di sesamo e ceci sono ricche fonti di zinco [Prasad, 2013].

Oligoelementi come rame, manganese, selenio e iodio sono necessari in quantità minori, ma sono fondamentali per la produzione di energia, il metabolismo dei carboidrati e dei lipidi, la protezione delle cellule e la funzione tiroidea. Il rame è essenziale per la formazione dei globuli rossi e per la funzione del sistema immunitario; fonti ricche sono le noci, i semi e il cioccolato fondente [Harvey et al., 2003]. Il manganese svolge un ruolo cruciale nel metabolismo dei carboidrati e dei lipidi, essendo presente nei cereali integrali, nelle noci e nel tè [Aschner and Aschner, 2005].

Il selenio è un potente antiossidante che protegge le cellule dal danno ossidativo e supporta la funzione tiroidea. Le fonti di selenio sono le noci del Brasile, i semi di girasole e i funghi [Rayman, 2000]. Lo iodio è essenziale per la sintesi degli ormoni tiroidei, che regolano il metabolismo. Tra le fonti ricche di iodio vi sono le alghe, il pesce e i prodotti caseari [Zimmermann and Boelaert, 2015].

Una dieta varia ed equilibrata può garantire un apporto adeguato di minerali e oligoelementi per una salute ottimale. Il consumo regolare di alimenti ricchi di questi nutrienti essenziali può aiutare a prevenire le carenze e a sostenere il corretto



funzionamento dell'organismo. È importante prestare attenzione alla diversità della dieta e includere un'ampia gamma di verdure, frutta, cereali integrali, noci e semi nella dieta quotidiana.

Minerali - punti chiave:

- ❖ *Calcio*: essenziale per la salute di ossa e denti, per la coagulazione del sangue e per la normale funzione muscolare e nervosa. Fonti: verdure a foglia verde (ad es. spinaci, cavoli), broccoli.
- ❖ *Ferro*: necessaria per la produzione di emoglobina e il trasporto di ossigeno nel sangue. Fonti: legumi (fagioli, lenticchie), semi di chia, quinoa.
- ❖ *Magnesio*: importante per la funzione muscolare e nervosa, la regolazione degli zuccheri nel sangue e la sintesi proteica. Fonti: noci, semi, spinaci.
- ❖ *Potassio*: regola l'equilibrio idrico e la pressione sanguigna. Fonti: banane, patate, avocado.
- ❖ *Zinco*: contribuisce al sistema immunitario e alla guarigione delle ferite. Fonti: semi di zucca, anacardi, ceci.
- ❖ *Fosforo*: essenziale per la costruzione di ossa e denti e per la produzione di energia. Fonti: pesce, pollo, lenticchie.
- ❖ *Selenio*: ha proprietà antiossidanti e favorisce il funzionamento della ghiandola tiroidea. Fonti: Noci del Brasile, semi di girasole, funghi.

Oligoelementi - punti chiave:

- ❖ *Rame*: necessaria per la produzione di energia e la formazione del tessuto connettivo. Fonti: funghi, noci, semi.
- ❖ *Manganese*: coinvolto nel metabolismo dei carboidrati e dei lipidi. Fonti: noci, verdure a foglia verde, ananas.
- ❖ *Selenio*: antiossidante che protegge le cellule dai danni. Fonti: Noci del Brasile, semi di girasole, funghi.
- ❖ *Iodio*: essenziale per la funzione tiroidea. Fonti: alghe, mirtilli, fagioli.



Gli alimenti di origine vegetale sono ricche fonti di vitamine e micronutrienti essenziali. Di seguito sono riportati gli alimenti che contengono alcune vitamine e minerali (Figura 12.3).

Nutrient	PRI/AI	Content (per 100 g)	Bioavailability (%)
•(Pro)-vitamin A	•650 µg/d	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Carrot 694 µg</li> <li>•Kale 335 µg</li> <li>•Mango 26 µg</li> <li>•Orange 8 µg</li> </ul>	•0-36%
•Folate	•330 µg/d	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Spinach 300 µg</li> <li>•Broccoli 230 µg</li> </ul>	•60-98%
•Vitamin C	•95 mg/d	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Kale 100 mg</li> <li>•Broccoli 47 mg</li> <li>•Orange 51 mg</li> <li>•Kiwi 79 mg</li> </ul>	•89-90%
•Vitamin K	•70 µg/d	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Kale 623 µg</li> <li>•Spinach 394 µg</li> <li>•Kiwi 79 µg</li> </ul>	•5%
•Potassium	•3500 mg/d	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Spinach 539 mg</li> <li>•Kale 400 mg</li> <li>•Banana 374 mg</li> <li>•Kiwi 312 mg</li> </ul>	•60-85%
•Calcium	•950 mg/d	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Kale 180 mg</li> <li>•Spinach 105 mg</li> <li>•Kiwi 30 mg</li> <li>•Orange 23 mg</li> </ul>	•20-40%

Figura 12.3. Vitamine e minerali presenti in diversi tipi di frutta e verdura.

### *Fitonutrienti*

I fitonutrienti, noti anche come sostanze fitochimiche, sono composti bioattivi presenti nelle piante che apportano notevoli benefici alla salute. Non sono considerati nutrienti essenziali, ma aiutano a prevenire le malattie e a mantenere la salute. I fitonutrienti hanno proprietà antiossidanti, antinfiammatorie e anticancerogene, tra le altre. Tra i fitonutrienti, i polifenoli sono una classe di composti di origine naturale che



hanno attirato l'attenzione. Ad essi sono associate una serie di azioni biologiche benefiche, come le proprietà antiossidanti e la capacità di regolare la funzione delle cellule [Zhang et al., 2022]. Numerosi altri composti, come i flavonoidi, gli stilbeni e i curcuminoidi, svolgono un ruolo importante nella prevenzione delle malattie cardiovascolari, delle malattie neurodegenerative e dei tumori. Inoltre, questi micronutrienti sono spesso cofattori di enzimi e hanno effetti pleiotropici e sinergici, riducendo il rischio di malattie croniche [Monjotin, 2022].

## 1. Flavonoidi

I flavonoidi sono un'importante classe di fitonutrienti presenti nelle piante, riconosciuti per i loro molteplici benefici sulla salute umana. Questi composti bioattivi si trovano in vari tipi di frutta, verdura, tè e altri alimenti di origine vegetale e conferiscono loro non solo colori vivaci, ma anche proprietà antiossidanti, antinfiammatorie e antivirali [Manach et al., 2004]. Grazie a queste proprietà, i flavonoidi contribuiscono a proteggere le cellule dallo stress ossidativo, a ridurre l'infiammazione e a sostenere il sistema immunitario [Panche et al., 2016].

Alcuni studi hanno dimostrato che il consumo regolare di flavonoidi può ridurre il rischio di malattie croniche come quelle cardiovascolari, il diabete e alcuni tipi di cancro [Hollman et al., 1999; Arts and Hollman, 2005]. Pertanto, l'inclusione di alimenti ricchi di flavonoidi nella dieta quotidiana può apportare benefici significativi alla salute generale e al benessere a lungo termine [Bondonno et al., 2019].

### *Tipi di flavonoidi e loro fonti:*

- *Quercitina*: aiuta a ridurre l'infiammazione e può avere effetti antivirali. Fonti: cipolle, mele, bacche.
- *Catechine*: potenti antiossidanti che proteggono le cellule dai danni. Fonti: tè verde, cioccolato fondente, mele.
- *Anthocianine*: contribuiscono alla salute del cuore e hanno proprietà antiossidanti. Fonti: mirtilli, more, melanzane.
- *Luteolina*: ha effetti antinfiammatori e antiossidanti, contribuendo a proteggere le cellule. Fonti: prezzemolo, pepe verde, camomilla.



- *Flavonoidi*: benefici per la salute cardiovascolare e la riduzione del rischio di cancro. Fonti: tè, cipolla, broccoli.

- *Isoflavoni*: contribuiscono all'equilibrio ormonale e alla salute delle ossa. Fonti: soia, tofu, ceci.

## 2. Carotenoidi

I carotenoidi sono una classe di fitonutrienti essenziali presenti in molte piante e alimenti di origine vegetale. Questi composti bioattivi sono pigmenti naturali che conferiscono a frutta e verdura colori vivaci, dal giallo e arancione al rosso intenso [Fraser and Bramley, 2004]. I carotenoidi sono noti per i loro molteplici benefici per la salute, tra cui le proprietà antiossidanti e il ruolo importante nel mantenimento di occhi, pelle e sistema immunitario sani [Krinsky and Johnson, 2005]. Il consumo di alimenti ricchi di carotenoidi è associato a una riduzione del rischio di malattie croniche, come quelle cardiovascolari e alcuni tipi di cancro [van Poppel et al., 1993; Rao and Rao, 2007]. Grazie a questi benefici, includere una varietà di frutta e verdura colorata nella dieta quotidiana può contribuire in modo significativo alla salute e al benessere generale [Johnson, 2002].

- *Beta-carotene*: precursore della vitamina A, essenziale per la vista e l'immunità. Fonti: carote, patate dolci, zucca.

- *Luteina e zeaxantina*: proteggere gli occhi dalla degenerazione maculare. Fonti: spinaci, cavoli, mais.

## 3. Glucosinolati

I glucosinolati sono composti naturali presenti in diverse verdure crucifere, noti per le loro proprietà benefiche per la salute. Questi fitonutrienti svolgono un ruolo essenziale nella protezione dell'organismo da varie malattie, tra cui il cancro. I glucosinolati contribuiscono alla disintossicazione dell'organismo e hanno effetti antinfiammatori, antiossidanti e anticancerogeni [Traka and Mithen, 2009]. Un consumo regolare di verdure ricche di glucosinolati, come broccoli, cavoli, cavolfiori e cavolini di Bruxelles, può contribuire a mantenere la salute e a prevenire le malattie croniche [Higdon et al., 2007].

Alcuni studi hanno dimostrato che i glucosinolati e i loro prodotti di idrolisi, come il sulforafano, possono indurre gli enzimi di disintossicazione di fase II, che aiutano a



neutralizzare i potenziali agenti cancerogeni e a eliminarli dall'organismo [Zhang et al., 1992]. Inoltre, questi composti possono inibire l'infiammazione modulando le vie infiammatorie e riducendo la produzione di citochine pro-infiammatorie [Herr and Büchler, 2010].

I glucosinolati e gli isotiocianati da essi derivati sono stati studiati intensamente per i loro effetti antitumorali. È stato riscontrato che possono inibire la crescita delle cellule tumorali e indurre l'apoptosi in vari tipi di cellule cancerose [Clarke et al., 2008]. Ad esempio, il consumo di verdure crucifere è stato associato a una riduzione del rischio di cancro al colon-retto, ai polmoni e alla prostata [Verhoeven et al., 1996].

Inoltre, gli effetti antiossidanti dei glucosinolati contribuiscono alla protezione delle cellule dallo stress ossidativo, uno dei principali fattori di sviluppo delle malattie croniche e dell'invecchiamento [Fahey et al., 2001]. Pertanto, includere le crucifere nella dieta quotidiana non solo apporta benefici nutrizionali, ma offre anche una protezione a lungo termine contro una serie di disturbi.

- *Sulforafano*: contribuisce alla disintossicazione dell'organismo e ha proprietà antitumorali. Fonti: broccoli, cavolini di Bruxelles, cavolfiore.
- *Glucorafanina*: precursore del sulforafano, con effetti antiossidanti e antinfiammatori. Fonti: broccoli, cavolfiori, cavoli.
- *Glucobrassicina*: si converte in indolo-3-carbinolo, che favorisce la salute ormonale e ha proprietà antitumorali. Fonti: cavolo, cavolfiore, cavolo riccio.
- *Glucoiberina*: contribuisce alla protezione dalle malattie cardiovascolari e supporta la funzione epatica. Fonti: broccoli, cavolini di Bruxelles, cavolo nero.

#### 4. Fitosteroli

I fitosteroli sono composti bioattivi presenti nelle piante che assomigliano strutturalmente al colesterolo e sono noti per i loro benefici per la salute cardiovascolare. Questi nutrienti possono aiutare a ridurre il livello di colesterolo LDL (colesterolo "cattivo") nel sangue, contribuendo così alla prevenzione delle malattie cardiovascolari [Katan et al., 2003]. I fitosteroli hanno anche proprietà antinfiammatorie e antiossidanti, a sostegno della salute generale dell'organismo [Awad and Fink, 2000]. Le principali fonti di fitosteroli includono noci, semi, legumi e oli vegetali [Jones &



AbuMweis, 2009]. Il consumo regolare di alimenti ricchi di fitosteroli può avere un impatto positivo sulla salute del cuore e del sistema circolatorio [Plat and Mensink, 2005].

Alcuni studi hanno dimostrato che i fitosteroli riducono l'assorbimento intestinale del colesterolo, provocando così una diminuzione dei livelli sierici di colesterolo LDL. Una meta-analisi condotta da Katan et al. (2003) ha dimostrato che l'assunzione giornaliera di 2-3 grammi di fitosteroli può ridurre i livelli di colesterolo LDL di circa il 10%. Questa riduzione è significativa e può contribuire a ridurre il rischio di malattie cardiovascolari.

I fitosteroli sono anche associati a proprietà antinfiammatorie. Awad and Fink (2000) hanno dimostrato che questi composti possono ridurre i marcatori infiammatori in vari modelli sperimentali, suggerendo un potenziale beneficio nella prevenzione e nella gestione delle malattie infiammatorie croniche.

Inoltre, i fitosteroli esercitano effetti antiossidanti, proteggendo le cellule dallo stress ossidativo. Lo stress ossidativo è un fattore importante nella patogenesi delle malattie croniche, tra cui quelle cardiovascolari e il cancro [Moghadasian, 2000]. Pertanto, il consumo di alimenti ricchi di fitosteroli non solo aiuta a controllare i livelli di colesterolo, ma protegge anche dai danni ossidativi e infiammatori.

Le fonti alimentari di fitosteroli sono diverse e comprendono frutta a guscio (mandorle, pistacchi), semi (girasole, zucca), legumi (fagioli, piselli) e oli vegetali (olio di oliva, olio di canola) [Jones and AbuMweis, 2009]. Includere questi alimenti nella dieta quotidiana può essere una strategia efficace per migliorare la salute cardiovascolare e ridurre il rischio di malattie croniche.

- ❖ *Beta-sitosterolo*: aiuta a ridurre i livelli di colesterolo e favorisce la salute cardiovascolare. Fonti: Noci, semi, legumi.
- ❖ *Campesterolo*: contribuisce al mantenimento della salute cardiovascolare e ha effetti antinfiammatori. Fonti: oli vegetali, avocado, mandorle.
- ❖ *Stigmasterolo*: favorisce la salute delle articolazioni e può avere effetti antitumorali. Fonti: soia, fagioli, arachidi.



- ❖ *Brassicasterolo*: ha proprietà antiossidanti e può contribuire a mantenere la salute della pelle. Fonti: semi di senape, cavolo, cavoli.

## 5. Polifenoli

I polifenoli sono un gruppo eterogeneo di composti naturali presenti nelle piante, riconosciuti per le loro potenti proprietà antiossidanti e antinfiammatorie. Questi fitonutrienti svolgono un ruolo cruciale nella protezione delle cellule dallo stress ossidativo e dall'infiammazione cronica, contribuendo così alla prevenzione delle malattie cardiovascolari, del cancro e di altre patologie degenerative [Scalbert et al., 2005]. I polifenoli si trovano in molti alimenti, tra cui frutta, verdura, tè, caffè e vino rosso. Il consumo regolare di alimenti ricchi di polifenoli può favorire la salute del cuore, del cervello e del sistema immunitario, promuovendo la longevità e il benessere generale [Williamson, 2017].

Gli studi hanno dimostrato che i polifenoli esercitano effetti benefici attraverso vari meccanismi, tra cui la neutralizzazione dei radicali liberi, la riduzione dell'infiammazione e la modulazione dell'espressione dei geni coinvolti nei processi antiossidanti e antinfiammatori [Pandey and Rizvi, 2009]. Ad esempio, i flavonoidi, un sottogruppo di polifenoli, hanno dimostrato la capacità di migliorare la funzione endoteliale e di ridurre la pressione sanguigna, contribuendo così alla prevenzione delle malattie cardiovascolari [Hollman and Katan, 1999].

Il resveratrolo, un polifenolo presente nel vino rosso, è stato associato a effetti antitumorali e protettivi sul sistema cardiovascolare. Il resveratrolo può indurre l'apoptosi delle cellule cancerogene e inibire la proliferazione cellulare, fornendo così una protezione contro lo sviluppo del tumore [Baur and Sinclair, 2006].

Inoltre, i polifenoli del tè verde, come l'epigallocatechina gallato (EGCG), sono stati studiati per i loro effetti neuroprotettivi. Queste sostanze possono ridurre il rischio di malattie neurodegenerative come l'Alzheimer e il Parkinson, riducendo lo stress ossidativo e l'infiammazione nel cervello [Mandel et al., 2011].

Le fonti alimentari di polifenoli sono varie e includono bacche, agrumi, mele, cipolle, spinaci, cioccolato fondente e vari tipi di tè [Manach et al., 2004]. Includere questi alimenti nella dieta quotidiana può aiutare a mantenere la salute e a prevenire le malattie croniche.



- ❖ Resveratrolo: ha proprietà antinfiammatorie e antiossidanti, benefiche per la salute del cuore. Fonti: uva rossa, vino rosso, mirtilli.
- ❖ Curcumina: antinfiammatoria e potente antiossidante. Fonti: curcuma.
- ❖ Quercetina: contribuisce a ridurre l'infiammazione e ha effetti antivirali. Fonti: mele, cipolle, tè verde.
- ❖ Epicatechina: benefica per la salute cardiovascolare e la funzione cerebrale. Fonti: cioccolato fondente, tè verde, mele.
- ❖ Acido ellagico: ha proprietà anticancerogene e favorisce la salute della pelle. Fonti: melograno, fragole, noci.

## 6. Terpenoidi

I terpenoidi, noti anche come isoprenoidi, sono un'ampia classe di composti organici presenti in molte piante e in alcuni animali. Queste molecole aromatiche sono responsabili degli odori e dei sapori caratteristici di molte piante e hanno un'ampia gamma di benefici per la salute. I terpenoidi hanno proprietà antinfiammatorie, antiossidanti, antimicrobiche e anticancerogene, contribuendo alla protezione dell'organismo contro varie malattie e infezioni [Thoppil and Bishayee, 2011]. Le fonti comuni di terpenoidi sono gli agrumi, la menta piperita, l'eucalipto, l'origano e la lavanda. Il consumo e l'uso di terpenoidi può favorire la salute e il benessere generale, fornendo benefici sia interni che esterni [Gershenzon and Dudareva, 2007].

I terpenoidi sono coinvolti in diversi processi biologici e terapeutici. Ad esempio, il limonene, uno dei principali terpenoidi presenti nella buccia degli agrumi, è noto per le sue proprietà antitumorali e per la capacità di modulare gli enzimi coinvolti nella disintossicazione dell'organismo [Crowell, 1999]. Il carvacrolo, presente nell'origano, ha dimostrato forti effetti antimicrobici contro un'ampia gamma di batteri e funghi [Burt, 2004].

Un altro importante terpenoide è il mentolo, presente nella menta piperita, che ha proprietà analgesiche e antinfiammatorie ed è comunemente usato nei prodotti per la cura personale e nei farmaci per uso topico per alleviare il dolore e l'infiammazione [Eccles, 1994]. L'eucaliptolo, il componente principale dell'olio di eucalipto, è noto per i suoi effetti antiossidanti e per la sua capacità di migliorare la funzione respiratoria [Juergens et al., 2003].



I terpenoidi svolgono inoltre un ruolo cruciale nella protezione delle piante da patogeni ed erbivori, contribuendo alle loro difese naturali [Gershenzon and Dudareva, 2007]. Questi composti sono ampiamente utilizzati in aromaterapia e nell'industria farmaceutica per i loro benefici terapeutici.

- Limonene: ha effetti antinfiammatori e anticancerogeni. Fonti: agrumi (buccia di limone, arancia).

- Mentolo: utilizzato per il suo effetto calmante e antinfiammatorio. Fonti: menta, eucalipto.

- Carvacrolo: ha proprietà antimicrobiche e antinfiammatorie. Fonti: origano, timo.

- Linalolo: noto per i suoi effetti sedativi e ansiolitici. Fonti: lavanda, coriandolo.

- Beta-cariofillene: aiuta a ridurre l'infiammazione e favorisce la salute del sistema nervoso. Fonti: pepe nero, chiodi di garofano.

### **7. Altri fitonutrienti**

- Allicina: ha proprietà antibatteriche e antivirali. Fonti: aglio, cipolla.

- Capsaicina: può contribuire a ridurre il dolore e ha proprietà antinfiammatorie. Fonti: peperoncini.

- Apigenina: contribuisce a ridurre l'infiammazione e può avere effetti antitumorali. Fonti: prezzemolo, camomilla, sedano.

- Luteina: è utile per la salute degli occhi e riduce il rischio di degenerazione maculare. Fonti: spinaci, cavoli, tuorlo d'uovo.

- Antociani: potenti antiossidanti che favoriscono la salute cardiovascolare e immunitaria. Fonti: mirtilli, more, ciliegie nere.

### **12.3. I benefici dei fitonutrienti per la salute**

I fitonutrienti svolgono un ruolo cruciale nella prevenzione e nella gestione di diverse malattie croniche. Ad esempio, i carotenoidi e i polifenoli sono potenti antiossidanti che proteggono le cellule dallo stress ossidativo e dai danni al DNA, riducendo così il rischio di cancro e di malattie cardiovascolari [Liu, 2004]. I flavonoidi presenti nel tè verde e nel vino rosso sono stati associati a un miglioramento della salute del cuore grazie alla riduzione dell'infiammazione e al miglioramento della funzione endoteliale [Arts and Hollman, 2005].

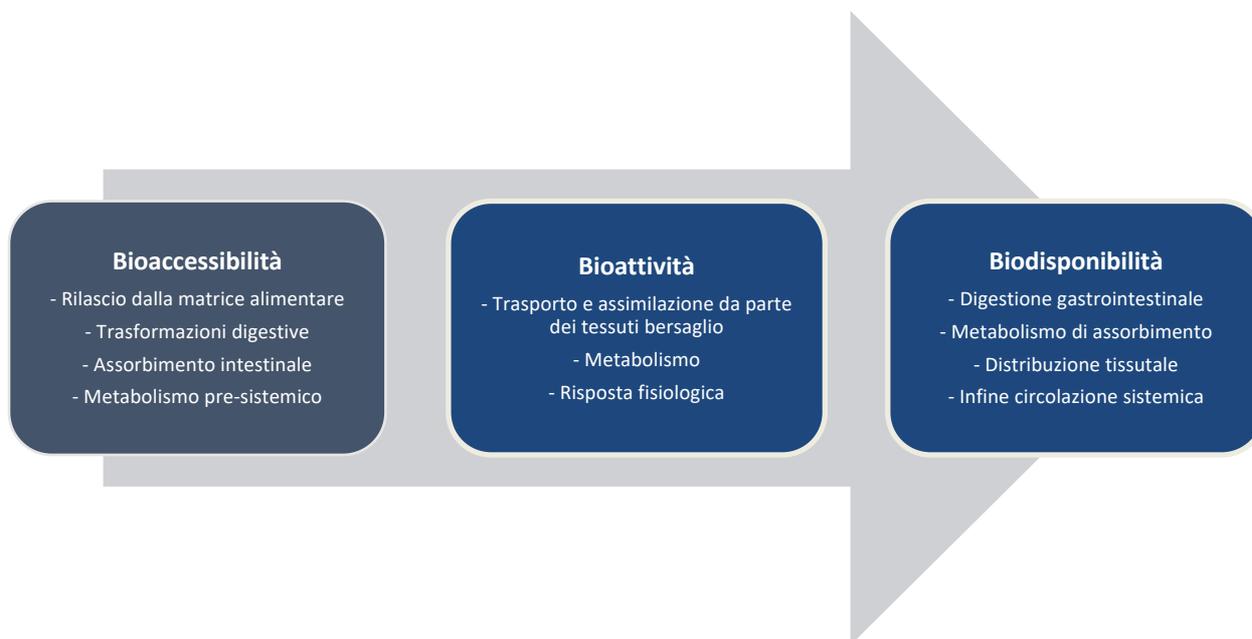


Inoltre, i glucosinolati contenuti nelle crucifere possono attivare gli enzimi di disintossicazione del fegato, contribuendo all'eliminazione delle sostanze cancerogene dall'organismo [Higdon et al., 2007]. I fitosteroli contenuti nella frutta secca e nei semi possono ridurre i livelli di colesterolo LDL, migliorando il profilo lipidico e riducendo il rischio di aterosclerosi [Plat and Mensink, 2005].

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 quelle cardiovascolari.

I legumi e i fagioli possono essere considerati sia come verdure che come alternativa alla carne grazie a un profilo nutrizionale comparabile, ricco di proteine, ferro e zinco. Il *Phaseolus vulgaris* (fagioli) è una fonte a basso contenuto glicemico di carboidrati complessi, vitamine, minerali, proteine, fibre e composti fitochimici con diverse proprietà bioattive. La loro inclusione nella dieta è utile per migliorare condizioni patologiche come le malattie cardiovascolari e il diabete di tipo 2, la diversità microbica intestinale, la salute del colon e l'infiammazione cronica di basso grado. [Mullins, 2021]. Le antocianine, principalmente delphinidina, petunidina e malvidina, sono alcune delle sostanze fitochimiche più abbondanti presenti nei fagioli e hanno dimostrato di migliorare il controllo glicemico e di ridurre il rischio di malattie cardiovascolari.

Diversi fattori chiave influenzano la biodisponibilità dei fitonutrienti nel sistema metabolico umano. Durante la digestione, i fitonutrienti subiscono una scomposizione enzimatica nel tratto gastrointestinale prima di essere assorbiti attraverso la parete intestinale ed entrare nel flusso sanguigno. Tuttavia, l'efficienza della digestione può variare a seconda del fitonutriente specifico e degli enzimi digestivi dell'individuo. [Siddiqui, 2023].



**Figura 12.4. I processi subiti dai fitonutrienti nel corpo umano.**

Il termine “Bioattività” comprende tutti gli effetti fisiologici che genera [Takur, 2020].

#### **12.4. Integrare i fitonutrienti nella dieta**

Per beneficiare degli effetti protettivi dei fitonutrienti, è essenziale seguire una dieta varia ed equilibrata, ricca di frutta, verdura, noci e semi. Il consumo regolare di alimenti ricchi di fitonutrienti non solo protegge dalle malattie croniche, ma sostiene anche la salute generale migliorando la funzione immunitaria, riducendo l'infiammazione e proteggendo dallo stress ossidativo [Williamson, 2017].

Si può anche prendere in considerazione l'integrazione con fitonutrienti, ma è preferibile ottenere questi composti da alimenti integrali, poiché le interazioni tra i diversi fitonutrienti e altri composti bioattivi presenti negli alimenti possono amplificare gli effetti benefici.

Tra i fitonutrienti, i polifenoli sono una classe di composti presenti in natura che hanno attirato l'attenzione. Ad essi sono associate numerose azioni biologiche benefiche, come le proprietà antiossidanti e la capacità di regolare la funzione cellulare [Zhang et al., 2022]. Una serie di altri composti come i flavonoidi, gli stilbeni e i



curcuminoidi svolgono un ruolo importante nella prevenzione delle malattie cardiovascolari, delle malattie neurodegenerative e dei tumori. Inoltre, questi micronutrienti sono spesso cofattori di enzimi e hanno effetti pleiotropici e sinergici, riducendo il rischio di malattie croniche [Monjotin, 2022].

Questi fitonutrienti contribuiscono alla salute generale proteggendo l'organismo dai radicali liberi, riducendo le infiammazioni e sostenendo il sistema immunitario. Mangiare una varietà di frutta, verdura, noci e semi garantisce un apporto adeguato di fitonutrienti, favorendo così una dieta equilibrata e molteplici benefici per la salute.

### *Stilbeni*

Gli stilbeni sono un'importante classe di composti organici presenti sia in natura che in varie applicazioni industriali. Sono noti per la loro struttura basata su due nuclei benzenici legati da un ponte etilenico (C=C), che conferisce loro proprietà fisiche e chimiche uniche [Hecht, 2001]. Gli stilbeni sono di grande interesse per la chimica organica grazie alla loro capacità di subire diverse reazioni fotochimiche e di formare derivati con diverse applicazioni [Brimioulle et al., 2015].

In natura, gli stilbeni si trovano nelle piante, dove svolgono ruoli essenziali nei meccanismi di difesa contro gli agenti patogeni. Un esempio notevole è il resveratrolo, uno stilbene presente in natura nell'uva e in altri frutti, che ha attirato l'attenzione dei ricercatori per i suoi potenziali benefici sulla salute umana, tra cui le proprietà antiossidanti e antinfiammatorie [Baur and Sinclair, 2006]. Il resveratrolo è stato ampiamente studiato per i suoi effetti protettivi contro le malattie cardiovascolari e per la sua capacità di prevenire alcuni tipi di cancro [Afaq and Mukhtar, 2003].

Oltre alla loro presenza in natura, gli stilbeni trovano ampia applicazione nell'industria. Sono utilizzati come precursori nella sintesi di polimeri, coloranti e materiali optoelettronici [Ravindranath et al., 2002]. Inoltre, grazie alle loro proprietà fluorescenti e alla capacità di formare cristalli liquidi, gli stilbeni sono utilizzati nello sviluppo di materiali per i display e altre tecnologie avanzate [Miller et al., 1992].

### *Curcuminoidi*



I curcuminoidi sono una classe di composti polifenolici presenti soprattutto nella pianta *Curcuma longa*, nota come curcuma. Questi composti sono responsabili del colore giallo vibrante della curcuma e hanno attirato l'attenzione dei ricercatori per i loro potenziali benefici per la salute [Aggarwal et al., 2007].

I curcuminoidi sono noti per le loro proprietà antiossidanti, antinfiammatorie e antitumorali e vengono studiati intensamente per la loro applicabilità nella medicina moderna [Goel et al., 2008]. Il curcuminoide più noto è la curcumina, che ha mostrato effetti promettenti in numerosi studi preclinici e clinici. Oltre alla curcumina, la curcuma contiene anche demetossicurcumina e bisdemetossicurcumina, che contribuiscono all'attività biologica complessiva dell'estratto di curcuma [Anand et al., 2007].

Queste sostanze sono state tradizionalmente utilizzate nella medicina ayurvedica e cinese per trattare diverse condizioni, tra cui infiammazioni, dolori e disturbi digestivi [Gupta et al., 2013]. Attualmente la ricerca si concentra sulla delucidazione dei meccanismi molecolari con cui i curcuminoidi esercitano i loro effetti terapeutici e sullo sviluppo di formulazioni che ne migliorino la biodisponibilità [Anand et al., 2007].

Anche l'industria degli alimenti e degli integratori alimentari sfrutta i curcuminoidi per le loro proprietà coloranti e conservanti naturali, offrendo una sana alternativa agli additivi sintetici [Priyadarsini, 2014]. I curcuminoidi continuano quindi ad essere oggetto di una ricerca intensa e innovativa, avendo il potenziale per contribuire in modo significativo al miglioramento della salute umana e allo sviluppo di prodotti a valore aggiunto [Lao et al., 2006].

Una dieta a base vegetale ha numerosi benefici per la salute e le prove scientifiche dimostrano che il consumo regolare di verdura, frutta, cereali integrali, noci e semi può ridurre significativamente il rischio di malattie croniche come quelle cardiovascolari. Gli studi dimostrano che le diete a base vegetale aiutano a ridurre l'infiammazione, a migliorare la funzione immunitaria e a gestire il peso corporeo. Possono anche aiutare a prevenire il diabete di tipo 2 e ad abbassare la pressione sanguigna, grazie all'elevato contenuto di fibre, vitamine, minerali e antiossidanti presenti negli alimenti vegetali.



Oltre ai benefici individuali per la salute, le diete a base vegetale possono avere un impatto positivo sull'ambiente. L'agricoltura intensiva per la produzione di carne e latticini contribuisce in modo significativo alle emissioni di gas serra, alla deforestazione e all'eccessivo consumo di acqua. La riduzione del consumo di prodotti animali e l'aumento del consumo di alimenti vegetali possono contribuire a ridurre l'impronta ecologica globale, contribuendo a un ambiente più sostenibile.

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, in quanto contengono nutrienti essenziali, antiossidanti e fibre alimentari. Tuttavia, il loro uso deve essere guidato da prove scientifiche e gli individui devono essere consapevoli delle potenziali interazioni e dei dosaggi per garantire la loro sicurezza ed efficacia. È essenziale che le persone interessate a includere le erbe nella propria dieta consultino un professionista della salute per ricevere raccomandazioni appropriate e personalizzate. Inoltre, educare i consumatori sulle fonti sicure ed etiche di piante medicinali è fondamentale per prevenire la contaminazione e l'uso improprio. Un approccio informato e integrato può quindi massimizzare i benefici di una dieta a base vegetale e dell'uso di piante medicinali, contribuendo a migliorare la salute e il benessere generale.

## **Bibliografia**

Abbaspour, N., Hurrell, R., & Kelishadi, R. (2014). *Review on iron and its importance for human health. Journal of Research in Medical Sciences*, 19(2), 164-174.

Aggarwal, B. B., Kumar, A., & Bharti, A. C. (2003). *Anticancer potential of curcumin: preclinical and clinical studies. Anticancer Research*, 23(1A), 363-398.

Alcorta, A., Porta, A., Tárrega, A., Alvarez, M. D., & Vaquero, M. P. (2021). *Foods for Plant-Based Diets: Challenges and Innovations. Foods*, 10(2), 293.

Anand, P., Kunnumakkara, A. B., Newman, R. A., & Aggarwal, B. B. (2007). *Bioavailability of curcumin: problems and promises. Molecular Pharmaceutics*, 4(6), 807-818.



- Anderson, J. W., Baird, P., Davis Jr, R. H., Ferreri, S., Knudtson, M., Koraym, A., ... & Williams, C. L. (2009). *Health benefits of dietary fiber. Nutrition Reviews*, 67(4), 188-205.
- Arts, I. C., & Hollman, P. C. (2005). *Polyphenols and disease risk in epidemiologic studies. The American Journal of Clinical Nutrition*, 81(1), 317S-325S.
- Aschner, J. L., & Aschner, M. (2005). *Nutritional aspects of manganese homeostasis. Molecular Aspects of Medicine*, 26(4-5), 353-362.
- Awad, A. B., & Fink, C. S. (2000). *Phytosterols as anticancer dietary components: evidence and mechanism of action. The Journal of Nutrition*, 130(9), 2127-2130.
- Bach-Faig, A., Berry, E. M., Lairon, D., Reguant, J., Trichopoulou, A., Dernini, S., ... & Serra-Majem, L. (2011). *Mediterranean diet pyramid today. Science and cultural updates. Public Health Nutrition*, 14(12A), 2274-2284.
- Baur, J. A., & Sinclair, D. A. (2006). *Therapeutic potential of resveratrol: the in vivo evidence. Nature Reviews Drug Discovery*, 5(6), 493-506.
- Bondonno, N. P., Bondonno, C. P., Hodgson, J. M., & Croft, K. D. (2019). *Flavonoids and cardiovascular health. Current Opinion in Lipidology*, 30(1), 39-44.
- Brimioulle, R., Lenhart, D., Maturi, M. M., & Bach, T. (2015). *Enantioselective catalysis of photochemical reactions. Angewandte Chemie International Edition*, 54(14), 3872-3890.
- Brouns, F., Bjorck, I., Frayn, K. N., Gibbs, A. L., Lang, V., Slama, G., & Wolever, T. M. (2003). *Glycaemic index methodology. Nutrition Research Reviews*, 16(1), 3-33.
- Burt, S. (2004). *Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223-253.
- Calder, P. C., Dangour, A. D., Diekman, C., Eilander, A., Koletzko, B., Meijer, G. W., ... & van Loo, J. (2020). *Nutritional roles of n-3 fatty acids in primary and secondary prevention of cardiovascular disease. Atherosclerosis*, 300, 1-8.
- Carr, A. C., & Maggini, S. (2017). *Vitamin C and immune function. Nutrients*, 9(11), 1211.
- Clarke, J. D., Dashwood, R. H., & Ho, E. (2008). *Multi-targeted prevention of cancer by sulforaphane. Cancer Letters*, 269(2), 291-304.



- Clemente-Suárez, V. J., Ramos-Campo, D. J., Mielgo-Ayuso, J., Hormeño-Holgado, A., Tornero-Aguilera, J. F., Redondo-Flórez, L., ... & de la Vega, R. (2021). *Nutrition in the actual COVID-19 pandemic. A narrative review. Nutrients*, 13(6), 1924.
- Crowell, P. L. (1999). *Prevention and therapy of cancer by dietary monoterpenes. The Journal of Nutrition*, 129(3), 775S-778S.
- Eccles, R. (1994). *Menthol and related cooling compounds. Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 46(8), 618-630.
- English, L. K., Ard, J. D., Bailey, R. L., Bates, M., Bazzano, L. A., & Brown, C. (2021). *Dietary Guidelines for Americans, 2020-2025: Evidence-Based Recommendations to Promote Health and Prevent Chronic Disease. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 121(6), 1098-1111.
- Fahey, J. W., Zhang, Y., & Talalay, P. (2001). *Broccoli sprouts: an exceptionally rich source of inducers of enzymes that protect against chemical carcinogens. Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94(19), 10367-10372.
- Fraser, P. D., & Bramley, P. M. (2004). *The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. Progress in Lipid Research*, 43(3), 228-265.
- Gershenzon, J., & Dudareva, N. (2007). *The function of terpene natural products in the natural world. Nature Chemical Biology*, 3(7), 408-414.
- Goel, A., Kunnumakkara, A. B., & Aggarwal, B. B. (2008). *Curcumin as "Curecumin": From kitchen to clinic. Biochemical Pharmacology*, 75(4), 787-809.
- Gorissen, S. H., Crombag, J. J., Senden, J. M., Waterval, W. A., Bierau, J., Verdijk, L. B., & Van Loon, L. J. (2018). *Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. Amino Acids*, 50(12), 1685-1695.
- Gropper, S. S., Smith, J. L., & Carr, T. P. (2018). *Advanced nutrition and human metabolism. Cengage Learning*.
- Gupta, S. C., Patchva, S., & Aggarwal, B. B. (2013). *Therapeutic roles of curcumin: lessons learned from clinical trials. AAPS Journal*, 15(1), 195-218.
- Harvey, L. J., Ashton, K., Hooper, L., Casgrain, A., & Fairweather-Tait, S. J. (2003). *Methods of assessment of copper status in humans: a systematic review. American Journal of Clinical Nutrition*, 88(1), 200-205.



Co-funded by  
the European Union



- He, F. J., & MacGregor, G. A. (2008). *Beneficial effects of potassium on human health. Physiologia Plantarum*, 133(4), 725-735.
- Hecht, S. M. (2001). *Stilbenes as anti-cancer agents. Journal of Natural Products*, 64(12), 1662-1665.
- Herr, I., & Büchler, M. W. (2010). *Dietary constituents of broccoli and other cruciferous vegetables: implications for prevention and therapy of cancer. Cancer Treatment Reviews*, 36(5), 377-383.
- Hertzler, S. R., Lieblein-Boff, J. C., Weiler, M., & Allgeier, C. (2020). *Plant proteins: Assessing their nutritional quality and effects on health and physical function. Nutrients*, 12(12), 3704.
- Hever, J. (2017). *Plant-Based Diets: A Physician's Guide. The Permanente Journal*, 21, 17-017.
- Higdon, J. V., Delage, B., Williams, D. E., & Dashwood, R. H. (2007). *Cruciferous vegetables and human cancer risk: epidemiologic evidence and mechanistic basis. Pharmacological Research*, 55(3), 224-236.
- Hoffman, J. R., & Falvo, M. J. (2004). *Protein—which is best?. Journal of Sports Science & Medicine*, 3(3), 118-130.
- Holick, M. F. (2007). *Vitamin D deficiency. New England Journal of Medicine*, 357(3), 266-281.
- Hollman, P. C., & Katan, M. B. (1999). *Dietary flavonoids: intake, health effects and bioavailability. Food and Chemical Toxicology*, 37(9-10), 937-942.
- Innes, J. K., & Calder, P. C. (2020). *Omega-6 fatty acids and inflammation. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 132, 101-104.
- Johnson, E. J. (2002). *The role of carotenoids in human health. Nutrition in Clinical Care*, 5(2), 56-65.
- Jones, P. J., & AbuMweis, S. S. (2009). *Phytosterols as functional food ingredients: linkages to cardiovascular disease and cancer. Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 12(2), 147-151.
- Juergens, U. R., Stöber, M., Vetter, H., & Wagner, F. (2003). *Inhibition of cytokine production and arachidonic acid metabolism by eucalyptol (1,8-cineole) in human blood monocytes in vitro. European Journal of Medical Research*, 8(9), 447-453.



- Katan, M. B., Grundy, S. M., Jones, P., Law, M., Miettinen, T., & Paoletti, R. (2003). *Efficacy and safety of plant stanols and sterols in the management of blood cholesterol levels. Mayo Clinic Proceedings*, 78(8), 965-978.
- Kennedy, D. O. (2016). *B vitamins and the brain: mechanisms, dose and efficacy—a review. Nutrients*, 8(2), 68.
- Krinsky, N. I., & Johnson, E. J. (2005). *Carotenoid actions and their relation to health and disease. Molecular Aspects of Medicine*, 26(6), 459-516.
- Lao, C. D., Ruffin, M. T., Normolle, D., Heath, D. D., Murray, S., Bailey, J. M., ... & Brenner, D. E. (2006). *Dose escalation of a curcuminoid formulation. BMC Complementary and Alternative Medicine*, 6(1), 1-4.
- Liu, A. G., Ford, N. A., Hu, F. B., Zelman, K. M., Mozaffarian, D., & Kris-Etherton, P. M. (2022). *A healthy approach to dietary fats: understanding the science and taking action to reduce consumer confusion. Nutrition Journal*, 21, 22.
- Liu, R. H. (2004). *Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action. The Journal of Nutrition*, 134(12), 3479S-3485S.
- Lonnie, M., Hooker, E., Brunstrom, J. M., Corfe, B. M., Green, M. A., Watson, A. W., ... & Johnstone, A. M. (2018). *Protein for life: Review of optimal protein intake, sustainable dietary sources and the effect on appetite in ageing adults. Nutrients*, 10(3), 360.
- Mahan, L. K., & Raymond, J. L. (2016). *Krause's food & the nutrition care process. Elsevier Health Sciences*.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004). *Polyphenols: food sources and bioavailability. The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5), 727-747.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004). *Polyphenols: food sources and bioavailability. The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5), 727-747.
- Mandel, S. A., Amit, T., Weinreb, O., & Youdim, M. B. (2011). *Cell signaling pathways in the neuroprotective actions of the green tea polyphenol (-)-epigallocatechin-3-gallate: implications for neurodegenerative diseases. Journal of Neurochemistry*, 88(6), 1555-1569.



- Mann, J., & Truswell, A. S. (Eds.). (2012). *Essentials of Human Nutrition*. Oxford University Press.
- Marriott, B. P., Cole, N., & Lee, E. (2010). National estimates of dietary fructose intake increased from 1977 to 2004 in the United States. *The Journal of Nutrition*, 140(2), 366-371.
- McGuire, S. (2016). *USDA Report: A Half-Century of Change in America's Eating Patterns*. *Advances in Nutrition*, 7(4), 679-680.
- Miller, J. R., Spangler, C. W., & Mason, M. G. (1992). Fluorescence of stilbene and its derivatives: Effects of methyl and methoxy substitution. *Journal of Physical Chemistry*, 96(4), 1234-1240.
- Moghadasian, M. H. (2000). *Phytosterols and modulation of atherosclerosis: current perspectives and future directions*. *Life Sciences*, 67(6), 605-615.
- Mullins, A. P., & Arjmandi, B. H. (2021). Health benefits of plant-based nutrition: focus on beans in cardiometabolic diseases. *Nutrients*, 13(2), 519.
- Nur Mahendra, M. S., Nagahara, R., & Hara, Y. (2023). The impact of omega-6/omega-3 fatty acid ratio on inflammation and chronic diseases. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2023, 1-9.
- Pan, M. H., Lai, C. S., & Ho, C. T. (2013). Anti-inflammatory activity of natural dietary flavonoids. *Food & Function*, 4(6), 819-825.
- Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). *Flavonoids: an overview*. *Journal of Nutritional Science*, 5, e47.
- Pandey, K. B., & Rizvi, S. I. (2009). *Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease*. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2(5), 270-278.
- Phillips, S. M., & Van Loon, L. J. (2011). Dietary protein for athletes: from requirements to optimum adaptation. *Journal of Sports Sciences*, 29(sup1), S29-S38.
- Plat, J., & Mensink, R. P. (2005). *Plant stanol and sterol esters in the control of blood cholesterol levels: mechanism and safety aspects*. *The American Journal of Cardiology*, 96(1), 15-22.
- Poli, A., Visioli, F., Sirtori, C. R., & Corsini, A. (2023). Dietary fats and cardiovascular risk: A review of the evidence. *Pharmacological Research*, 186, 106551.



- Prasad, A. S. (2013). *Discovery of human zinc deficiency: its impact on human health and disease. Advances in Nutrition*, 4(2), 176-190.
- Priyadarsini K. I. (2014). *The chemistry of curcumin: from extraction to therapeutic agent. Molecules (Basel, Switzerland)*, 19(12), 20091–20112.
- Rao, A. V., & Rao, L. G. (2007). *Carotenoids and human health. Pharmacological Research*, 55(3), 207-216.
- Ravindranath, K., Ganesh, K., & Adinarayana, R. (2002). *Stilbene based dendritic macromolecules. Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 40(7), 1028-1036.
- Rayman, M. P. (2000). *The importance of selenium to human health. Lancet*, 356(9225), 233-241.
- Rosanoff, A., Weaver, C. M., & Rude, R. K. (2012). *Suboptimal magnesium status in the United States: are the health consequences underestimated?. Nutrition Reviews*, 70(3), 153-164.
- Satija, A., Bhupathiraju, S. N., Rimm, E. B., Spiegelman, D., Chiuve, S. E., Borgi, L., ... & Hu, F. B. (2016). *Plant-based dietary patterns and incidence of type 2 diabetes in US men and women: results from three prospective cohort studies. PLoS Medicine*, 13(6), e1002039.
- Scalbert, A., Manach, C., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2005). *Dietary polyphenols and the prevention of diseases. Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(4), 287-306.
- Shearer, M. J. (2009). *Vitamin K deficiency bleeding (VKDB) in early infancy. Blood Reviews*, 23(2), 49-35.
- Siddiqui, S. A., Azmy Harahap, I., Suthar, P., Wu, Y. S., Ghosh, N., & Castro-Muñoz, R. (2023). *A comprehensive review of phytonutrients as a dietary therapy for obesity. Foods*, 12(19), 3610.
- Simopoulos, A. P. (2002). *The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56(8), 365-379.
- Simopoulos, A. P. (2016). *An increase in the omega-6/omega-3 fatty acid ratio increases the risk for obesity. Nutrition*, 32(5), 495-502.



- Slavin, J. L. (2013). *Carbohydrates, dietary fiber, and resistant starch in white vegetables: links to health outcomes. Advances in Nutrition*, 4(3), 351S-355S.
- Soliman, G. A. (2019). *Dietary fiber, atherosclerosis, and cardiovascular disease. Nutrients*, 11(5), 1155.
- Sommer, A. (2008). *Vitamin A deficiency and clinical disease: an historical overview. Journal of Nutrition*, 138(10), 1835-1839.
- Tapsell, L. C., Hemphill, I., Cobiac, L., Patch, C. S., Sullivan, D. R., Fenech, M., ... & Inge, K. E. (2006). *Health benefits of herbs and spices: the past, the present, the future. The Medical Journal of Australia*, 185(S4), S4-S24.
- Thakur, N., Raigond, P., Singh, Y., Mishra, T., Singh, B., Lal, M. K., & Dutt, S. (2020). *Recent updates on bioaccessibility of phytonutrients. Trends in Food Science & Technology*, 97, 366-380.
- Thoppil, R. J., & Bishayee, A. (2011). *Terpenoids as potential chemopreventive and therapeutic agents in liver cancer. World Journal of Hepatology*, 3(9), 228-249.
- Traber, M. G., & Stevens, J. F. (2011). *Vitamins C and E: beneficial effects from a mechanistic perspective. Free Radical Biology and Medicine*, 51(5), 1000-1013.
- Traka, M., & Mithen, R. (2009). *Biology and nutritional impact of glucosinolates and isothiocyanates in human health. Advances in Botanical Research*, 50, 1-36.
- USDA. (2020). *Dietary Guidelines for Americans, 2020-2025. U.S. Department of Agriculture*.
- van Poppel, G., Spanhaak, S., & Ockhuizen, T. (1993). *Effect of beta-carotene on immune function in healthy male smokers. The American Journal of Clinical Nutrition*, 57(3), 407-412.
- Verhoeven, D. T., Verhagen, H., Goldbohm, R. A., van den Brandt, P. A., & van Poppel, G. (1996). *A review of mechanisms underlying anticarcinogenicity by brassica vegetables. Chemico-Biological Interactions*, 103(2), 79-129.
- Weaver, C. M. (2014). *Calcium in health and disease. Proceedings of the Nutrition Society*, 73(2), 274-277.
- Williamson, G. (2017). *The role of polyphenols in modern nutrition. Nutrition Bulletin*, 42(3), 226-235.



Co-funded by  
the European Union



- Young, V. R., & Pellett, P. L. (1994). *Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition. The American Journal of Clinical Nutrition*, 59(5), 1203S-1212S.
- Zhang, Z., Li, X., Sang, S., McClements, D. J., Chen, L., Long, J., Jiao, A., Jin, Z., & Qiu, C. (2022). *Polyphenols as Plant-Based Nutraceuticals: Health Effects, Encapsulation, Nano-Delivery, and Application. Foods (Basel, Switzerland)*, 11(15), 2189.
- Zhang, Y., Talalay, P., Cho, C. G., & Posner, G. H. (1992). *A major inducer of anticarcinogenic protective enzymes from broccoli: isolation and elucidation of structure. Proceedings of the National Academy of Sciences*, 89(6), 2399-2403.
- Zimmermann, M. B., & Boelaert, K. (2015). *Iodine deficiency and thyroid disorders. The Lancet Diabetes & Endocrinology*, 3(4), 286-295.



## **Capitolo 13. Problemi attuali nella sicurezza dei nuovi alimenti e fonti nutritive: 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 essere nuovi alimenti, alimenti prodotti con 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: mais, patate e pomodori dall’America sono stati importati in Europa a partire dal XV secolo, così come riso e pasta importati dall’Asia, oppure il 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 fonti specifiche per ottenere alimenti nutrizionalmente sani, formulati anche senza ricorrere a materie prime e ingredienti tradizionalmente utilizzati [Siegrist and Hartmann, 2020]. La ricerca attuale, infatti, si concentra su diverse categorie di fonti alimentari e processi produttivi.



Co-funded by  
the European Union



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 et al., 2023]. L'allevamento di insetti, ad esempio, ha minori emissioni di gas serra e può quindi rappresentare una valida alternativa alle fonti proteiche animali [Van Huis and Oonincx, 2017].

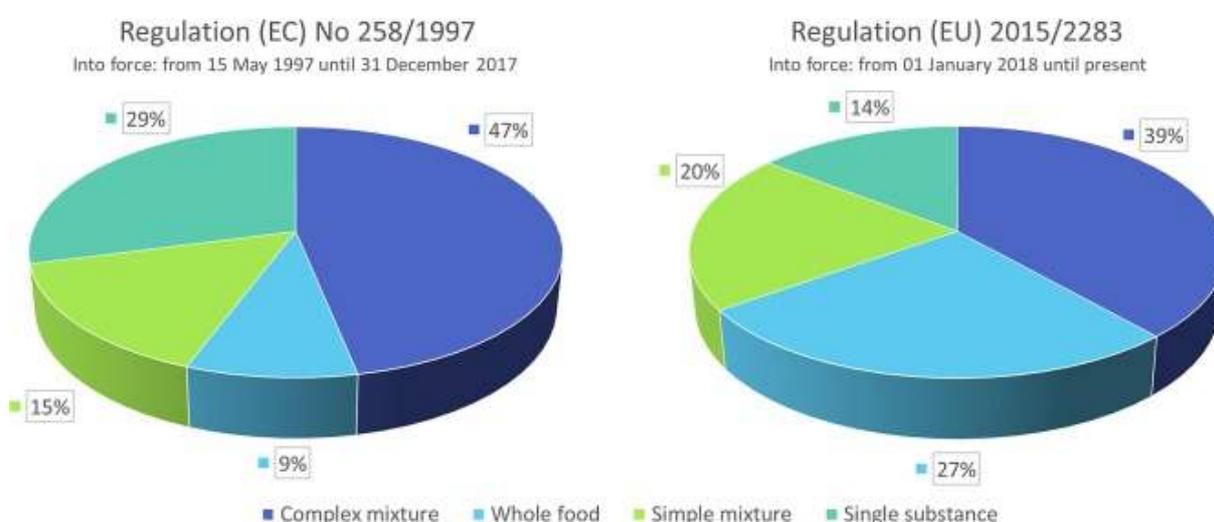
La biomassa del lievito *Yarrowia lipolytica* è una grande fonte di proteine, aminoacidi esogeni, oligoelementi essenziali e composti lipidici, principalmente acidi grassi insaturi, nonché una fonte di vitamine del gruppo B [Jach and Malm, 2022]. Dei 26 estratti approvati come nuovi alimenti dall'Unione 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 et al., 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.

L'Autorità europea per la sicurezza alimentare (EFSA) ha il ruolo di identificare e caratterizzare eventuali pericoli legati al consumo di nuovi alimenti e di valutare il rischio associato al loro consumo nelle condizioni d'uso proposte. L'EFSA è diventata operativa nel 2003 e nel 2018, con l'attuazione del regolamento (UE) 2015/2283 (che abroga e sostituisce il regolamento n. 258/97), è diventata l'unica entità dell'UE responsabile dell'esecuzione di tali valutazioni del rischio. Tutti i nuovi alimenti ricevuti dall'EFSA sono stati raggruppati in base alla fonte, al fine di attirare ulteriormente l'attenzione sul profilo altamente eterogeneo di questi prodotti regolamentati.

I nuovi alimenti sono stati raggruppati in sostanze singole, miscele semplici, miscele complesse e alimenti interi, secondo le rispettive definizioni fornite dal documento di orientamento sui nuovi alimenti dell'EFSA [EFSA NDA Panel, 2016a]. Nello studio di Ververis e collaboratori [Ververis et al., 2020] viene effettuata un'analisi approfondita dell'esperienza maturata dall'EFSA nella valutazione del rischio dei nuovi alimenti e delle motivazioni dietro le più frequenti richieste scientifiche



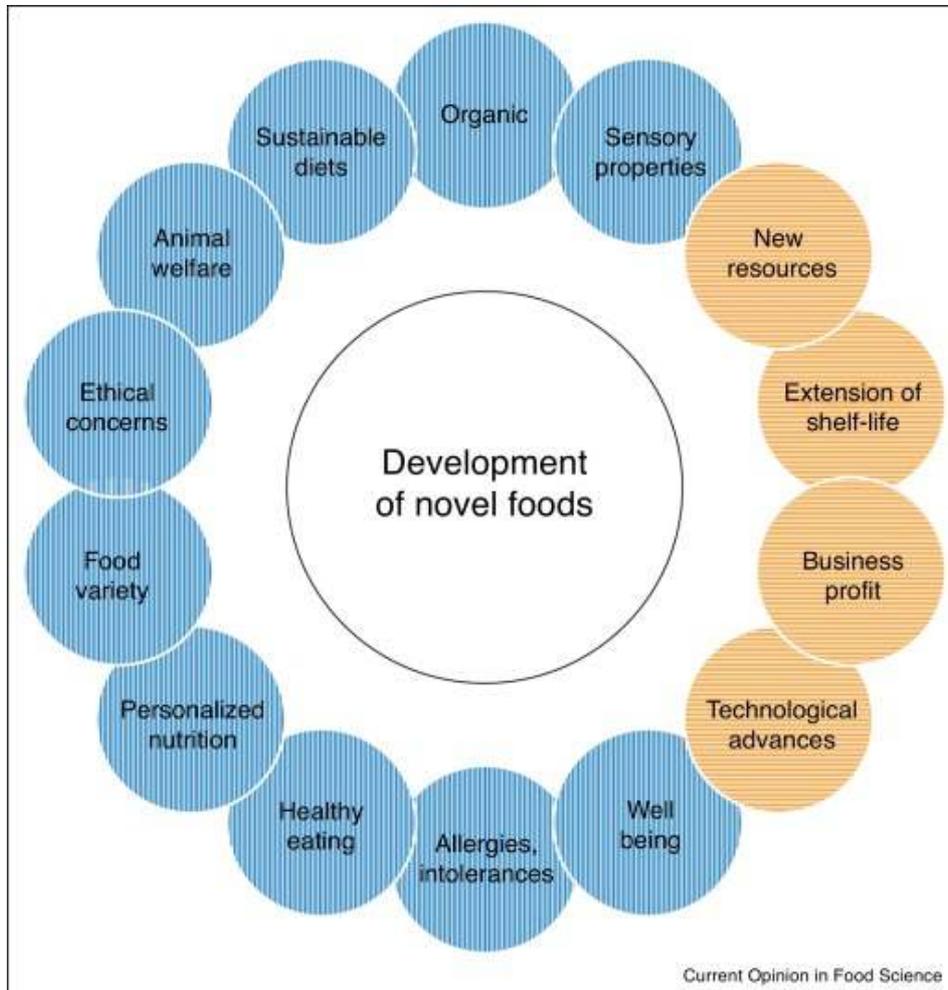
dell'EFSA ai richiedenti. Lo studio ha analizzato tutte le richieste di nuovi prodotti alimentari ricevute dall'EFSA dal gennaio 2003 alla fine del 2019. I risultati hanno mostrato che il numero di richieste di nuovi prodotti alimentari ricevute dall'EFSA tra il 2003 e il 2017 era basso (una media di 5 domande all'anno), mentre nel 2018, con l'attuazione della nuova normativa, ha raggiunto il picco di 40 nel 2018 e di 39 nel 2019



**Figura 13.1. Il tipo di nuovi alimenti che sono entrati nella valutazione del rischio dell'EFSA (% delle richieste di nuovi alimenti) [Ververis et al., 2020].**

Le miscele complesse rappresentano una percentuale considerevole dei nuovi alimenti valutati dall'EFSA. La percentuale di nuovi alimenti integrali è aumentata dall'attuazione del nuovo regolamento, mentre la percentuale di nuove sostanze singole è diminuita.

Le motivazioni per lo sviluppo di nuovi alimenti sono diverse dal punto di vista dei consumatori e dell'industria. Due tendenze correlate hanno dominato la ricerca scientifica sui nuovi alimenti nei paesi occidentali: i) l'impatto della produzione alimentare sull'ambiente, sul cambiamento climatico e sul benessere degli animali ha incoraggiato le persone a evitare di mangiare carne, e le alternative e i sostituti della carne sono costituiti da vegetali alternative a base di insetti e carne artificiale; ii) la consapevolezza del legame tra cibo e salute ha creato un mercato per prodotti con proprietà benefiche per la salute.



**Figura 13.2. Motivazioni per lo sviluppo di nuovi alimenti dal punto di vista dei consumatori (in blu) e dell'industria (in giallo) [Tourila and Hartmann, 2020].**

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



Co-funded by  
the European Union



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 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 legandosi alle proteine plasmatiche mentre in fase metabolica 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 and Van Breemen, 2019].

Un prerequisito fondamentale per il successo della terapia è l'efficacia e la sicurezza dei farmaci utilizzati. Questi parametri vengono testati in ampi studi clinici prima che vengano approvati nuovi farmaci. Tuttavia, bisogna tenere conto del fatto che diversi fattori possono alterare le caratteristiche dei farmaci quando utilizzati nella popolazione generale, come mutazioni nel bersaglio del farmaco, portando a cambiamenti nell'espressione proteica o nei meccanismi di resistenza.



Wiesner e collaboratori hanno studiato le interazioni della levotiroxina con gli alimenti e gli integratori dietetici [Wiesner et al., 2021]. La levotiroxina (l-tiroxina, l-T4) è un farmaco di scelta per il trattamento dell'ipotiroidismo congenito e primario. I risultati hanno dimostrato che l'assunzione di l-T4 al mattino e prima di coricarsi è ugualmente efficace e anche che la co-somministrazione di l-T4 con il cibo dipende dalla formulazione del farmaco. Caffè, prodotti a base di soia, integratori di fibre, calcio o ferro e la nutrizione enterale hanno comportato un ridotto assorbimento di l-T4.

Nello studio di Duda-Chodak e Tarko sono stati evidenziati i possibili effetti collaterali dei polifenoli e la loro interazione con farmaci e integratori alimentari [Duda-Chodak and Tarko, 2023]. I polifenoli sono un ampio gruppo di composti che comprendono acidi fenolici, flavonoidi, lignani, stilbeni, ecc. La loro attività dipende sia dalla loro bioaccessibilità (la quantità di un nutriente ingerito che è disponibile per l'assorbimento nell'intestino dopo la digestione) sia dalla loro biodisponibilità (la frazione di nutriente ingerito che raggiunge la circolazione sistemica e i siti specifici dove può esercitare la sua azione biologica).

I principali fattori che influenzano la biodisponibilità/bioaccessibilità dei polifenoli sono la matrice alimentare, la lavorazione degli alimenti e gli enzimi digestivi. Inoltre, alcuni composti polifenolici possono esplicare la loro attività biologica solo dopo la biotrasformazione da parte del microbiota intestinale. I polifenoli, per le loro proprietà antiossidanti e la capacità di contrastare i radicali liberi e le specie reattive dell'ossigeno, esercitano un effetto benefico sulla salute umana e si ritiene che rallentino il processo di invecchiamento oltre che siano utili nella prevenzione dello sviluppo di molte malattie. Per questo motivo sono diventate popolari le diete ricche di composti polifenolici e gli integratori alimentari che li contengono. Non va però dimenticato che il consumo di composti polifenolici, soprattutto in grandi quantità in forma purificata (integratori al posto di frutta e verdura), può provocare effetti collaterali o addirittura avere un impatto negativo sulla nostra salute.

I polifenoli sono in grado di chelare gli ioni dei metalli di transizione (ad es. Fe) nell'intestino in modo che non possano essere assorbiti, portando allo sviluppo di anemia. Tra i potenti inibitori dell'assorbimento del ferro ci sono diversi tè ricchi di catechine. I flavonoidi sono in grado di formare complessi con le proteine e questo

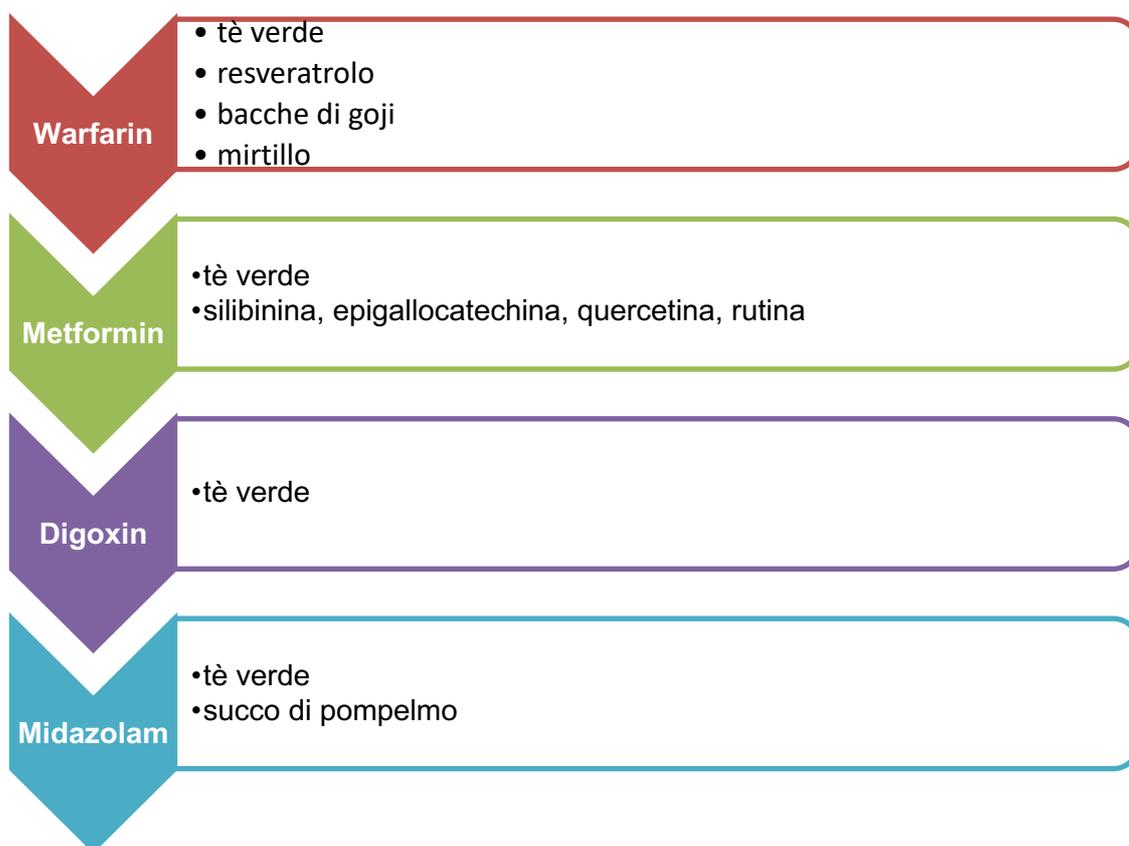


Co-funded by  
the European Union



porta all'inibizione di enzimi specifici come gli enzimi digestivi. In alcune malattie può essere utile, ad es. nel trattamento del diabete, ma in individui sani, eventuali disturbi nell'attività degli enzimi digestivi sono sfavorevoli, poiché causano sintomi spiacevoli a livello del sistema digestivo, nonché la ridotta assimilazione di alcuni nutrienti.

L'esperetina, la luteolina, la quercetina, la catechina e la rutina sono flavonoidi che producono un'inibizione dell' $\alpha$ -amilasi. I polifenoli del tè, gli estratti di pera africana cruda, gli estratti vegetali contenenti acido rosmarinico e gli estratti di *Rubus corchorifolius* inibiscono l' $\alpha$ -glucosidasi e l' $\alpha$ -amilasi. L'epigallocatechina-3-gallato (EGCG) inibisce la lattasi. I polifenoli possono alterare l'assorbimento, la distribuzione e il metabolismo dei farmaci. Quando il metabolismo di un farmaco è limitato, la sua concentrazione nel sangue o nei tessuti aumenta, provocando diversi effetti a volte molto pericolosi. Inoltre, i polifenoli possono anche influenzare il trasporto dei farmaci attraverso la loro interazione con i trasportatori dei farmaci, ad esempio la glicoproteina P. Ciò significa che esiste un rischio considerevole di un impatto negativo delle interazioni farmaco-polifenoli, soprattutto per i farmaci con un indice terapeutico ristretto come warfarin, ciclosporina A e digossina.



**Figura 13.3. Interazione polifenoli-farmaci.**

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.

### **Bibliografia**

Duda-Chodak, A., & Tarko, T. (2023). *Possible side effects of polyphenols and their interactions with medicines. Molecules, 28(6), 2536.*



- Fortin, N.D. (2022). *Food regulation: law, science, policy, and practice*. John Wiley & Sons.
- Grimsby, S. (2020). New novel food regulation and collaboration for innovation. *British Food Journal*, 123(1), 245-59.
- Iwatsubo, T. (2020). *Evaluation of drug–drug interactions in drug metabolism: Differences and harmonization in guidance/guidelines*. *Drug metabolism and pharmacokinetics*, 35(1), 71-5.
- Jach, M. E., & Malm, A. (2022). *Yarrowia lipolytica as an Alternative and Valuable Source of Nutritional and Bioactive Compounds for Humans*. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(7), 2300.
- Quintieri, L., Nitride, C., De Angelis, E., Lamonaca, A., Pilolli, R., Russo, F., & Monaci, L. (2023). *Alternative Protein Sources and Novel Foods: Benefits, Food Applications and Safety Issues*. *Nutrients*, 15(6), 1509.
- Siegrist, M., Hartmann, C. (2020). *Consumer acceptance of novel food technologies*. *Nature Food*, 1(6), 343-50.
- Sprouse, A.A., Van Breemen, R.B. (2016). *Pharmacokinetic interactions between drugs and botanical dietary supplements*. *Drug Metabolism and Disposition*, 44(2), 162-71.
- Tuorila, H., & Hartmann, C. (2020). *Consumer responses to novel and unfamiliar foods*. *Current Opinion in Food Science*, 33, 1-8.
- Van Huis, A., Oonincx, D.G. (2017). *The environmental sustainability of insects as food and feed. A review*. *Agronomy for Sustainable Development*, 37, 1-4.
- Ververis, E., Ackerl, R., Azzollini, D., Colombo, P. A., de Sesmaisons, A., Dumas, C., Fernandez-Dumont, A., Ferreira da Costa, L., Germini, A., Goumperis, T., Kouloura, E., Matijevic, L., Precup, G., Roldan-Torres, R., Rossi, A., Svejstil, R., Turla, E., & Gelbmann, W. (2020). *Novel foods in the European Union: Scientific requirements and challenges of the risk assessment process by the European Food Safety Authority*. *Food research international (Ottawa, Ont.)*, 137, 109515.
- Wiesner, A., Gajewska, D., & Paško, P. (2021). *Levothyroxine interactions with food and dietary supplements—a systematic review*. *Pharmaceuticals*, 14(3), 206.



## **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. Molti elementi ambientali possono influenzare la qualità, la crescita e la distribuzione delle piante medicinali. Per alcune piante, ad esempio la liquirizia, la coltivazione è spesso improduttiva. È noto che il profilo chimico delle piante riflette la resilienza delle piante all'interno della stessa specie a causa di diverse condizioni climatiche, data di raccolta, allelopatia e molte altre condizioni ambientali. Ad esempio, *H. officinalis* subsp. *aristatus* raccolti in diverse aree caratterizzate da diverse condizioni ambientali e climatiche e in anni diversi, hanno rivelato importanti differenze nella composizione degli oli essenziali [Guerrini et al., 2021].

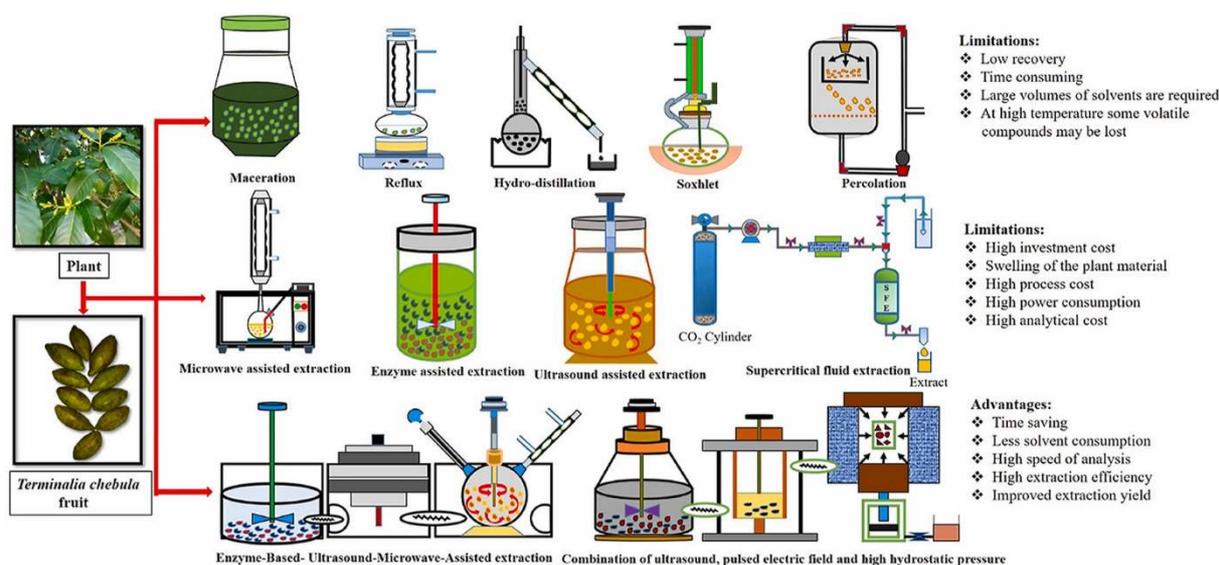
Il concetto di preparazione della pianta officinale prevede la corretta e tempestiva raccolta della pianta, l'autenticazione da parte di un esperto, un'adeguata essiccazione e la macinazione. Ciò è seguito dall'estrazione, dal frazionamento e dall'isolamento del composto bioattivo, ove applicabile. I preparati che si possono ottenere dalle piante sono numerosi.

Gli estratti sono preparati di consistenza liquida, semisolida o solida, ottenuti mediante varie tecniche di estrazione (macerazione, infusione, decozione, percolazione, digestione ed estrazione Soxhlet, estrazione superficiale, estrazione assistita da ultrasuoni ed estrazione assistita da microonde). (Figure 14.1).

Gli estratti sono preparati derivati dall'evaporazione totale o parziale di soluzioni ottenute per esaurimento delle droghe vegetali essiccate, utilizzando idonei solventi [Azwanida, 2015].



Co-funded by  
the European Union



**Figura 14.1. Tecniche di estrazione di composti bioattivi [Jha, 2022].**

La scelta di un metodo di estrazione appropriato dipende dalla natura del materiale vegetale, dal solvente utilizzato, dal pH del solvente, dalla temperatura e dalla ragione solvente/campione. Dipende anche dalla destinazione d'uso dei prodotti finali. Il solvente utilizzato per l'estrazione delle piante medicinali è noto anche come mestruo. La scelta del solvente dipende dal tipo di pianta, dalla parte di pianta da estrarre e dalla natura dei composti bioattivi.

Utilizzando processi di macerazione o percolazione si possono ottenere estratti classificabili 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].

Altre preparazioni ottenute 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 et al., 2020].

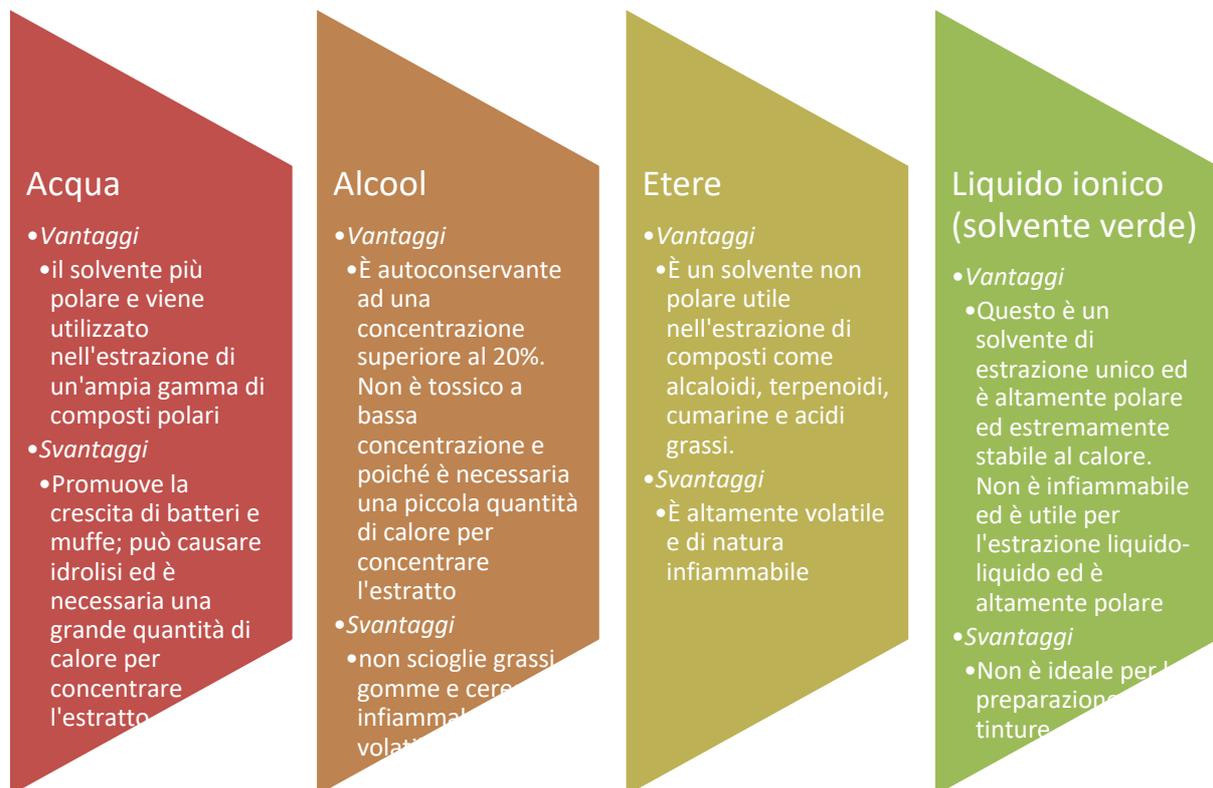


Figura 14.2. Proprietà del solvente delle estrazioni.

Una delle procedure di estrazione avanzate nella preparazione delle piante medicinali è l'estrazione assistita da microonde che utilizza il meccanismo di rotazione dipolo e trasferimento ionico mediante spostamento di ioni carichi presenti nel solvente e nel materiale farmaceutico. L'estrazione assistita da microonde presenta vantaggi



speciali come la riduzione al minimo del solvente e del tempo di estrazione, ma questo metodo è adatto solo per composti fenolici specifici mentre alcuni composti come tannini e antociani possono essere degradati a causa dell'elevata temperatura coinvolta.

L'estrazione assistita da ultrasuoni è un'altra procedura di estrazione avanzata. Questo metodo prevede l'applicazione di energia sonora per distruggere tutte le cellule vegetali e aumentare la superficie del farmaco per la penetrazione del solvente con la realizzazione di metaboliti secondari. I vantaggi di questo processo sono: è applicabile a piccoli campioni; riduce i tempi di estrazione e la quantità di solvente utilizzato, e massimizza la resa ma questo metodo è difficilmente riproducibile; inoltre, un'elevata quantità di energia applicata può degradare le sostanze fitochimiche producendo radicali liberi [Abubakar and Haque, 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 et al., 2018].

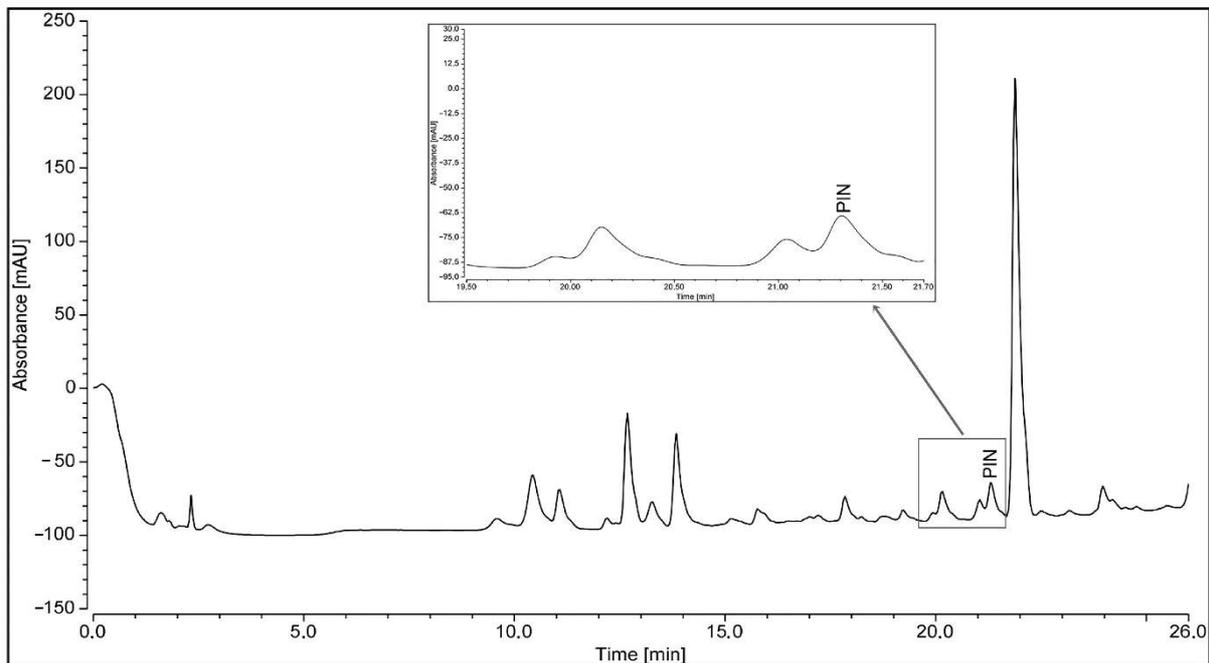
Per affrontare i problemi legati alla complessità chimica dell'estratto di erbe, i ricercatori hanno adottato l'approccio dell'impronta digitale delle erbe. Poiché l'intero modello di composti (fitocomplesso) caratterizza la composizione chimica della droga erboristica, l'impronta cromatografica rappresenta una metodologia qualitativa completa, in cui gli interi cromatogrammi sono stati valutati durante l'analisi dei dati per discriminare tra diversi genotipi.

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]. Esistono molti rapporti sulle tecniche di impronta digitale per valutare l'identità e la qualità dei prodotti botanici, che sono principalmente analisi cromatografiche, tra cui la cromatografia liquida ad alte prestazioni (HPLC), la gascromatografia (GC), la cromatografia liquida a prestazioni ultra (UPLC) e l'elettroforesi capillare (CE). I metodi



spettroscopici vengono applicati anche per ottenere le impronte digitali [Donno et al., 2016].

- 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 utilizzata per la purificazione e separazione di miscele di composti organici [Revathy et al., 2011].
- 2) Gas Cromatografia (GC): in questo caso la fase mobile è un gas e la fase stazionaria è un rivestimento o 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 et al., 2019].
- 3) High-Performance Liquid Chromatography (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 et al., 2020]. Di seguito è mostrato l'identificazione della pinosilvina nel *Pinus nigra* subsp. *laricio*, uno stilbenoide naturale che sopprime l'espressione di citochine e mediatori pro-infiammatori indotta da LPS e che inibisce la via di segnalazione JAK/STAT [Perri et al., 2023].



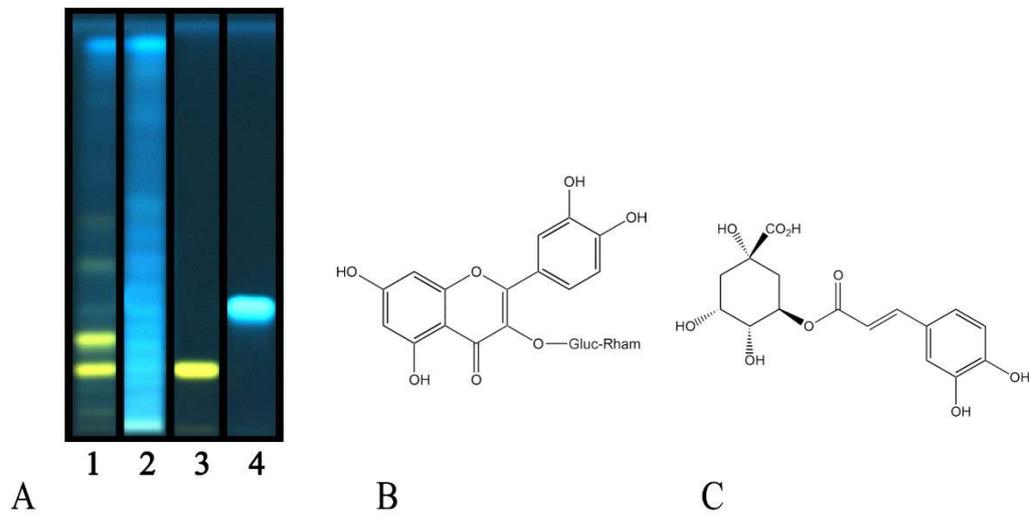
**Figure 14.3. HPLC chromatogram of *Pinus nigra* subsp. *laricio* knotwood extract: pinosylvin (PIN) identification.**

- 4) High-Performance Thin-Layer Chromatography (HPTLC - High-Performance Thin-Layer Chromatography): 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 la 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 and Chittela, 2018].

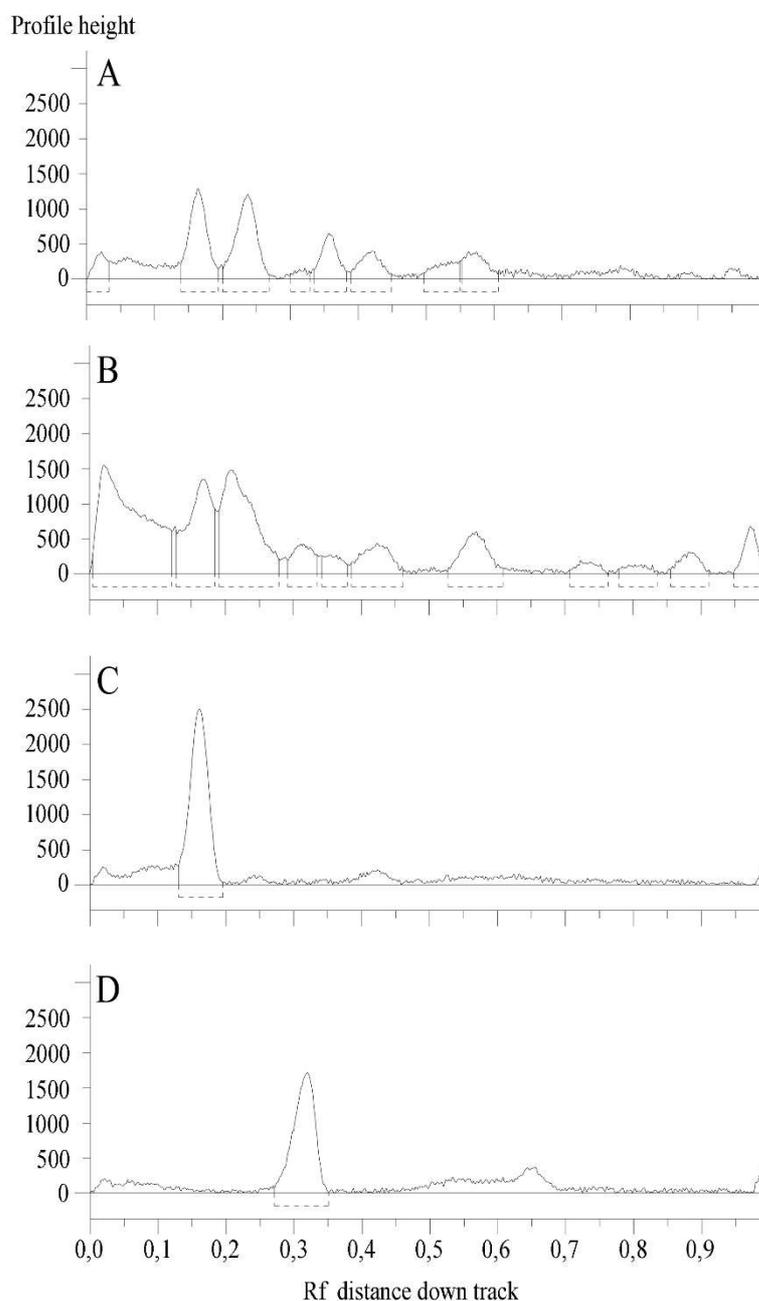
Di seguito è riportato un esempio di analisi HPTLC [Amodeo et al., 2019].



Co-funded by  
the European Union



**Figura 14.4. (A) Analisi HPTLC delle frazioni di acetato di etile di *Chenopodium album* L. (Amaranthaceae) e *Sisymbrium officinale* (L.) Scop. (Brassicaceae). Tracce: 1, *C. album* L.; 2, *S. officinale* (L.) Scop.; 3, rutina; 4, acido clorogenico. (B) rutina. (C) acido clorogenico.**



**Figura 14.5. Cromatogrammi HPTLC dei campioni e degli standard analizzati. A, C. album L.; B, S. officinale (L.) Scop.; C, rutina (Rf = 0,16).; D, acido clorogenico (Rf = 0,32).**

Il contenuto totale di polifenoli può essere determinato con il metodo Folin-Ciocalteu, utilizzando l'acido clorogenico come standard. Il reagente Folin-Ciocalteu è composto da una miscela di due acidi: fosfomolibdico ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ) e fosfotungstico



Co-funded by  
the European Union



( $H_3PW_{12}O_{40}$ ). In condizioni basiche la reazione chimica porta alla riduzione di questo reagente e, macroscopicamente, si può osservare un colore blu intenso che indica la quantità di polifenoli presenti nel campione.

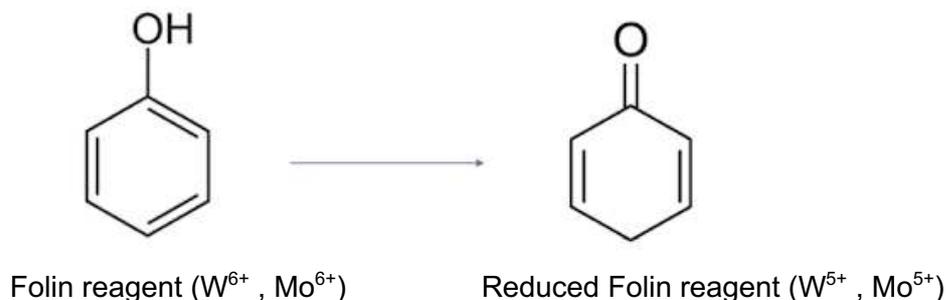


Figura 14.6. Principio del metodo Folin-Ciocalteu.

Il contenuto totale di flavonoidi può essere valutato con un saggio colorimetrico basato sulla formazione di un complesso flavonoide-alluminio con massimo assorbimento a 430 nm.

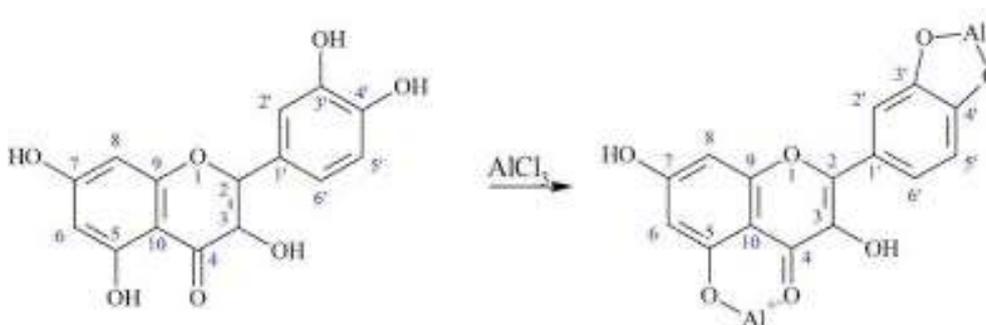


Figura 14.7. Reazione del flavonoide-cloruro di alluminio ( $AlCl_3$ ).

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



Co-funded by  
the European Union



piante che crescono nelle zone montuose e quelle che crescono nelle pianure [Altemimi et al., 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 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 et al., 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.

Nella verifica della qualità, della purezza e dell'integrità dei prodotti botanici, vengono applicate tecniche e strategie speciali a causa della natura complessa dei componenti dei prodotti erboristici (Figura 14.3). Stabilità termica dei campioni, determinazione della variazione di massa ed entalpia, elevata sensibilità, riproducibilità e rapida risposta alla variazione dei risultati sono le qualità delle tecniche termiche come l'analisi termogravimetrica e l'analisi termica differenziale. Nell'analisi termica, le funzioni di tempo e temperatura vengono utilizzate come parametri di definizione.

Nelle procedure di analisi termica vengono utilizzati intervalli di temperatura compresi tra 25 e 1000 °C. Durante i processi di riscaldamento dell'analisi si ottengono segnali di massa che rivelano la perdita di massa (massa persa nel processo di degradazione termica) in diverse fasi di definizione (endotermica ed esotermica). Per stabilire gli standard della farmacopea delle formulazioni di erbe medicinali è stato utilizzato il profilo di impronte digitali HPTLC, i componenti fitochimici delle formulazioni possono essere divulgati e l'efficacia, la sicurezza e la qualità possono essere garantite [Balekundri and Mannur, 2020].



Figura 14.8. Metodi di standardizzazione erboristica.

## Bibliografia

Abubakar, A. R., & Haque, M. (2020). *Preparation of medicinal plants: Basic extraction and fractionation procedures for experimental purposes. Journal of Pharmacy and Bioapplied Sciences*, 12(1), 1-10.

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

Amodeo, V., Marrelli, M., Pontieri, V., Cassano, R., Trombino, S., Conforti, F., & Statti, G. (2019). *Chenopodium album L. and Sisymbrium officinale (L.) Scop.: phytochemical content and in vitro antioxidant and anti-inflammatory potential. Plants*, 8(11), 505.

Aziz, Z.A.A., Ahmad, A., Setapar, S.H.M., Karakucuk, A., Azim, M.M., Lokhat, D., Rafatullah, M., Ganash, M., Kamal, M.A., Ashraf, G.M. (2018). *Essential Oils:*



*Extraction Techniques, Pharmaceutical And Therapeutic Potential - A Review. Curr Drug Metab.*, 19(13), 1100-1110.

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

Balekundri, A., & Mannur, V. (2020). *Quality control of the traditional herbs and herbal products: a review. Future Journal of Pharmaceutical Sciences*, 6, 1-9.

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

Donno, D., Boggia, R., Zunin, P., Cerutti, A. K., Guido, M., Mellano, M. G., ... & Beccaro, G. L. (2016). *Phytochemical fingerprint and chemometrics for natural food preparation pattern recognition: an innovative technique in food supplement quality control. Journal of food science and technology*, 53, 1071-1083.

Guerrini, A., Sacchetti, G., Echeverria Guevara, M. P., Paganetto, G., Grandini, A., Maresca, I., Menghini L., Di Martino L., Marengo A. & Tacchini, M. (2021). *Wild Italian Hyssopus officinalis subsp. aristatus (Godr.) Nyman: from morphological and phytochemical evidences to biological activities. Plants*, 10(4), 631.

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

McNair, H.M., Miller, J.M., Snow, N.H. (2019). *Basic gas chromatography. John Wiley & Sons.*

Perri, M. R., Pellegrino, M., Marrelli, M., Aquaro, S., Cavaliere, F., Grande, F., ... & Statti, G. (2023). *Identification of Pinosylvin in Pinus nigra subsp. laricio: A Naturally Occurring Stilbenoid Suppressing LPS-Induced Expression of Pro-Inflammatory Cytokines and Mediators and Inhibiting the JAK/STAT Signaling Pathway. Pharmaceuticals*, 16(5), 718.

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

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



Co-funded by  
the European Union



Revathy, S., Elumalai, S., Antony, M.B. (2011). *Isolation, purification and identification of curcuminoids from turmeric (Curcuma longa L.) by column chromatography. Journal of Experimental sciences, 27, 2(7).*

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



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

### **15.1. Introduzione**

Gli integratori sono prodotti che vengono consumati in aggiunta alla dieta regolare per fornire ulteriori nutrienti benefici per la salute e il benessere del corpo. A questo proposito, gli integratori alimentari sono destinati ad integrare la dieta, contengono ingredienti quali vitamine, minerali, aminoacidi, erbe o sostanze botaniche e possono essere somministrati sotto forma di pillole, capsule o diverse forme farmaceutiche liquide [Wierzejska, 2021].

La medicina tradizionale si basa sulle piante che rappresentano una fonte primaria e importante di molti farmaci oggi in uso, gli esempi più comuni sono l'aspirina e la morfina. Inoltre, nella produzione di integratori alimentari vengono utilizzati numerosi prodotti a base vegetale. La popolarità dei prodotti erboristici è aumentata di recente, una tendenza che può essere spiegata dalla lunga storia del loro utilizzo. Secondo i sondaggi, circa il 20% degli adulti consuma regolarmente integratori a base di erbe [Bailey et al., 2011; Wierzejska, 2021].

È importante notare che uno dei problemi più significativi associati a questo elevato apporto di integratori alimentari è che la maggior parte delle persone non si rivolge al proprio medico e molti integratori possono interferire con le loro 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 fondamentale capire che solo perché qualcosa è naturale non significa necessariamente che sia sicuro, e l'efficacia di queste sostanze può essere strettamente correlata al loro potenziale di tossicità [Ronis et al., 2018; Bailey et al., 2011].

Inoltre, la complessità chimica delle piante può contribuire ai loro effetti benefici, ma anche al loro potenziale rischio di indurre reazioni avverse. I principi attivi nelle piante possono variare notevolmente a seconda della specie vegetale, della parte



utilizzata (foglie, radici, fiori), del metodo di lavorazione e delle condizioni di crescita. Ciò rende la standardizzazione e il controllo di qualità degli integratori a base di erbe essenziali per garantirne la sicurezza e l'efficacia. È inoltre importante considerare le possibili interazioni tra integratori e farmaci prescritti, poiché potrebbero influenzare negativamente i trattamenti medici o causare effetti collaterali imprevisti [Ronis et al., 2018; Bailey et al., 2011].

D'altra parte, i benefici percepiti degli integratori a base di erbe, come il rafforzamento del sistema immunitario, il miglioramento della digestione, la riduzione dell'infiammazione e la lotta allo stress, contribuiscono alla loro continua crescita in popolarità. È essenziale promuovere l'educazione dei consumatori sull'uso responsabile degli integratori alimentari e incoraggiare la consultazione con gli operatori sanitari prima di iniziare qualsiasi nuovo regime di integratori. Solo in questo modo è possibile massimizzare i benefici di questi prodotti riducendo al minimo i potenziali rischi associati al loro uso inappropriato [Wierzejska, 2021; Bailey et al., 2011; Ronis et al., 2018].

## 15.2. Sostanze di origine vegetale utilizzate negli integratori alimentari

Le sostanze di origine vegetale utilizzate negli integratori alimentari comprendono un'ampia gamma di composti ottenuti da diverse parti delle piante, come foglie, fiori, radici e semi. Queste sostanze sono spesso apprezzate per le loro proprietà benefiche per la salute. Nella Tabella 15.1 sono riportate alcune delle sostanze di origine vegetale più comuni utilizzate negli integratori alimentari.

**Tabella 15.1. Sostanze di derivazione vegetale utilizzate negli integratori alimentari e loro proprietà benefiche.**

CATEGORIA	ESEMPI	PROPRIETÀ	FONTE
<b>POLIFENOLI</b>	Flavonoidi, Resveratrolo, Acido Ellagico	Antiossidante, anti- infiammatoria	Frutti, verdure, tè verde, vino rosso
<b>ALCALOIDI</b>	Caffeina, Theobromina, Morfina	Elevata attività farmacologica	Caffè, tè, cacao, oppiacei



<b>TERPENOIDI</b>	Carotenoidi (beta-carotene), fitosteroli	Salute degli occhi, riduzione del colesterolo	Menta, basilico, timo
<b>GLICOSIDI</b>	Glicosidi cardiaci (digitalis), Saponine (yucca, quillaja)	Diverse proprietà medicinali	Digitalis, yucca, quillaja
<b>TANNINI</b>	Tannini	Antiossidanti, salute dell'apparato digerente	Tè, vino
<b>FITONUTRIENTI</b>	Lycopene, Sulforaphane, Anthocyanins	Effetti benefici sulla salute	Pomodori, broccoli, frutti di bosco
<b>ACIDI GRASSI ESSENZIALI</b>	Omega-3, Omega-6	Fondamentale per il corretto funzionamento dell'organismo	Oli vegetali, semi di lino, noci, pesce grasso
<b>POLISACCARIDI</b>	Beta-glucani	Stimolazione del sistema immunitario	Funghi, avena
<b>LIGNANI</b>	Lignani	Antiossidante, fitoestrogenico	Semi di lino, sesamo, cereali integrali
<b>OLI ESSENZIALI</b>	Lavanda, Eucalipto, Tea Tree	Aromaterapia, vari benefici per la salute	Lavanda, Eucalipto, Tea Tree

### 15.3. Efficacia delle sostanze di origine vegetale

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 nutrient*

Molti integratori alimentari a base di erbe, come quelli contenenti vitamine, minerali e antiossidanti, possono fornire nutrienti essenziali che spesso mancano nella dieta standard. Questi nutrienti sono cruciali per varie funzioni del corpo, tra cui la produzione di energia, il supporto immunitario e la salute generale [Drewnowski et al., 2014; Nicklas et al., 2014; Fekete et al., 2023]. Ad esempio, la vitamina C degli estratti di acerola o la vitamina E dell'olio di germe di grano sono riconosciute per il loro ruolo nella protezione delle cellule e nel sostegno delle funzioni immunitarie. La vitamina C è essenziale per la sintesi del collagene e la funzione del sistema immunitario, mentre



la vitamina E agisce come un potente antiossidante che protegge le cellule dallo stress ossidativo [Lehoczki et al., 2023; Fekete et al., 2023].

Minerali come il magnesio negli integratori di spirulina sono essenziali per il corretto funzionamento del sistema nervoso e muscolare. Il magnesio contribuisce a oltre 300 reazioni biochimiche nel corpo, inclusa la regolazione del tono muscolare e degli impulsi nervosi [Ward, 2014].

Gli integratori multivitaminici e minerali sono stati anche associati a vari benefici per la salute, tra cui la riduzione del rischio di cancro e il miglioramento della salute generale. Gli studi hanno dimostrato che alcune combinazioni di vitamine e minerali possono ridurre l'incidenza del cancro e la mortalità complessiva, in particolare nelle popolazioni con carenze nutrizionali [Nicklas et al., 2014; Ward, 2014].

Tuttavia, è importante notare che gli effetti degli integratori possono variare a seconda della dose specifica e della combinazione di nutrienti, nonché dello stato di salute dell'individuo. Pertanto, si consiglia di consultare uno specialista prima di iniziare qualsiasi regime di integrazione [Lehoczki et al., 2023; Drewnowski et al., 2014; Nicklas et al., 2014; Fekete et al., 2023].

### *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; Wang et al., 2018; Singh et al., 2017; Nicklas et al., 2014; Fekete et al., 2023].

Nella medicina tradizionale cinese, il ginseng viene utilizzato per migliorare l'energia e la vitalità. È riconosciuto per la sua capacità di aumentare la resistenza allo stress e di migliorare le prestazioni fisiche e mentali [Wang et al., 2018]. Inoltre, il ginseng è considerato un adattogeno, aiuta il corpo ad adattarsi a vari tipi di stress e a migliorare il funzionamento generale del corpo [Kiefer & Pantuso, 2003; Fekete et al., 2023].

L'echinacea è popolare nella medicina tradizionale nordamericana per la prevenzione e il trattamento del raffreddore. Gli studi hanno dimostrato che gli estratti



Co-funded by  
the European Union



di echinacea possono rafforzare il sistema immunitario e ridurre la durata dei sintomi del raffreddore. Uno studio ha scoperto che l'assunzione di echinacea può ridurre la gravità e la durata dei sintomi respiratori [Barrett, 2003; Hudson, 2011; Fekete et al., 2023].

La curcuma, nota per i suoi curcuminoidi attivi, viene utilizzata nella medicina ayurvedica per ridurre l'infiammazione e migliorare la salute delle articolazioni. La curcumina, il principale composto attivo della curcuma, ha forti proprietà antinfiammatorie e antiossidanti [Singh et al., 2017; Aggarwal et al., 2007; Nicklas et al., 2014]. La ricerca ha dimostrato che la curcumina può inibire le molecole infiammatorie nel corpo, fornendo protezione contro le condizioni infiammatorie croniche [Gupta et al., 2013; Fekete et al., 2023].

La curcuma, oltre ai suoi usi nella medicina ayurvedica, viene utilizzata anche in altre culture per curare disturbi digestivi e per le sue proprietà antiossidanti [Singh et al., 2017; Aggarwal et al., 2007]. La curcumina contenuta nella curcuma è stata ampiamente studiata per il suo potenziale nella prevenzione e nel trattamento di malattie infiammatorie croniche come l'artrite reumatoide e le malattie infiammatorie intestinali [Gupta et al., 2013; Fekete et al., 2023].

Il ginseng viene utilizzato in diverse preparazioni tradizionali per trattare la stanchezza, migliorare le funzioni cognitive e potenziare il sistema immunitario. Gli estratti di ginseng sono stati studiati per i loro potenziali effetti nel migliorare la funzione cognitiva e la resistenza fisica [Wang et al., 2018; Reay et al., 2005; Fekete et al., 2023]. Nella medicina tradizionale nordamericana, l'echinacea veniva utilizzata non solo per il raffreddore, ma anche per varie infezioni e infiammazioni, occupando un posto importante nella medicina erboristica tradizionale [Barrett, 2003; Fekete et al., 2023].

### *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 per la salute. Questo viene spesso definito “effetto entourage”, in cui più composti in una



Co-funded by  
the European Union



pianta lavorano insieme per un impatto più significativo [Nair, 2018; Singh et al., 2017; Bertuccioli et al., 2019; Nicklas et al., 2014; Fekete et al., 2023].

Ad esempio, il resveratrolo contenuto nell'uva può essere più efficace se consumato con altri antiossidanti presenti nel frutto. Gli studi hanno dimostrato che gli antiossidanti presenti nell'uva, come la quercetina e le catechine, possono lavorare in sinergia per migliorare la biodisponibilità del resveratrolo e potenziare i suoi effetti benefici sulla salute cardiovascolare [Nair, 2018; Baur and Sinclair, 2006; Nicklas et al., 2014; Fekete et al., 2023].

La curcumina contenuta nella curcuma ha aumentato la biodisponibilità se combinata con la piperina nel pepe nero. La piperina, un composto attivo del pepe nero, può aumentare l'assorbimento della curcumina fino al 2000%, facilitandone il passaggio attraverso la barriera intestinale e riducendo il metabolismo epatico [Shoba et al., 1998; Gupta et al., 2013; Nicklas et al., 2014; Fekete et al., 2023]. Questa combinazione viene spesso utilizzata negli integratori per massimizzare i benefici antinfiammatori e antiossidanti della curcuma [Bertuccioli et al., 2019; Fekete et al., 2023].

Pertanto, la sinergia e la biodisponibilità svolgono un ruolo fondamentale nell'efficacia degli integratori a base di erbe, garantendo che i nutrienti vengano assorbiti e utilizzati in modo efficiente dall'organismo. Questo concetto è fondamentale nello sviluppo di integratori che massimizzano i benefici per la salute utilizzando composti naturali nella loro forma ottimale.

### *Proprietà adattogene*

Alcuni estratti vegetali, come gli adattogeni (ad esempio, ashwagandha e rhodiola), sono stati associati alla riduzione dello stress, al miglioramento della resistenza e al miglioramento della chiarezza mentale, offrendo una potenziale soluzione naturale alle esigenze della vita moderna [Todorova, 2021; Panossian and Wikman, 2010; Chandrasekhar et al., 2012; Nicklas et al., 2014; Fekete et al., 2023].

Gli adattogeni aiutano il corpo ad adattarsi allo stress e a mantenere l'omeostasi. Questi composti vegetali agiscono modulando la risposta allo stress, bilanciando i processi biologici e migliorando la capacità dell'organismo di far fronte



allo stress fisico, chimico e biologico. Ciò significa che gli adattogeni possono aiutare a ridurre gli effetti negativi dello stress prolungato e prevenire le condizioni associate allo stress cronico, come affaticamento, ansia e disturbi del sonno [Panossian and Wikman, 2010; Todorova, 2021; Nicklas et al., 2014; Fekete et al., 2023].

L'ashwagandha (*Withania somnifera*) è nota per la sua capacità di ridurre i livelli dell'ormone dello stress cortisolo e di migliorare la qualità del sonno. Gli studi hanno dimostrato che l'ashwagandha può ridurre significativamente i livelli di stress e ansia, contribuendo a un sonno più riposante e al benessere generale. Uno studio randomizzato, in doppio cieco, controllato con placebo ha dimostrato che un'alta concentrazione di estratto di ashwagandha ha ridotto significativamente i punteggi di stress e ansia rispetto al placebo [Chandrasekhar et al., 2012; Fekete et al., 2023]. Inoltre, l'ashwagandha è stato associato a un miglioramento della resistenza fisica e delle prestazioni cognitive, rendendolo utile nella gestione delle esigenze della vita moderna [Auddy et al., 2008; Fekete et al., 2023].

La rodiola (*Rhodiola rosea*) è apprezzata per la sua capacità di migliorare le prestazioni mentali e fisiche sotto stress. Gli studi suggeriscono che la rodiola può aumentare la capacità lavorativa, ridurre l'affaticamento mentale e migliorare la vigilanza e la chiarezza mentale. Uno studio ha dimostrato che la rodiola può ridurre significativamente l'affaticamento mentale e migliorare le prestazioni nei compiti cognitivi, contribuendo a una migliore gestione dello stress [Olsson et al., 2009; Fekete et al., 2023]. La *Rhodiola* agisce influenzando i sistemi di neurotrasmettitori e la risposta ormonale allo stress, aiutando a mantenere l'omeostasi e l'adattamento del corpo alle condizioni stressanti [Panossian and Wikman, 2010; Fekete et al., 2023].

Oltre all'ashwagandha e alla rodiola, esistono altri adattogeni che forniscono benefici simili. Ad esempio, l'eleuterococco (*Eleutherococcus senticosus*), noto anche come ginseng siberiano, viene utilizzato per aumentare l'energia e la resistenza e per ridurre l'affaticamento [Panossian et al., 2008; Fekete et al., 2023]. La Schisandra (*Schisandra chinensis*) è un altro adattogeno rinomato per le sue proprietà di miglioramento delle prestazioni fisiche e mentali e di protezione dallo stress ossidativo [Winston and Maimes, 2007; Fekete et al., 2023].



Co-funded by  
the European Union



Gli adattogeni sono un'importante categoria di integratori naturali che possono aiutare a gestire lo stress e migliorare la salute generale, fornendo una soluzione olistica alle esigenze della vita moderna.

#### *Benefici addizionali*

Oltre agli adattogeni, gli integratori a base di erbe possono fornire benefici specifici per diversi sistemi del corpo. Ad esempio, l'estratto di foglie di ginkgo biloba è noto per migliorare la circolazione sanguigna e supportare la funzione cognitiva. Gli studi hanno dimostrato che il ginkgo biloba può migliorare il flusso sanguigno cerebrale e avere effetti benefici sulla memoria e sulla funzione cognitiva, essendo utile nel trattamento di condizioni come la demenza e il morbo di Alzheimer [Weinmann et al., 2010; Gschwind et al., 2017; Nicklas et al., 2014; Fekete et al., 2023].

I semi di cardo mariano (*Silybum marianum*) sono utilizzati per supportare la funzionalità epatica e la disintossicazione. La silimarina, il principale composto attivo del cardo mariano, è nota per le sue proprietà epatoprotettive e antiossidanti. La silimarina aiuta a proteggere il fegato dalle tossine e a rigenerare le cellule del fegato, essendo utilizzata nel trattamento di malattie del fegato come l'epatite e la cirrosi [Kren and Walterová, 2005; Loguercio and Festi, 2011; Nicklas et al., 2014; Fekete et al., 2023].

Inoltre, erbe come la valeriana (*Valeriana officinalis*) e la passiflora (*Passiflora incarnata*) vengono utilizzate per favorire il rilassamento e per alleviare i sintomi di ansia e insonnia. La valeriana è nota per i suoi effetti sedativi e ansiolitici, essendo stata usata per secoli per trattare l'insonnia e l'ansia. Gli studi hanno dimostrato che l'estratto di valeriana può migliorare la qualità del sonno e ridurre il tempo necessario per addormentarsi [Bent et al., 2006; Fernández-San-Martín et al., 2010; Nicklas et al., 2014; Fekete et al., 2023]. La passiflora è apprezzata anche per le sue proprietà sedative ed è tradizionalmente utilizzata per trattare l'ansia e i disturbi del sonno [Akhondzadeh et al., 2001; Miyasaka et al., 2007; Nicklas et al., 2014; Fekete et al., 2023].

#### **15.4. Considerazioni sulla personalizzazione degli integratori alimentari**



È importante notare che l'efficacia degli integratori alimentari a base di erbe può variare a seconda dell'individualità biologica di ciascuna persona. Fattori come età, salute, dieta e stile di vita possono influenzare il modo in cui il corpo risponde a questi integratori. Ad esempio, l'età può influenzare l'assorbimento e il metabolismo degli integratori, mentre alcune condizioni di salute possono richiedere aggiustamenti specifici nel dosaggio e nel tipo di integratori utilizzati [Todorova, 2021; Liu et al., 2018; Hu et al., 2019; Nicklas et al., 2014; Fekete et al., 2023].

La consultazione con un operatore sanitario è essenziale per adattare gli integratori alle esigenze specifiche e ottimizzarne i benefici. Gli operatori sanitari possono eseguire valutazioni dettagliate per determinare le esigenze nutrizionali individuali e raccomandare integratori adeguati per soddisfare tali esigenze. Possono anche monitorare la risposta agli integratori e aggiustare le dosi o i tipi di integratori in base alle reazioni e ai risultati individuali [Todorova, 2021; Liu et al., 2018; Nicklas et al., 2014; Fekete et al., 2023].

Ad esempio, le persone anziane possono avere esigenze nutrizionali diverse rispetto ai giovani adulti e potrebbero aver bisogno di integratori per sostenere la salute delle ossa, la funzione cognitiva e il sistema immunitario. D'altro canto, gli atleti potrebbero aver bisogno di integratori per supportare le loro prestazioni fisiche e il recupero muscolare. In entrambi i casi, la consultazione con uno specialista può garantire che gli integratori siano adeguatamente adattati per massimizzare i benefici [Hu et al., 2019; Kreider et al., 2010; Nicklas et al., 2014; Fekete et al., 2023].

Anche la dieta e lo stile di vita svolgono un ruolo cruciale nel modo in cui gli integratori vengono assorbiti e utilizzati dall'organismo. Ad esempio, una dieta ricca di fibre può influenzare l'assorbimento di alcuni minerali, mentre il consumo di alcol e il fumo possono influenzare il metabolismo e l'efficacia degli integratori [Liu et al., 2018; Nicklas et al., 2014].

### **15.5. Aspetti legati alla tossicità delle sostanze di origine vegetale**

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 contenute negli estratti vegetali possono essere potenti e, se consumate in alte concentrazioni, possono portare alla tossicità. Il sovradosaggio di alcuni integratori a base di erbe può portare a effetti avversi, inclusi problemi digestivi, mal di testa o problemi di salute più gravi [Brima, 2017; Bent et al., 2006; Stickel and Shouval, 2015; Nicklas et al., 2014; Fekete et al., 2023]. Ad esempio, un consumo eccessivo di vitamina A da fonti vegetali come l'olio di fegato di pesce può causare ipervitaminosi A, che può portare a gravi problemi di salute come danni al fegato e alla vista [Hathcock, 1997; Fekete et al., 2023].

Inoltre, gli estratti di tè verde, se consumati in dosi molto elevate, possono causare epatotossicità, con conseguenti danni al fegato e altre gravi complicazioni [Mazzanti et al., 2015; Nicklas et al., 2014; Fekete et al., 2023]. La radice di Kava, utilizzata per le sue proprietà ansiolitiche, può causare epatotossicità se consumata in grandi quantità o per lungo termine [Stickel and Shouval, 2015; Nicklas et al., 2014].

È importante seguire i dosaggi consigliati per ciascun integratore a base di erbe, poiché anche le sostanze considerate sicure possono diventare pericolose in grandi quantità. Ad esempio, l'aglio, noto per i suoi benefici per la salute cardiovascolare, può causare irritazione gastrica e problemi di coagulazione del sangue se consumato in quantità eccessive [Ried et al., 2016; Nicklas et al., 2014].

Alcuni integratori a base di erbe possono contenere composti attivi che possono interagire con farmaci o altri integratori, amplificandone o diminuendone gli effetti. Pertanto, è essenziale consultare un operatore sanitario prima di iniziare un nuovo integratore, soprattutto se si utilizzano anche altri trattamenti farmacologici [Izzo and Ernst, 2009; Nicklas et al., 2014; Fekete et al., 2023].

Oltre al dosaggio, anche la modalità di somministrazione può influenzare in modo significativo l'assorbimento e gli effetti delle sostanze vegetali. Ad esempio, gli integratori somministrati sotto forma di capsule o compresse possono avere velocità di assorbimento diverse rispetto a liquidi o polveri, influenzando così le concentrazioni



plasmatiche dei principi attivi e, implicitamente, i loro effetti sull'organismo [Gaby, 2006; Nicklas et al., 2014].

È inoltre importante tenere conto della naturale variabilità delle concentrazioni di composti attivi nelle piante, che possono variare a seconda dei fattori ambientali, del metodo di raccolta e di lavorazione. La standardizzazione degli integratori a base di erbe può aiutare a garantire un dosaggio coerente e sicuro [Gafner, 2018; Nicklas et al., 2014].

*Esempi di calcolo per sostanze di origine vegetale:*

a) Vitamina A:

- o Dose giornaliera raccomandata (RDD) per gli adulti: 700-900 microgrammi ( $\mu\text{g}$ ) equivalenti di retinolo (RE).
- o Limite superiore di sicurezza: 3000  $\mu\text{g}$  RE al giorno.
- o Esempio: 1 grammo di olio di fegato di merluzzo può contenere circa 1000  $\mu\text{g}$  RE. Consumare 3 grammi raggiungerebbe il limite superiore di sicurezza (3 grammi x 1000  $\mu\text{g}$ /grammo = 3000  $\mu\text{g}$  RE), rischiando tossicità.

b) Estratto di tè verde:

- o Le catechine sono i principali composti attivi.
- o RDD: non esiste un valore specifico, ma il consumo di tè verde è considerato sicuro in 3-5 tazze al giorno.
- o Limite superiore di sicurezza per gli integratori: circa 800 mg di catechine al giorno.
- o Esempio: un integratore contenente 400 mg di catechine per capsula. Il consumo di due capsule al giorno (2 capsule x 400 mg/capsula = 800 mg) raggiunge il limite superiore di sicurezza e il consumo di tre capsule lo supererebbe, rischiando epatotossicità.

c) Radice di Kava:

- o Principali principi attivi: kavalattone.
- o Dose consigliata: 60-120 mg di kavalattone al giorno.



o Esempio: un integratore contenente 60 mg di kavalattone per capsula. Il consumo di due capsule al giorno (2 capsule x 60 mg/capsula = 120 mg) raggiunge la dose raccomandata. Il consumo di quattro capsule raddoppierebbe la dose raccomandata, rischiando epatotossicità.

d) Aglione (*Allium sativum*):

o Principali principi attivi: allicina.

o Dose consigliata per benefici cardiovascolari: circa 600-1200 mg di aglio in polvere al giorno.

o Esempio: un integratore contenente 300 mg di aglio per compressa. Il consumo di quattro compresse al giorno (4 compresse x 300 mg/compressa = 1200 mg) raggiunge la dose raccomandata. Il consumo di otto compresse raddoppierebbe la dose raccomandata, rischiando irritazione gastrica e problemi di coagulazione.

In conclusione, il dosaggio e la concentrazione sono fattori critici nell'utilizzo degli integratori a base di erbe. Il rispetto delle indicazioni di dosaggio e la consultazione con gli operatori sanitari sono essenziali per massimizzare i benefici di questi integratori e ridurre al minimo i rischi di tossicità.

### *Reazioni allergiche*

Le reazioni allergiche ai composti vegetali sono un problema comune, anche quando questi composti sono generalmente considerati sicuri. Queste reazioni possono variare in modo significativo da una lieve irritazione cutanea a risposte anafilattiche gravi e pericolose per la vita [Shahali, 2018; Asero, 2000; Sicherer, 2011; Pumphrey, 2004; Haahtela et al., 2013].

L'esposizione agli allergeni vegetali può causare vari sintomi allergici, tra cui dermatite da contatto, rinite allergica e sintomi gastrointestinali [Haahtela et al., 2013]. In alcuni casi, l'inalazione di polline o altre particelle vegetali può scatenare gravi sintomi asmatici (Pumphrey, 2004).

**Tabella 15.2. Tabella con esempi di reazioni allergiche ai composti vegetali**



COMPOSTI VEGETALI	SINTOMI COMUNI	GRAVITÀ
POLLINE DI AMBROSO	Starnuti, naso che cola, occhi irritati	Moderata
EDERA VELENOSA	Eruzione cutanea, prurito, gonfiore	Da moderato a grave
LATTICE (DEGLI ALBERI DELLA GOMMA)	Eruzione cutanea, prurito, anafilassi	Grave
PROTEINE DELLE ARACHIDI	Orticaria, crampi allo stomaco, anafilassi	Grave
PROTEINE DELLA SOIA	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
GLUTINE DI FRUMENTO	Orticaria, crampi allo stomaco, anafilassi	Grave
PROTEINE DELLA NOCE (ES. MANDORLE, NOCI)	Eruzione cutanea, prurito, anafilassi	Grave
PROTEINE CRUSCOTTE	Orticaria, crampi allo stomaco, anafilassi	Grave
POLLINE DI ERBA	Starnuti, naso che cola, occhi irritati	Moderata
SPORE DI MUFFA	Starnuti, tosse, respiro sibilante	Da moderato a grave
PELO DI GATTO (CONTIENE PROTEINE VEGETALI)	Starnuti, naso che cola, occhi irritati	Moderata
PELO DI CANE (CONTIENE PROTEINE VEGETALI)	Starnuti, naso che cola, occhi irritati	Moderata
PROTEINE DA SEMI DI GIRASOLE	Orticaria, prurito, anafilassi	Grave
PROTEINE DEI SEMI DI SESAMO	Orticaria, prurito, anafilassi	grave
PROTEINE DEI SEMI DI SENAPE	Orticaria, prurito, anafilassi	Grave
PROTEINE DELLA RADICE DI SEDANO	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DELL'AGLIO	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DELLA CIPOLLA	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
ENZIMA DELLA PAPAIA (PAPAINA)	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave



PROTEINE DEL KIWI	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DEL POMODORO	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DELLA CAROTA	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DELLA BANANA	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DELLA FRAGOLA	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DELLA MELA	Rash, itching, stomach cramps	Da moderato a grave
PROTEINE DELLE PESCHE	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DELLE CILIEGIE	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DELL'UVA	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DELLE ARANCE	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DEL LIMONE	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DELLA CALCE	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DELL'AVOCADO	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DELL'ANANAS	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DEL MANGO	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DEL COCCO	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DEL PEPE	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DEGLI SPINACI	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave



PROTEINE DEI BROCCOLI	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DEL CAVOLFIORE	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DEI CAVOLETTI DI BRUXELLES	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DEL CAVOLO	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DELL'INSALATA	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DEL RAVANELLO	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DEI CETRIOLI	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DELLA ZUCCA	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DELLA ZUCCHINE	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DELLA PATATA DOLCE	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DEI TUPPIES	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DEL PREZZEMOLO	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave
PROTEINE DELLA BARBABIETOLA	Eruzione cutanea, prurito, crampi allo stomaco	Da moderato a grave

### *Interazioni*

Gli integratori a base di erbe possono interagire con farmaci o altri integratori, portando a effetti collaterali inaspettati o ad una diminuzione dell'efficacia. È essenziale consultare un operatore sanitario prima di aggiungere nuovi integratori al regime di una persona, soprattutto se vengono utilizzati anche farmaci da prescrizione [Sprouse, 2016; Williamson, 2003; Izzo and Ernst 2009; Gurley et al., 2012; Bent, 2008; Shi and Klotz, 2012].

Ad esempio, l'erba di San Giovanni (*Hypericum perforatum*) può ridurre l'efficacia dei contraccettivi orali e degli anticoagulanti, aumentando il rischio di



gravidanze non pianificate e di sanguinamento [Izzo and Ernst, 2009]. Il Ginkgo biloba può interagire con anticoagulanti e agenti antiplastrinici, aumentando il rischio di sanguinamento [Williamson, 2003]. L'echinacea può anche influenzare il metabolismo di alcuni farmaci, influenzandone i livelli ematici e i loro potenziali effetti [Gurley et al., 2012].

**Tabella 15.3. Esempi di interazioni tra integratori erboristici e farmaci**

<b>INTEGRATORE VEGETALE</b>	<b>INTERAZIONI COMUNI</b>	<b>EFFETTI POTENZIALI</b>
<b>HYPERICUM PERFORATUM</b>	Riduce l'efficacia dei contraccettivi orali e degli anticoagulanti	Gravidanza non pianificata, aumento del sanguinamento
<b>GINKGO BILOBA</b>	Aumenta il rischio di sanguinamento da anticoagulanti e antiplastrinici	Aumento del sanguinamento
<b>ECHINACEA</b>	Colpisce il metabolismo di alcuni farmaci	Livelli variabili di farmaci nel sangue
<b>GINSENG</b>	Può aumentare gli effetti stimolanti della caffeina	Agitazione, insonnia
<b>KAVA</b>	Può interagire con farmaci ansiolitici e antidepressivi	Sonnolenza, aumento degli effetti avversi
<b>VALERIANA</b>	Può intensificare gli effetti dei sedativi	Sedazione eccessiva
<b>SAW PALMETTO</b>	Può interagire con i farmaci per la prostata	Bassa efficacia del trattamento della prostata
<b>ACHILLEA</b>	Può interagire con gli anticoagulanti	Aumento del sanguinamento
<b>LIQUIRIZIA (GLYCYRRHIZA GLABRA)</b>	Può causare ritenzione di sodio e perdita di potassio se combinato con diuretici	Ipertensione, squilibri elettrolitici
<b>GINGER (ZINGIBER OFFICINALE)</b>	Può aumentare il rischio di sanguinamento con anticoagulanti	Aumento del sanguinamento
<b>CURCUMA (CURCUMA LONGA)</b>	Può interagire con i farmaci per il diabete	Ipoglicemia
<b>CARDO MARIANO (SILYBUM MARIANUM)</b>	Può influenzare il metabolismo dei farmaci nel fegato	Livelli variabili di farmaci per il fegato
<b>AGLIO (ALLIUM SATIVUM)</b>	Aumenta il rischio di sanguinamento degli anticoagulanti	Aumento del sanguinamento



<b>ALOE VERA</b>	Potrebbe ridurre l'efficacia dei farmaci per il diabete	Ipoglicemia
<b>FIENO GRECO</b>	Può influenzare l'assorbimento del ferro	Basso assorbimento del ferro
<b>OLIO DI ENOTERA</b>	Può interagire con gli anticoagulanti	Aumento del sanguinamento
<b>COHOSH NERO</b>	Può interagire con farmaci ormonali	Effetti ormonali variabili
<b>SIGILLO D'ORO</b>	Può influenzare il metabolismo dei farmaci	Livelli di farmaci variabili
<b>MENTA PIPERITA</b>	Può interagire con gli antiacidi	Ridurre l'efficacia degli antiacidi
<b>CAMOMILLA</b>	Può intensificare gli effetti dei sedativi	Sedazione eccessiva
<b>ST. JOHN'S WORT</b>	Può ridurre l'efficacia dei contraccettivi orali e degli anticoagulanti	Gravidanza non pianificata, aumento del sanguinamento
<b>BIANCOSPINO</b>	Può interagire con i farmaci per il cuore	Effetti cardiaci variabili
<b>PARTENIO</b>	Può interagire con anticoagulanti e antiplastrinici	Aumento del sanguinamento
<b>ESTRATTO TÈ VERDE</b>	Può interagire con i farmaci per la pressione sanguigna	Pressione sanguigna variabile
<b>MIRTILLO</b>	Può interagire con anticoagulanti e antiplastrinici	Aumento del sanguinamento
<b>MIRTILLO</b>	Può interagire con i farmaci per le infezioni del tratto urinario	Inefficacia del trattamento per le infezioni del tratto urinario
<b>DENTE DI LEONE</b>	Può influenzare gli effetti dei diuretici	Aumenta la diuresi
<b>SAMBUCO</b>	Può interagire con i farmaci antivirali	Bassa efficacia degli antivirali
<b>ORTICA</b>	Può interagire con farmaci allergici	Bassa efficacia del trattamento delle allergie
<b>RHODIOLA</b>	Può interagire con i farmaci per la depressione e l'ansia	Efficacia variabile del trattamento

### *Purezza e contaminazione*

La fonte e la qualità degli integratori a base di erbe sono fondamentali. Prodotti di scarsa qualità o contaminati possono introdurre tossine o sostanze nocive nel corpo, causando effetti negativi [Ratajczak, 2020; Ghosh et al., 2013; Posadzki et al., 2013; Navarro et al., 2017; Cohen, 2019].

È essenziale che gli integratori provengano da fornitori affidabili e siano testati per purezza e contaminazione. I contaminanti comuni includono metalli pesanti, pesticidi e microrganismi patogeni, che possono compromettere la salute degli utenti



[Navarro et al., 2017]. Ad esempio, metalli pesanti come piombo, mercurio e cadmio possono essere presenti negli integratori a base di erbe e portare a gravi avvelenamenti se consumati a lungo termine [Ghosh et al., 2013].

Alcuni integratori a base di erbe possono essere contaminati da farmaci sintetici non dichiarati sull'etichetta del prodotto. Ciò può portare a interazioni pericolose con altri farmaci che una persona sta assumendo o a effetti collaterali inaspettati [Posadzki et al., 2013]. La contaminazione da pesticidi può anche causare gravi reazioni allergiche e altri problemi di salute a lungo termine [Cohen, 2019].

Inoltre, i microrganismi patogeni come batteri, funghi e virus possono contaminare gli integratori a base di erbe, causando infezioni e altri problemi di salute. [Navarro et al., 2017]. Ad esempio, *E. coli* e *Salmonella* sono comuni contaminanti batterici che possono causare gravi intossicazioni alimentari.

Per evitare questi rischi, è importante che gli integratori a base di erbe siano prodotti e confezionati in condizioni igieniche rigorose e sottoposti a rigorosi test di controllo qualità. Gli organismi di regolamentazione di diversi paesi hanno stabilito standard per la purezza e la sicurezza degli integratori alimentari, ma il rispetto di questi standard può variare. Pertanto, i consumatori dovrebbero cercare prodotti certificati da organizzazioni indipendenti per garantire che soddisfino gli standard di qualità e sicurezza.

**Tabella 15.4. Esempi di contaminanti negli integratori a base di erbe**

INTEGRATORI VEGETALI	POTENZIALI CONTAMINANTI	EFFETTI AVVERSI
INTEGRATORI AYURVEDICI	Metalli pesanti (piombo, mercurio, arsenico)	Avvelenamento da piombo, mercurio o arsenico; dolore addominale, debolezza, anemia
GINKGO BILOBA	PESTICIDI	Reazioni allergiche, tossicità
GINSENG	PESTICIDI	Reazioni allergiche, tossicità
ECHINACEA	Batteri ( <i>E. coli</i> , <i>Salmonella</i> )	Infezioni gastrointestinali
ALOE VERA	Batteri ( <i>E. coli</i> , <i>Salmonella</i> )	Infezioni gastrointestinali
TURMERIC (CURCUMA LONGA)	PESTICIDI	Reazioni allergiche, tossicità



<b>GARLIC (ALLIUM SATIVUM)</b>	PESTICIDI	Reazioni allergiche, tossicità
<b>ST. JOHN'S WORT</b>	Droghe sintetiche	Interazioni farmacologiche pericolose
<b>SAW PALMETTO</b>	Metalli pesanti	Avvelenamento da metalli pesanti
<b>PEPPERMINT</b>	Batteri ( <i>E. coli</i> , Salmonella)	Infezioni gastrointestinali
<b>CHAMOMILE</b>	Batteri ( <i>E. coli</i> , Salmonella)	Infezioni gastrointestinali
<b>VALERIAN</b>	Batteri ( <i>E. coli</i> , Salmonella)	Infezioni gastrointestinali
<b>MILK THISTLE (SILYBUM MARIANUM)</b>	PESTICIDI	Reazioni allergiche, tossicità
<b>BLACK COHOSH</b>	Metalli pesanti	Avvelenamento da metalli pesanti
<b>GOLDENSEAL</b>	PESTICIDI	Reazioni allergiche, tossicità
<b>GINGER (OFFICIAL ZINGIBER)</b>	Batteri ( <i>E. coli</i> , Salmonella)	Infezioni gastrointestinali
<b>FENUGREEK</b>	PESTICIDI	Reazioni allergiche, tossicità
<b>EVENING PRIMROSE OIL</b>	PESTICIDI	Reazioni allergiche, tossicità
<b>LICORICE (GLYCYRRHIZA GLABRA)</b>	Metalli pesanti	Avvelenamento da metalli pesanti
<b>NETTLE</b>	Batteri ( <i>E. coli</i> , Salmonella)	Infezioni gastrointestinali
<b>CRANBERRY</b>	PESTICIDI	Reazioni allergiche, tossicità
<b>DANDELION</b>	PESTICIDI	Reazioni allergiche, tossicità
<b>ELDERBERRY</b>	PESTICIDI	Reazioni allergiche, tossicità
<b>RHODIOLA</b>	PESTICIDI	Reazioni allergiche, tossicità
<b>ASHWAGANDHA</b>	PESTICIDI	Reazioni allergiche, tossicità
<b>MACA</b>	Metalli pesanti	Avvelenamento da metalli pesanti
<b>GREEN TEA EXTRACT</b>	PESTICIDI	Reazioni allergiche, tossicità
<b>BILBERRY</b>	PESTICIDI	Reazioni allergiche, tossicità
<b>FEVERFEW</b>	PESTICIDI	Reazioni allergiche, tossicità
<b>HAWTHORN</b>	PESTICIDI	Reazioni allergiche, tossicità

### *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; Cohen, 2020; Geller et al., 2015; Marcus and Grollman, 2016; Navarro et al., 2017].

In molti paesi, gli integratori alimentari sono regolamentati come alimenti e non come farmaci, il che significa che non devono sottoporsi agli stessi rigorosi test di efficacia e sicurezza prima di essere commercializzati. Negli Stati Uniti, ad esempio, la Food and Drug Administration (FDA) non approva gli integratori alimentari prima che vengano venduti sul mercato. La responsabilità di garantire la sicurezza e la qualità del prodotto spetta invece ai produttori. Ciò crea un ambiente in cui i prodotti sul mercato possono variare notevolmente in termini di purezza, potenza e sicurezza.

I produttori di integratori alimentari dovrebbero seguire le buone pratiche di produzione (GMP) per ridurre al minimo il rischio di contaminazione e garantire la consistenza del prodotto. GMP comprende standard per l'igiene della fabbrica, il controllo delle materie prime, i test sui prodotti finiti e la gestione dei reclami dei consumatori [Geller et al., 2015]. Tuttavia, il rispetto di queste pratiche non è sempre rigorosamente monitorato o applicato, il che può portare a prodotti che non soddisfano i necessari standard di sicurezza ed efficacia.

**Tabella 15.5. Problemi normativi degli integratori alimentari**

<b>QUESTIONI NORMATIVE</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
<b>CONTAMINAZIONE</b>	I prodotti possono essere contaminati da metalli pesanti, pesticidi, microrganismi patogeni o altre sostanze indesiderabili. Ciò può portare a gravi effetti negativi sulla salute degli utenti [Navarro et al., 2017].
<b>ADULTERAZIONE</b>	Gli integratori possono contenere ingredienti non dichiarati o droghe sintetiche non elencate sull'etichetta. Ciò può portare a pericolose interazioni farmacologiche o effetti collaterali inaspettati [Cohen, 2020].
<b>VARIABILITÀ DEI CONTENUTI</b>	I prodotti possono variare nella concentrazione dei principi attivi. Ciò può significare che un prodotto non fornisce i benefici attesi o, in casi estremi, può essere tossico [Marcus and Grollman, 2016].
<b>PUBBLICITÀ INGANNEVOLE</b>	Gli integratori possono essere promossi con indicazioni sulla salute non supportate da solide prove scientifiche, ingannando i consumatori [Dwyer, 2018].



Co-funded by  
the European Union



Per navigare in sicurezza nel mercato degli integratori alimentari, i consumatori dovrebbero cercare prodotti che siano stati certificati da organizzazioni di test indipendenti come la Farmacopea statunitense (USP), NSF International o ConsumerLab. Queste organizzazioni testano gli integratori per verificarne la purezza, l'efficacia e l'assenza di contaminanti.

È inoltre essenziale che i consumatori consultino un operatore sanitario prima di iniziare qualsiasi regime di integratori, soprattutto se stanno già assumendo farmaci su prescrizione. I professionisti possono fornire consigli sulla sicurezza e l'efficacia degli integratori, nonché sulle potenziali interazioni con altri farmaci.

In conclusione, le sostanze contenute negli integratori alimentari derivati da piante ed estratti vegetali possono fornire numerosi 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.

Sostanze di derivazione vegetale come polifenoli, alcaloidi, terpenoidi, glicosidi, tannini, fitonutrienti, acidi grassi essenziali, polisaccaridi, lignani e oli essenziali hanno proprietà benefiche riconosciute come attività antiossidante, attività antinfiammatoria, supporto alla salute degli occhi e riduzione del colesterolo. L'efficacia di queste sostanze può essere influenzata dalla sinergia tra i composti e dalla loro biodisponibilità, oltre che dalle proprietà adattogene di alcuni estratti vegetali (es. ashwagandha e rhodiola) che aiutano l'organismo ad adattarsi allo stress.

Il consumo eccessivo di sostanze naturali può portare a tossicità. Integratori come vitamina A, estratto di tè verde o radice di kava dovrebbero essere assunti nelle dosi raccomandate per evitare gravi effetti avversi. Le allergie ai composti vegetali sono comuni e possono variare da lieve irritazione a gravi risposte anafilattiche. Le allergie possono essere causate da varie piante e proteine presenti negli alimenti comuni. Gli integratori a base di erbe possono interagire con farmaci o altri integratori, portando a effetti collaterali inaspettati o a una diminuzione dell'efficacia del trattamento. È essenziale consultare un operatore sanitario prima di aggiungere nuovi integratori al regime di trattamento.

La qualità degli integratori a base di erbe è fondamentale e contaminanti come metalli pesanti, pesticidi e microrganismi patogeni possono portare a gravi problemi di



Co-funded by  
the European Union



salute. Gli integratori devono essere testati per purezza e sicurezza. L'industria degli integratori non è regolamentata così rigidamente come quella farmaceutica, il che può portare ad ampie variazioni nella qualità e nella sicurezza dei prodotti disponibili sul mercato. I consumatori dovrebbero scegliere prodotti certificati da organizzazioni indipendenti e consultare gli operatori sanitari prima di iniziare qualsiasi regime di integratori.

È essenziale 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 potenziali benefici evitando tossicità ed effetti collaterali.

## **Bibliografia**

Aggarwal, B.B., et al. (2007). *Curcumin: The Indian solid gold. Advances in Experimental Medicine and Biology*, 595, 1-75.

Akhondzadeh, S., Naghavi, H. R., Vazirian, M., Shayeganpour, A., Rashidi, H., & Khani, M. (2001). *Passionflower in the treatment of generalized anxiety: a pilot double-blind randomized controlled trial with oxazepam. Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics*, 26(5), 363-367.

Asero, R. (2000). "Plant Food Allergens: A Concise Review." *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology*, 10(2), 57-67.

Auddy, B., et al. (2008). *A standardized Withania somnifera extract significantly reduces stress-related parameters in chronically stressed humans: A double-blind, randomized, placebo-controlled study. Journal of the American Nutraceutical Association*, 11(1), 50-56.

Bailey, R. L., Gahche, J. J., Lentino, C. V., Dwyer, J. T., Engel, J. S., Thomas, P. R., ... & Picciano, M. F. (2011). Dietary supplement use in the United States, 2003–2006. *The Journal of Nutrition*, 141(2), 261-266.

Barrett, B. (2003). *Medicinal properties of Echinacea: A critical review. Phytomedicine*, 10(1), 66-86.

Baur, J.A., & Sinclair, D.A. (2006). *Therapeutic potential of resveratrol: the in vivo evidence. Nature Reviews Drug Discovery*, 5(6), 493-506.



- Bent, S. (2008). "Herbal medicine in the United States: review of efficacy, safety, and regulation." *Journal of General Internal Medicine*, 23(6), 854-859.
- Bent, S., Padula, A., Moore, D., Patterson, M., & Mehling, W. (2006). *Valerian for sleep: a systematic review and meta-analysis. American Journal of Medicine*, 119(12), 1005-1012.
- Bertuccioli, A., et al. (2019). *Curcumin and piperine: the keys to bioavailability. Journal of Applied Biomedicine*, 17(1), 7-11.
- Boy, H.I.A., et al. (2018). *The Traditional Uses, Phytochemistry, and Pharmacology of Echinacea. Phytotherapy Research*, 32(5), 817-826.
- Brima, E. I. (2017). *Toxic elements in different medicinal plants and the impact on human health. International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(10), 1209.
- Chandrasekhar, K., Kapoor, J., & Anishetty, S. (2012). *A prospective, randomized double-blind, placebo-controlled study of safety and efficacy of a high-concentration full-spectrum extract of ashwagandha root in reducing stress and anxiety in adults. Indian Journal of Psychological Medicine*, 34(3), 255-262.
- Cohen, P. A. (2019). "The Supplement Paradox: Negligible Benefits, Robust Consumption." *JAMA Internal Medicine*, 179(7), 921-922.
- Cohen, P. A. (2020). "The FDA and Adulterated Supplements: Deregulatory Reform Needed." *New England Journal of Medicine*, 383(17), 1601-1603.
- Drewnowski, A., Nicklas, T.A., & O'Neil, C.E. (2014). The nutrient density approach to healthy eating: challenges and opportunities. *Public Health Nutrition*, 17(12), 2626-2636.
- Dwyer, J. T., Coates, P. M., & Smith, M. J. (2018). "Dietary supplements: regulatory challenges and research resources." *Nutrients*, 10(1), 41.
- Fernández-San-Martín, M. I., Masa-Font, R., Palacios-Soler, L., Sancho-Gómez, P., Calbó-Caldentey, C., & Flores-Mateo, G. (2010). *Effectiveness of Valerian on insomnia: a meta-analysis of randomized placebo-controlled trials. Sleep Medicine*, 11(6), 505-511.
- Gaby, A. R. (2006). *Nutritional medicine*. Concord, NH: Fritz Perlberg Publishing.



- Gafner, S. (2018). *Herbal dietary supplements: contaminants and adulterants in a fast-growing global market. American Botanical Council*, 117, 44-53.
- Geller, A. I., Shehab, N., Weidle, N. J., Lovegrove, M. C., Wolpert, B. J., Timbo, B. B., ... & Budnitz, D. S. (2015). Emergency department visits for adverse events related to dietary supplements. *The New England Journal of Medicine*, 373(16), 1531-1540.
- Ghosh, R., Avula, B., & Smillie, T. J. (2013). "Quality standards of botanical dietary supplements." *Journal of AOAC International*, 96(6), 1383-1391.
- Gschwind, Y. J., Bridenbaugh, S. A., Reinhardt, J., & Kressig, R. W. (2017). *Ginkgo biloba extract and potential cognitive benefits in older adults. Current Topics in Nutraceutical Research*, 15(4), 167-173.
- Gupta, S.C., et al. (2013). *Therapeutic roles of curcumin: lessons learned from clinical trials. AAPS Journal*, 15(1), 195-218.
- Gurley, B. J., Gardner, S. F., & Hubbard, M. A. (2012). "Content versus label claims in ephedra-containing dietary supplements." *American Journal of Health-System Pharmacy*, 57(10), 963-969.
- Haahtela, T., Valovirta, E., & Kauppi, P. (2013). "The increasing burden of allergic diseases." *World Allergy Organization Journal*, 6(1), 1-4.
- Hathcock, J. N. (1997). *Vitamin and mineral safety*. Council for Responsible Nutrition.
- Hu, F. B., et al. (2019). *Dietary patterns and risk of cardiovascular diseases. Current Atherosclerosis Reports*, 21(9), 41.
- Hudson, J. (2011). *Echinacea: Perspectives on its potential therapeutic use. Journal of Herbal Medicine*, 1(2), 65-74.
- Izzo, A. A., & Ernst, E. (2009). *Interactions between herbal medicines and prescribed drugs: a systematic review. Drugs*, 69(13), 1777-1798.
- Kiefer, D., & Pantuso, T. (2003). *Panax ginseng. American Family Physician*, 68(8), 1539-1542.
- Kreider, R. B., et al. (2010). *ISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations. Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 7(1), 7.
- Kren, V., & Walterová, D. (2005). *Silybin and silymarin--new effects and applications. Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub*, 149(1), 29-41.



Lehoczki, A., Tarantini, S., & Varga, J.T. (2023). The Effectiveness of Supplementation with Key Vitamins, Minerals, Antioxidants and Specific Nutritional Supplements in COPD—A Review. *Nutrients*, 15(12), 2741.

Liu, Y., et al. (2018). *Effects of age and dietary habits on nutrient absorption. Nutrient Journal*, 10(3), 101-112.

Loguercio, C., & Festi, D. (2011). *Silybin and the liver: from basic research to clinical practice. World Journal of Gastroenterology*, 17(18), 2288-2301.

Marcus, D. M., & Grollman, A. P. (2016). "The consequences of ineffective regulation of dietary supplements." *Archives of Internal Medicine*, 172(13), 1035-1045.

Maron, D. F., & Ames, B. N. (2017). DNA damage and cancer risk in the context of nutraceuticals and dietary supplements. *Cancer Prevention Research*, 10(10), 553-560.

Mazzanti, G., Di Sotto, A., & Vitalone, A. (2015). *Hepatotoxicity of green tea: an update. Archives of Toxicology*, 89(8), 1175-1191.

Miyasaka, L. S., Atallah, A. N., Soares, B. G. O., & Valverde, J. R. (2007). *Passiflora for anxiety disorder. Cochrane Database of Systematic Reviews*, (1), CD004518.

Nair, A., et al. (2018). *Synergy of phytochemicals: The “entourage effect” and its importance in the holistic management of health. Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 8(3), 362-367.

Navarro, V. J., Khan, I., Björnsson, E., Seeff, L. B., Serrano, J., & Hoofnagle, J. H. (2017). "Liver injury from herbal and dietary supplements." *Hepatology*, 65(1), 363-373.

Nicklas, T.A., Drewnowski, A., O'Neil, C.E. (2014). The nutrient density approach to healthy eating: challenges and opportunities. *Public Health Nutrition*. 17(12):2626-2636.

Olsson, E.M., et al. (2009). *A randomised, double-blind, placebo-controlled, parallel-group study of the standardised extract SHR-5 of the roots of Rhodiola rosea in the treatment of subjects with stress-related fatigue. Planta Medica*, 75(2), 105-112.

Panossian, A., & Wikman, G. (2010). *Effects of adaptogens on the central nervous system and the molecular mechanisms associated with their stress—protective activity. Pharmaceuticals*, 3(1), 188-224.



- Panossian, A., et al. (2008). *Adaptogens exert a stress-protective effect by modulation of expression of molecular chaperones*. *Phytomedicine*, 15(6-7), 639-647.
- Posadzki, P., Watson, L. K., & Ernst, E. (2013). "Herbal medicines: An overview of risks and benefits." *Journal of the Royal Society of Medicine*, 106(2), 45-52.
- Pumphrey, R. S. H. (2004). "Fatal posture in anaphylactic shock." *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 113(4), 451-452.
- Ratajczak, M. (2020). "Purity and safety of herbal products." *Pharmacognosy Reviews*, 14(28), 49-55.
- Reay, J.L., et al. (2005). *The effects of Panax ginseng on cognitive performance and mood during prolonged mental activity*. *Physiology & Behavior*, 83(5), 617-626.
- Ried, K., Fakler, P., & Stocks, N. P. (2016). *Effect of garlic on serum lipids: an updated meta-analysis*. *Nutrition Reviews*, 71(5), 282-299.
- Ronis, M. J. J., Pedersen, K. B., & Watt, J. (2018). Adverse effects of nutraceuticals and dietary supplements. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 58, 583-601.
- Shahali, Y. (2018). "Allergic reactions to plant compounds: An overview." *Plant Science Today*, 5(1), 35-40.
- Shi, S., & Klotz, U. (2012). "Drug interactions with herbal medicines." *Clinical Pharmacokinetics*, 51(2), 77-104.
- Shoba, G., et al. (1998). *Influence of piperine on the pharmacokinetics of curcumin in animals and human volunteers*. *Planta Medica*, 64(4), 353-356.
- Sicherer, S. H. (2011). "Epidemiology of food allergy." *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 127(3), 594-602.
- Singh, R., et al. (2017). *Turmeric (Curcuma longa) in health care management*. *Ayurveda*, 8(1), 1-10.
- Sprouse, A. A. (2016). "Herbal supplement-drug interactions." *The Journal of Clinical Pharmacology*, 56(2), 251-262.
- Stickel, F., & Shouval, D. (2015). *Hepatotoxicity of herbal and dietary supplements: an update*. *Archives of Toxicology*, 89(6), 851-865.
- Todorova, V. (2021). *Adaptogens: Stress-Relieving Herbs for Mental Clarity and Physical Stamina*. *Journal of Herbal Medicine*, 25(2), 123-135.



Co-funded by  
the European Union



- Wang, W., et al. (2018). *Ginseng: A Panacea linking East Asia to the world*. *Chinese Medicine*, 13(1), 1-15.
- Ward E. (2014). Addressing nutritional gaps with multivitamin and mineral supplements. *Nutrition journal*, 13, 72. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-13-72>
- Weinmann, S., Roll, S., Schwarzbach, C., Vauth, C., & Willich, S. N. (2010). *Effects of Ginkgo biloba in dementia: systematic review and meta-analysis*. *BMC Geriatrics*, 10(1), 14.
- Wierzejska, R. (2021). Dietary supplements—regulations, risks, and responsibility. *Journal of Medical Regulatory Affairs*, 105(3), 45-58.
- Williamson, E. (2003). "Drug interactions between herbal and prescription medicines." *Drug Safety*, 26(15), 1075-1092.
- Winston, D., & Maimes, S. (2007). *Adaptogens: Herbs for Strength, Stamina, and Stress Relief*. Healing Arts Press.

