



Foto di Forest and Kim Starr

*Datura stramonium* e *Hyoscyamus niger* sono piante appartenenti alla famiglia delle *Solanaceae*, da cui si estraggono alcaloidi di interesse farmaceutico, tra cui l'atropina e la scopolamina.

## Influenza dell'agricoltura sulla presenza di metaboliti secondari nelle piante

*Anche limitandosi alle sole specie alimentari, vi sono molte piante delle quali non si conosce il profilo dei metaboliti secondari e di conseguenza si conoscono ben poco i benefici potenziali per le persone. Si sa molto poco delle modalità in cui i fattori ambientali e gestionali influiscono sulle proporzioni delle sostanze specifiche presenti in ciascuna specie. Lo sviluppo delle tecniche agricole e per il trattamento dei cibi influisce molto sulla disponibilità naturale di principi attivi, ma le conoscenze relative all'interazione genoma-ambiente-gestione sono ancora piuttosto frammentarie e il cammino della ricerca è ancora lungo.*

**\*Pardini A.**

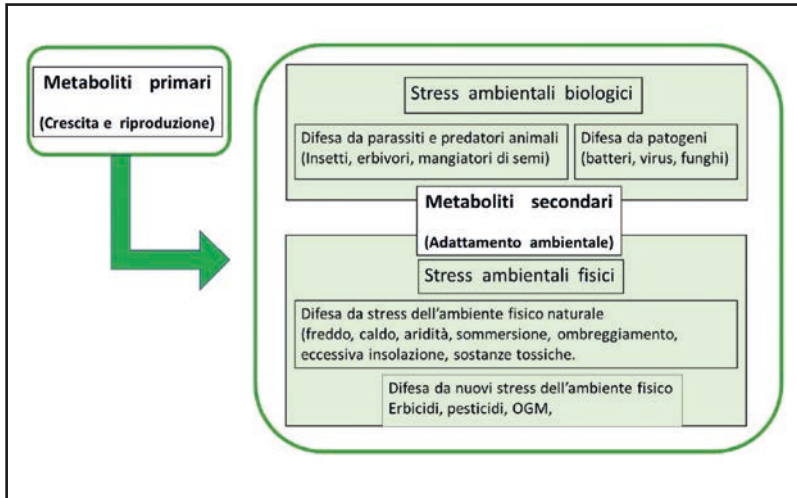
**\*\*Fabrizio R.**

**\*\*\*Nicoletti P.**

**\*\*\*\*Pardini S.**

I metaboliti secondari sono composti derivati dal metabolismo primario: non determinano direttamente la crescita o la riproduzione, ma sono molto importanti per le funzioni adattative e la resilienza ambientale (Figura 1). Ad esempio accrescono la tolleranza al freddo o al caldo, alla siccità, all'attacco di parassiti e predatori, sia insetti che mammiferi. Essi trasmettono una serie di effetti anche negli animali che si cibano di piante: un buon esempio di ciò è dato dai fitoestrogeni, che servono alle piante per alterare le funzioni riproduttive dei mammiferi e limitare in tal modo il numero dei predatori (ad esempio *Trifolium subterraneum* sugli animali al pascolo, Pardini et Al. 2005). Le stesse sostanze hanno effetti analoghi anche sugli esseri umani.

Fig. 1 Funzioni adattative dei metaboliti secondari, derivati dal metabolismo primario.



I metaboliti secondari vengono suddivisi in 4 gruppi principali: fenoli e polifenoli (circa 8000 composti), terpenoidi (circa 25.000), alcaloidi (circa 12.000) e composti contenenti zolfo (Goldberg 2003). Il numero di metaboliti secondari presenti nelle piante è soltanto stimato e probabilmente supera i 200.000 (Pickersky e Gang 2000; Fiehn 2002). Alcuni sono presenti anche negli animali, ma le piante sono di gran lunga la fonte più importante.

Questi composti svolgono funzioni importantissime anche per gli erbivori e per l'uomo: ad esempio vi si trovano antiossidanti, antinfiammatori, antitumorali, antifungini, antibatterici e antivirali (Prior e Cao 2000; Goldberg 2003; Liu *et Al.* 2000; Djoussé *et Al.* 2004; Temple e Gladwin 2003; Hung *et Al.* 2004). Vari tipi di metaboliti secondari di origine vegetale sono stati usati inconsciamente per millenni dagli esseri umani (Bourgau *et Al.* 2001) e oggi molti di questi sono alla base di moderne medicine e prodotti industriali (Singh *et Al.* 2003; Wallace 2004; Baenas *et Al.* 2014) mentre i possibili usi di tantissimi altri aspettano ancora di essere conosciuti.

### Alcuni metaboliti secondari di interesse farmaceutico

Per comprendere meglio l'importanza che i metaboliti secondari presenti nelle piante svol-

gono nel corpo umano, possiamo considerare alcuni esempi. L'esempio forse più noto è *Salix alba*, dalla cui corteccia si estrae la salicina (Acido Salicilico) dalla quale per acetilazione si ottiene l'acido acetil-salicilico, cioè la comune aspirina che ad oggi viene commercializzata completamente sintetica.

Il genere *Papaver*, oltre a essere utile nell'industria farmaceutica, è utilizzato anche in campo culinario e ornamentale; Il *Papaver somniferum* (papavero da oppio) è stata la prima fonte naturale di farmaci analgesici appartenenti alla famiglia degli oppiacei e rappresenta ancora una specie importante per l'estrazione di sostanze fitochimiche usate per la formulazione di farmaci, soprattutto di alcaloidi come morfina, codeina, roedi-



*Cassia angustifolia* e *Cassia acutifolia*, sono fonti di sennosidi A e B, ampiamente usati come lassativi stimolanti antrachinonici.





Foto di Rüdiger Stehn

Da *Colchichium autumnale*, piccola bulbosa autunnale spesso scambiata per zafferano, si estrae la colchicina, un potente antigotoso, che viene ancora prescritto nelle crisi acute di gotta in associazione ad antidiarrocici.

na, tebaina, papaverina e per la preparazione di derivati semisintetici come l'ossicodone e la buprenorfina. L'alcaloide più abbondante nel *Papaver somniferum* è la morfina (10-12%): la sua attività farmacologica è dovuta all'interazione reversibile e stereospecifica con i recettori Q del sistema nervoso centrale, che provoca innalzamento della soglia del dolore e la conseguente analgesia transitoria; altri effetti sono la depressione del centro respiratorio bulbare, del centro della tosse e miosi. La codeina (2,5-5%) è un antitussivo ad azione centrale con un minor effetto analgesico rispetto alla morfina, ma ha una più alta biodisponibilità per via orale; oltre che per estrazione, si ottiene per sintesi dalla tebaina. Il lattice di *Papaver bracteatum* è una migliore fonte di tebaina (98%) rispetto a *P. somniferum* (Butnariu et Al. 2022, Maugini et Al. 2014).

*Digitalis purpurea* è una erbacea biennale da cui si estraggono glicosidi cardioattivi come digossina e digitossina, che, insieme ai derivati di emisin-tesi, metildigossina, alfa gossina e beta gossina, rappresentano un gruppo di molecole inibitori competitivi della pompa  $\text{Na}^+ / \text{K}^+$ -ATPasi. La loro azione genera una prolungata esposizione del muscolo cardiaco al calcio e un conseguente aumento della forza di contrazione; sono tra i farmaci più efficaci per il trattamento dell'insufficienza cardiaca e delle aritmie (Zahid e Rizwani 2016). Le foglie di *Digitalis purpurea* sono state usate per l'allestimento di preparazioni galeniche, soprattutto polveri e tinture, ma ad oggi si usano per l'estrazione industriale di digitossina (Maugini et Al. 2014). Altri esempi di piante contenenti metaboliti secondari con attività cardiocircolatoria sono: *Rauwolfia serpentina* e

*Chinchona officinalis*, da cui si estraggono chinidina e chinina, usate anche come antimalarici. *Catharanthus roseus*, *Camptoteca acuminata*, *Podophyllum peltatum*, *Taxus brevifolia* sono alcune delle piante da cui si estraggono molecole ad azione antineoplastica: vincristina, vimbblastina, topotecano, irinotecano, podofillotossina; per emisin-tesi si ottengono altri farmaci ad azione antineoplastica: videsina, vinorelbina, epipodofillotossine, tassolo, paclitaxel e docetaxel (Sharifi-Rad 2019) *Artemisia annua* è un'erbacea annuale da cui si estrae artemisinina, un potente antimalarico che ha dimostrato numerose altre attività medicinali, incluso antitumorale e antivirale (Pardini et Al. 2021). Da *Colchichium autumnale*, piccola bulbosa autunnale spesso scambiata per zafferano, e da *Gloriosa superba* si estrae la colchicina, un potente antigot-

tosio che viene ancora prescritto nelle crisi acute di gotta in associazione ad antidiarroidici. Il tiocolchicoside, ottenuto per emisintesi dalla colchicina, è un miorelaxante usato per risolvere le contratture muscolari (Maugini *et Al.* 2014); alcuni prodotti commerciali contenenti tiocolchicoside sono: Miorexil<sup>®</sup>, Miotens<sup>®</sup>, Muscoflex<sup>®</sup>, Tioside<sup>®</sup>, Muscoril<sup>®</sup>.

*Pilocarpus jaborandi* è un arbusto appartenente alla famiglia delle rutacee, da cui si estrae la pilocarpina, alcaloide parasimpaticomimetico, usato come oftalmico nel trattamento del glaucoma e per il trattamento della secchezza delle fauci (Maugini *et Al.* 2014).

*Claviceps purpurea* è un fungo ascomicete che parassita le graminacee: con la sua maturazione e il disseccamento della pianta il fungo genera gli sclerozi, che rappresentano la parte di interesse farmaceutico; l'attività farmacologica degli sclerozi è dovuta alla presenza di numerosi alcaloidi contenenti il nucleo dell'acido lisergico, attivi sul sistema nervoso centrale e autonomo. Chimicamente, gli alcaloidi, in base alla loro solubilità in acqua, sono suddivisi in due gruppi: alcaloidi amminici come Ergometrina, usata per regolare le contrazioni uterine post-partum (un suo prodotto di emisintesi è la metilergometrina), e alcaloidi polipeptidici, insolubili in acqua, di cui fanno parte i gruppi dell'ergotamina, vasocostrittore usato come tale o come derivati di emisintesi

nel trattamento dell'emigrania, e dell'ergotossina, costituita da una miscela di tre alcaloidi con elevata tossicità, i cui derivati emisintetici sono usati nel trattamento dell'aterosclerosi. Attualmente gli sclerozi si ottengono per coltivazione in vitro del micelio (Maugini *et Al.* 2014). *Atropa belladonna*, *Datura stramonium* e *Hyoscyamus niger* sono piante appartenenti alla famiglia delle *Solanaceae*, da cui si estraggono alcaloidi di interesse farmaceutico, tra cui l'atropina e la scopolamina. L'atropina è usata in oftalmologia come miotico; l'*Atropina solfato S.A.L.F.* soluzione iniettabile è usata nella medicazione preanesthetica, per diminuire le secrezioni salivari e bronchiali, come antidoto negli avvelenamenti da insetticidi organofosforici e da inibitori colinesterasici (Maugini *et Al.* 2014, AIFA 2018). La scopolamina, grazie alle sue proprietà sedative, viene utilizzata per risolvere le cinetosi; la *Scopolamina bromidrato S.A.L.F.* soluzione iniettabile è usata come antiemetico e antinausea (AIFA 2016); il suo derivato, N-butilbromuro di joscina, (scopolamina butilbromuro), è impiegato come antispastico nel trattamento degli spasmi dolorosi del tratto gastrointestinale, biliare e genito-urinario: si trova nelle specialità medicinali Buscopan<sup>®</sup> e Addofix<sup>®</sup>.

Da *Ananas comosus*, una pianta appartenente alla famiglia delle *Bromeliaceae*, si estrae la bromelina, antiflogistico utile nel trattamento naturale dell'in-

fiammazione anche di origine traumatica e associata a edemi, al trattamento della cellulite, a disturbi cardiovascolari e della coagulazione del sangue. Inoltre la bromelina, in combinazione con la terapia antibiotica, ha dimostrato una efficacia maggiore nel trattamento di disturbi come bronchite, polmonite, sinusite e infezioni cutanee; in combinazione con tripsina si è dimostrata efficace contro il noto fungo *Candida albicans* (Hikisz 2021).

*Cassia angustifolia* e *Cassia acutifolia*, conosciute come Senna di Alessandria e Senna Indiana, sono fonti di senosidi A e B, ampiamente usati come lassativi stimolanti antrachinonici. (Maugini *et Al.* 2014). La senna è contenuta in molte specialità medicinali tra cui Pursennid<sup>®</sup>, Agiolax<sup>®</sup>, Tisana Kelemata<sup>®</sup>, Tamarine<sup>®</sup>.

Esempi di fonti di fleboprotettori sono *Ruscus aculeatus*, *Hisopus officinalis* ed *Aesculus hippocastanum*, dai quali si estraggono ruscogenine, diosmina ed escina, che entrano nella composizione di molte specialità medicinali (Ruscoroid<sup>®</sup>, Daflon<sup>®</sup>, Arvenum<sup>®</sup>, Diosmin<sup>®</sup>, Diosven<sup>®</sup>, Essaven<sup>®</sup>, Reparil<sup>®</sup>).

### Fattori che influenzano la presenza di metaboliti secondari nei tessuti vegetali

L'agricoltura cerca di fornire alle piante ambienti di crescita molto controllati in modo da massimizzare la produzione, risultato al quale contribuisce anche un ridotto bisogno di sostanze di-

- Produzione saponette vegetali 100% personalizzate per erboristerie, profumerie, farmacie
- Saponette da Hotel
- Produzione di cosmetici
- Lavorazione c/o terzi





**Alchimia Soap Srl**  
Via Mantova, 5  
21057 Olgiate Olona (VA)  
Tel.: 0331631582  
Fax: 0331674574  
[www.alchimiasoap.it](http://www.alchimiasoap.it)  
[soap@alchimiasoap.it](mailto:soap@alchimiasoap.it)





Foto di Andreas Rockstein

*Salix alba*: dalla corteccia si estrae la salicina (Acido Salicilico) dalla quale per acetilazione si ottiene l'acido acetil-salicilico.



Foto di William Avery Hudson

Da *Ruscus aculeatus* si estraggono ruscogenine, diosmina ed escina, che entrano nella composizione di molte specialità medicinali.

fensive. La ridotta necessità di sostanze adattative consente alla pianta di indirizzare maggiormente energia e nutrienti verso il metabolismo primario con maggiore crescita: infatti, se la pianta dovesse utilizzare molte risorse per difendersi dagli stress ambientali, potrebbe crescere meno a beneficio dell'adattamento. Questa dualità di usi fa sì che non sia facile potenziare lo sviluppo fisico della pianta e al tempo stesso conservare la sua capacità adattativa. La quantità di metaboliti primari contenuti nella pianta è sempre molto alta rispetto a quella dei metaboliti secondari: questo rende economicamente conveniente estrarre i primi, ma costoso ottenere i secondi. Inoltre, mentre i prodotti del metabolismo primario sono uguali in tutte le piante, i prodotti di quello secondario sono piuttosto unici e si trovano in certe specie, ma

non in altre, e sempre in proporzioni molto variabili. Le diverse specie vegetali sono poco intercambiabili sotto questo punto di vista. La composizione chimica dei vegetali è estremamente complessa ed è molto influenzata da fattori genetici (cultivar, clone), ambiente fisico e modalità di coltivazione (illuminazione e ombreggiamento, tipo di suolo, uso di fertilizzanti, pesticidi, irrigazione, protezione dal freddo, presenza di entomofauna, metalli pesanti), modalità di conservazione e trasporto, modalità e tempi di cottura (Orcutt e Nilsen 2000; MacEville e Peltola 2003).

Tutti questi fattori modificano la proporzione di metaboliti secondari nei tessuti vegetali (Orcutt e Nilsen 2000; MacEville e Peltola 2003) e di conseguenza possono modificare molto gli effetti prodotti negli organismi animali, incluso l'uomo.

### Fattori genetici

Il quadro dei metaboliti presenti in una pianta è molto specifico e può essere influenzato dalla specie e dall'ecotipo o dalla cultivar, in particolare i genotipi selezionati specificamente per un determinato carattere correlato. Come nel caso di *Artemisia annua* (vedi più avanti).

Una sintesi di alcuni metaboliti secondari trovati in ortaggi comuni è proposta nelle Tabelle 1 e 2. I dati riportati nell'articolo originale non indicano l'ambiente culturale, i metodi agronomici utilizzati, né le cultivar di riferimento; ciononostante servono a evidenziare quanto ampia sia la variabilità interspecifica, alla quale si aggiunge ulteriormente quella intraspecifica dovuta alle cultivar.

### Fattori agronomici

Varie ricerche sono state condotte per valutare l'influenza

dei fattori agronomici sulla produzione di metaboliti secondari (Poiroux-Gorod *et Al.* 2010) ed è emersa la complessità dei sistemi regolatori che interagiscono anche con l'espressione genetica (epigenetica).

Un aspetto agronomico ovvio che influisce sui contenuti di sostanze attive nelle piante è il momento della raccolta in relazione al grado di maturazione. Ad esempio Tamasi *et Al.* (2021) provarono che i due metaboliti  $\alpha$ -Tomatina e Deidrotomatina contenuti nei pomodori diminuiscono molto durante il processo di maturazione: analizzando 8 diverse varietà industriali di pomodori maturati a terra nell'estate del 2017 e raccolti a diversi stadi di maturazione (verde, vi-

rata, rosa e rossa) trovarono che la varietà H1015 passa da 102,8 mg/100g a 18 mg/100g per  $\alpha$ -Tomatina, e da 14,7 mg/100g a 3,4 mg/100g per Deidrotomatina.

Un altro aspetto agronomico che influisce molto sull'espressione delle sostanze attive è il comune miglioramento genetico: quindi non stiamo parlando di organismi geneticamente modificati, ma di piante selezionate. La selezione ha ottenuto risultati enormi producendo piante più produttive, frutti più grandi, riducendo il contenuto di sostanze naturali tossiche e aumentando quello di alcune sostanze utili. A titolo di esempio possiamo considerare l'olio di colza, che non viene più

prodotto dalle vecchie varietà ricche di acido erucico, ma solo da cultivar piuttosto recenti che forniscono olio più adatto al consumo alimentare, detto anche Canola (*Canadian Oil*).

Nonostante l'approccio strettamente agronomico offra buone prospettive, è evidente che i percorsi metabolici che conducono alla formazione dei metaboliti secondari non sono ancora ben compresi e dovranno essere investigati sotto il profilo integrato ambientale-agronomico-genetico.

Una pianta molto studiata sotto il profilo dei metaboliti secondari è *Artemisia annua*: fornisce il più potente antimalarico attualmente disponibile, Artemisinina, che ha un grande significato

Foto di Colinn



*Salix alba*. Il salice bianco, detto anche salice da pertiche, è una pianta della famiglia delle Salicacee.



medico ed economico. La possibilità di produrre Artemisinina in modo completamente industriale esiste, ma a costi attualmente non convenienti (Twaij e Hasan 2022), per cui si cerca di accrescere il contenuto percentuale nelle piante con metodi agronomici e genetici. Al momento la percentuale di composti attivi raggiunta è maggiore in piante specificamente selezionate e coltivate che in quelle spontanee o coltivate per uso alimentare; tuttavia, nonostante le numerose ricerche condotte, la presenza resta bassa rispetto

alle speranze dell'industria farmaceutica.

In questa fase abbastanza iniziale della comprensione dei passaggi che conducono alla produzione di metaboliti secondari vengono condotte anche ricerche su metodi di improbabile convenienza economica, ma comunque utili a comprendere i meccanismi.

Ad esempio è stato studiato l'effetto della luce infrarossa o visibile pulsata sull'accumulo di carotenoidi (Gonzales-Casado *et Al.* 2022) ed è stata dimostrata la sua utilità tecnica.

Un'altra ricerca ha utilizzato l'irraggiamento gamma delle piante come stimolante della produzione di alcuni metaboliti secondari: il concetto è che i raggi gamma sono fattori di stress come altri fattori biotici o abiotici e pertanto, se utilizzati in dose non letale, possono stimolare la produzione di metaboliti secondari difensivi (Vardhan e Shukla 2017). I risultati indicano che effettivamente una dose ottimale di raggi favorisce la produzione di alcuni metaboliti secondari difensivi, mentre si ha una riduzione quando la dose di raggi diventa eccessiva, perché la pianta soffre eccessivamente e non riesce più a difendersi. Questi risultati confermano che la produzione di metaboliti secondari richiede l'esposizione a stress e che i geni della pianta hanno sufficiente elasticità per produrre alcuni tipi di metaboliti anche in presenza di uno stress diverso da quello per cui sono stati elaborati dalla natura.

Francamente, il crescente uso di radiazioni nei trattamenti agronomici solleva molti dubbi. Ad esempio viene proposta l'irradiazione dei semi con raggi X in presemina (Beamcomplex 2021): questa addirittura viene presentata come una tecnica *environmental friendly* ("rispettosa dell'ambiente"). Le piante che nascono dai semi irradiati appaiono normali e forse anche più produttive di quelle naturali, ma non sappiamo quali parti del genoma potranno esprimere i semi così trattati, quindi non sappiamo neppure che cosa l'irradiazione potrà far cambiare nella produzione di metaboliti secondari.

La relazione fra tipo e grado di stress e la produzione di metaboliti secondari era già nota da tempo (Eilert 1987) e suggerisce un meccanismo tipo ormesi: "una dose alta uccide, ma una dose limitata rafforza"; in questo

*Trifolium subterraneum*. L'utilizzo principale di questa pianta è il pascolamento, continuo e molto intenso, specie con ovini.

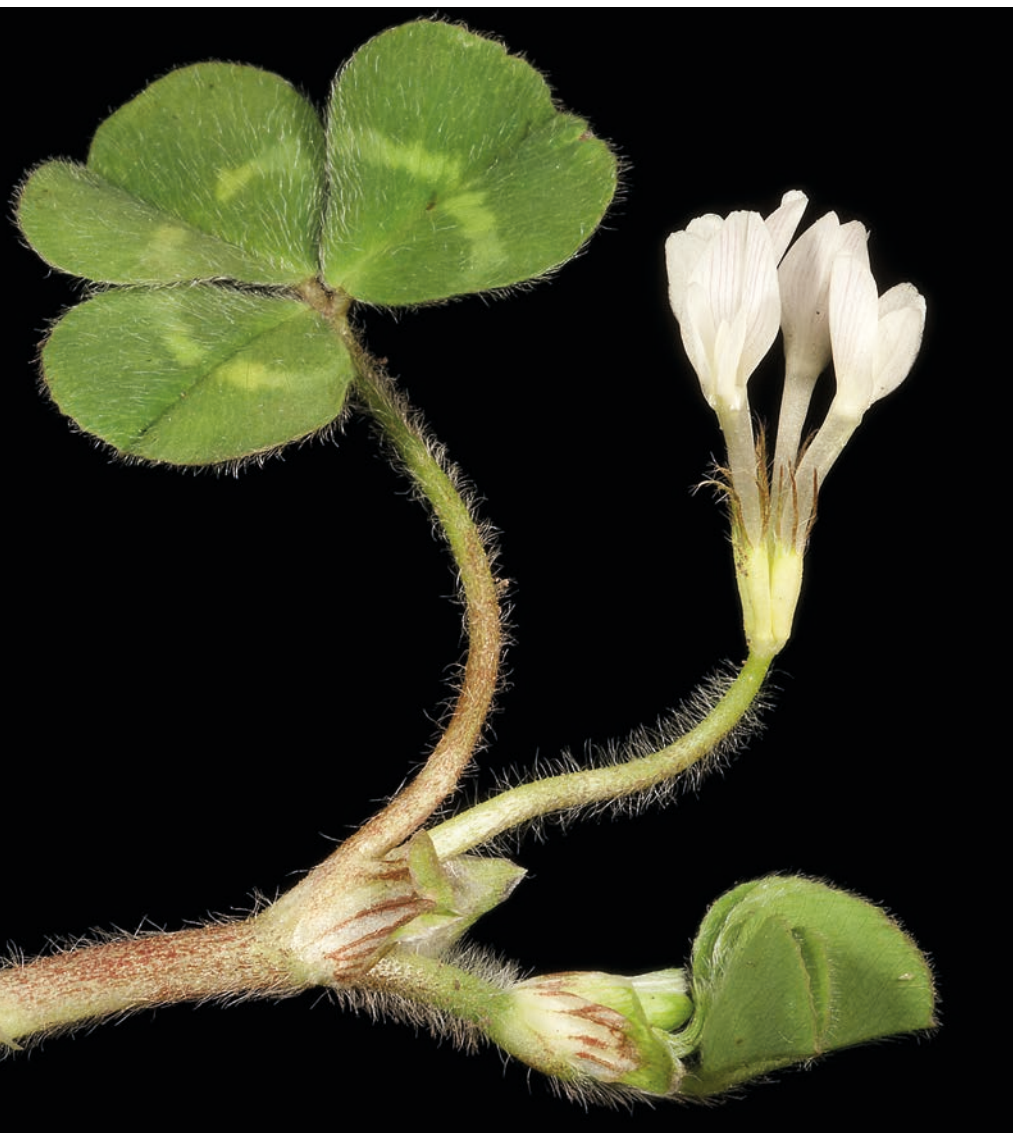


Foto di Kevin Thiele

caso uno stress forte può accrescere l'accumulo dei metaboliti, ma se lo stress è eccessivo la produzione di biomassa viene depressa e la pianta muore.

Il risultato finale al momento è che possiamo ottenere una maggiore produzione di biomassa fogliosa o anche di frutti e semi grandi, oppure in alternativa abbondanza di sostanze adattative con funzioni per noi farmacologiche. Purtroppo difficilmente si ottengono le due cose insieme.

Ci sono stati risultati positivi per aumentare la disponibilità nella pianta di alcuni metaboliti particolari (Della Penna 2001; Cappell e Christou 2004; Morandini *et Al.* 2005), ad esempio l'aumento di acido oleico nella soia (Kinney 1996), oppure l'aumen-

to di flavonoidi e carotenoidi nel pomodoro (Fraser *et Al.* 2002; Mehta *et Al.* 2002), tuttavia non si è ancora in grado di aumentare la crescita delle piante e nel contempo accrescere la varietà e la quantità dei metaboliti secondari.

Ne può derivare una affermazione che ovviamente è solo intuitiva: le piante agricole servono bene come cibo per la crescita, mentre le piante naturali ci servono meglio per vivere in salute. Il contenuto quantitativo e qualitativo di metaboliti secondari delle piante che si trovano in natura viene modificato dalla selezione genetica (Abbo *et Al.* 2014). Fra i motivi principali delle selezioni agronomiche attuali vi sono l'incremento produttivo, le maggiori dimensioni

dei frutti e dei semi, il loro sapore, la loro conservabilità, il sincronismo della maturazione e quindi la facilità di raccolta, il basso contenuto in sostanze tossiche (Dehaan *et Al.* 2016). La selezione ha influito sul contenuto di metaboliti secondari, ad esempio la riduzione di amarezza riduce necessariamente il contenuto di alcaloidi (Muzquiz *et Al.* 1994).

Il miglior controllo agronomico delle condizioni colturali ha ridotto la pressione ambientale e quindi la necessità di sostanze adattative (Ku *et Al.* 2020; Pavan *et Al.* 2016); ovviamente la minore necessità di metaboliti secondari rende le colture meno utili ai fini medicinali rispetto alle piante spontanee (Wang *et Al.* 2010; Kaur *et Al.* 2019).

PIÙ SERENI,  
DAY BY DAY.



Nei periodi di stress l'ansia può impedirvi di affrontare la vita con la giusta prospettiva. Serenday OMEOSTAT contiene estratti di Albizzia, Giuggiolo, Polygala e Withania che, grazie all'azione combinata dei loro principi attivi naturali, favoriscono il rilassamento e il benessere mentale.

Scopriilo qui



info@fitomedical.com www.fitomedical.com



**FITOMEDICAL**  
star bene è naturale



## Fattori di conservazione e cottura

I processi di cottura cambiano notevolmente l'apporto di sostanze utili rispetto all'alimento crudo: l'introduzione di metodi di cottura portarono importanti variazioni nutritive già dalla preistoria (Carmody *et Al.* 2011), probabilmente anche per la diversa affinità del microbiota dei nostri antenati verso i cibi cotti o crudi. È innegabile che la cottura abbia un effetto notevole anche sulla sopravvivenza di prodotti del metabolismo secondario: a titolo di curiosità possiamo citare il riso migliorato "Golden Rice", che nasce con un maggior contenuto in precursori della vitamina A, ma sia la vitamina A che il suo precursore beta-carotene sono abbastanza termolabili e vengono in parte distrutti nella cottura, rendendo abbastanza vano il risultato ottenuto.

Ciò pone un problema di valutazione calorica dei cibi e il problema diviene maggiore se vediamo il cibo nel contesto del microbiota intestinale. Infatti le procedure di analisi attuali misurano l'energia contenuta nel cibo isolato dal contesto, ma il sistema gastrointestinale comprende un numero enorme di batteri che metabolizzano parte degli alimenti e prelevano una porzione abbastanza significativa del cibo che mangiamo.

Questo rapporto fra il cibo e il microbiota può essere paragonato a quanto avviene nelle leguminose infettate da batteri del genere *Rhizobium*: questi batteri assorbono una parte dell'energia della pianta per il proprio nutrimento, riducendone la produttività, ma dandogli una certa indipendenza dalla fertilità del suolo. Per questo motivo le leguminose da granella producono mediamente meno dei cereali. Il meccanismo della fissazione azotata è stato identificato anche nell'intestino

umano a opera di vari batteri, soprattutto dei tipi *Klebsiella* e *Clostridiales*, sebbene al momento non sia evidente il ruolo della N-fissazione sul bilancio dell'azoto nell'organismo umano (Igai *et Al.* 2016).

Ciò suggerisce che a parità di calorie ingerite, perché contenute nel cibo, il guadagno calorico può essere diverso a seconda dello stato di salute del microbiota e della sua affinità con i cibi ingeriti. Se il microbiota soffre, l'intestino riceve componenti poco degradate e difficili da assimilare; viene inoltre esposto a tossine che ne modificano la permeabilità, rendendola eccessiva (*leaking gut* = intestino gocciolante o permeabile); questo veicola al fegato componenti mal digeribili e ne causa l'accumulo in forma di grassi (*liver non alcoholic steatosis* = steatosi non alcolica del fegato), riducendo l'efficienza metabolica.

Lo stato del microbiota intestinale, a sua volta, può essere molto influenzato dalla presenza o meno di metaboliti secondari. Studi in questo settore sono già numerosi, ma mancano ancora risultati facilmente applicabili. Ad esempio è già noto che il tipo di cottura può avere effetti notevoli sulla biodisponibilità di composti utili come fenoli, carotenoidi, acido ascorbico e altri. Ricerche condotte su alcuni ortaggi hanno dimostrato che la cottura al vapore conserva meglio i composti bioattivi rispetto alla bollitura, alla frittura o al microonde (Chen *et Al.* 2019; Mehmood e Zeb 2020). Da vari studi risulta interazione fra il tipo di cottura usata, il tipo di alimento e il tipo di metabolita presente (Maqbool *et Al.* 2021). Si può ritenere che la variabilità degli effetti dei diversi metodi di cottura dipenda dalla maggiore o minore stabilità biochimica di

ciascun metabolita secondario (Chen *et Al.* 2019); in pratica si hanno effetti non generalizzabili e che richiedono approfondimenti analitici ancora in gran parte da fare.

Nel ragionare sull'effetto che la presenza di metaboliti secondari utili può avere sulla salute dell'organismo si deve anche considerare la crescente enfasi sul possibile danno causato dalle alte quantità di glutine, come la diffusione della celiachia. La quantità di glutine potrebbe essere ridotta da diete salutari che cercano di escluderlo, ma i risultati non sono sempre incoraggianti (Jamka *et Al.* 2020). Ad esempio l'analisi fecale di individui sani sottoposti a restrizione di glutine ha rivelato un impoverimento del microbiota (Sanz 2010). Eppure i sostenitori di diete salutari continuano a trovare effetti positivi in molti loro pazienti (Manheimer *et Al.* 2015) ed è forse possibile ipotizzare un'interazione fra glutine e metaboliti secondari con effetti sulla ricchezza di batteri utili nel microbiota intestinale.

Ovviamente l'utilità delle diete salutari non si limita al glutine: un confronto in meta-analisi fra le sostanze contenute in diete salutari ha mostrato un effetto utile su vari parametri organici, fra cui la riduzione del colesterolo totale, sul colesterolo LDL, sui trigliceridi, riduzione della pressione sanguigna (Fraczek *et Al.* 2021) con maggiore efficacia della paleodieta, che, inoltre, ha mostrato una maggiore efficacia rispetto alle altre diete anche nel lungo periodo.

È chiaro che al momento gli studi sono insufficienti e richiedono maggiori approfondimenti (Schnorr *et Al.* 2014; Zopf *et Al.* 2018), tuttavia si potrebbe ipotizzare che un maggior successo salutistico potrebbe essere ottenuto con l'aumentata varia-

bilità dei cibi ingeriti, unita alla loro produzione secondo tecniche più naturali.

### Metaboliti secondari nel caso particolare dello sport

Un aspetto particolare riguarda gli effetti dei composti vegetali secondari nello svolgimento delle attività sportive e, con un meccanismo inverso, l'effetto dello sport sul metabolismo degli alimenti ingeriti. I cibi vegetali contengono un'alta varietà di metaboliti secondari, che vengono resi assimilabili anche dalla composizione batterica del microbiota dell'intestino tenue o nel crasso. Le sostanze ingerite, a loro volta, influiscono sulla salute del microbiota stesso e sulla sua composizione (Russell e Duthie 2011). Lo stu-

dio dei metaboliti presenti nella dieta (approccio metabolomico) è già ritenuto utile per i tecnici sportivi al fine di migliorare le prestazioni degli atleti di alto livello attraverso variazioni individuali nella dieta (Bongiovanni *et Al.* 2022); questo nuovo settore sta assumendo importanza, al punto che alcuni autori già suggeriscono una terminologia specifica per la nuova scienza applicata allo sport, "sportomics and metabolomics" (Bongiovanni *et Al.* 2019).

È già noto che l'esercizio fisico fa aumentare la diversità microbica nell'intestino ed è capace di modulare le risposte immunitarie della mucosa intestinale e della sua funzione di barriera. Il microbiota delle persone at-

tive è maggiormente efficiente nel metabolismo dei carboidrati e può favorire la disponibilità energetica effettiva dell'organismo. L'esercizio fisico produce acido lattico, che diventa fonte energetica per i batteri intestinali, che a loro volta favoriscono il metabolismo organico del glucosio. L'attività sportiva sembra accrescere alcuni prodotti del microbiota come gli acidi grassi a catena corta (SCFA), che svolgono un'attività antinfiammatoria associata anche all'incremento del metabolismo muscolare. I vantaggi conseguiti hanno però breve durata e richiedono la ripetizione dello stimolo per essere mantenuti.

D'altra parte l'esercizio fisico intenso tipico degli atleti di alto livello produce anche ormoni



Foto di Nicholas\_T

*Podophyllum peltatum*, *Taxus brevifolia*, sono alcune delle piante da cui si estraggono molecole ad azione antineoplastica.



| Composto                                  | Pianta               | Quantità |      |
|---|----------------------|----------|------|
| <b>Flavonoidi</b> mg/100 g                |                      |          |      |
| Quercetina                                | Broccoli             | 3,1      |      |
|   | Cavolo               | 0,01     |      |
|   | Indivia              | 7,7      |      |
|   | Lattuga              | 1,9      |      |
|   | Cipolla              | 13,3     |      |
|   | Pomodoro             | 0,6      |      |
| Apigenina                                 | Cavolo               | 0,01     |      |
|   | Sedano               | 4,6      |      |
|   | Lattuga              | 0,01     |      |
| Luteolina                                 | Cavolfiore           | 0,1      |      |
|   | Sedano               | 1,3      |      |
|   | Spinaci              | 1,1      |      |
| Mirecitina                                | Peperoni             | 0,6      |      |
|   | Spinaci              | 0,01     |      |
| Cianidina                                 | Lattuga verde        | 0,3      |      |
|   | Lattuga rossa        | 13,7     |      |
| <b>Acidi Fenolici</b> mg/100 g            |                      |          |      |
| Acido Clorogenico                         | Fagioli              | 0,3      |      |
|   | Carote               | 10       |      |
|   | Cavolfiore           | 0,1      |      |
|   | Lattuga              | 12       |      |
|   | Semi di soia         | 2,0      |      |
|   | Pomodoro             | 0,9      |      |
|   | Carote               | 0,1      |      |
|   | Rapa                 | 0,4      |      |
|   | Cavolo               | 0,2      |      |
|   | Cavolfiore           | 0,3      |      |
| Acido Ferulico                            | Rapa                 | 0,4      |      |
|   | Cavolo               | 0,2      |      |
| Acido p-Cumarico                          | Cavolfiore           | 0,3      |      |
|   | Semi di Soia         | 0,5      |      |
| Acido Vanillico                           | Cavolfiore           | 0,2      |      |
|   | Rapa                 | 1,4      |      |
| Acido Sinapico                            | Fagioli              | 0,3      |      |
|   | Carote               | 0,5      |      |
| Acido Protocatecuico                      | Fagioli              | 0,3      |      |
|   | Carote               | 0,5      |      |
| <b>Lignani</b> mg/100 g                   |                      |          |      |
| Lariciresinolo                            | Broccoli             | 972      |      |
|   | Cavolfiore           | 124      |      |
|   | Cavolo nero          | 599      |      |
|   | Lattuga              | 5        |      |
|   | Cipolla              | 19       |      |
|   | Peperone             | 164      |      |
|   | Broccoli             | 315      |      |
|   | Cavolo               | 568      |      |
|   | Cavolo nero          | 1691     |      |
|   | Indivia              | 9        |      |
| Pinoresinolo                              | Porro                | 3        |      |
|   | Peperoni             | 1        |      |
| Secoisolariciresinolo                     | Broccoli             | 38       |      |
|   | Cavoletti            | 34       |      |
|   | Porro                | 38       |      |
|   | Carote               | 93       |      |
|   | Lattuga              | 8        |      |
|   | Pomodoro             | 2        |      |
| Matasiresinolo                            | Cavolo nero          | 12       |      |
|   |                      |          |      |
| <b>Carotenoidi</b> mg/100 g               |                      |          |      |
| $\alpha$ -Carotene                        | Broccoli             | 1        |      |
|   | Carote               | 4,6      |      |
|   | Piselli              | 19       |      |
|   | Peperoni             | 59       |      |
|   | Pomodoro             | 112      |      |
|   | Broccoli             | 779      |      |
|   | Cavoletti            | 450      |      |
|   | Carote               | 8,8      |      |
|   | Piselli              | 485      |      |
|   | Pomodoro             | 393      |      |
| $\beta$ -Carotene                         | Peperoni             | 2,2      |      |
|   | Carote               | 23       |      |
| $\beta$ -Criptoxantina                    | Sedano               | 3        |      |
|   | Cavolo nero          | 173      |      |
| Zeaxantina                                | Lattuga              | 187      |      |
|   | Spinaci              | 331      |      |
| Lycopene                                  | Pomodoro             | 3        |      |
|   |                      |          |      |
| <b>Tocoferoli e Tocotrienoli</b> mg/100 g |                      |          |      |
| $\alpha$ -Tocoferolo                      | Broccoli             | 1,4      |      |
|   | Cavolo               | 0,2      |      |
|   | Carote               | 0,9      |      |
|   | Sedano               | 0,3      |      |
|   | Cipolla              | 0,04     |      |
|   | Spinaci              | 1,9      |      |
|   | Pomodoro             | 0,5      |      |
|   | $\beta$ -Tocoferolo  | Carote   | 0,01 |
|   |                      | Lattuga  | 0,01 |
|   | $\gamma$ -Tocoferolo | Cetrioli | 0,01 |
| Broccoli                                  |                      | 0,3      |      |
| $\delta$ -Tocoferolo                      | Cavolfiore           | 0,2      |      |
|   | Lattuga              | 0,5      |      |
| $\alpha$ -T3                              | Spinaci              | 0,2      |      |
|   | Pomodoro             | 0,1      |      |
| $\gamma$ -T3                              | Cavolo               | 0,04     |      |
|   | Cavolfiore           | 0,06     |      |
| $\delta$ -T3                              | Cipolla              | 0,12     |      |
|   | Mais                 | 0,2      |      |
| $\epsilon$ -T3                            | Piselli              | 0,05     |      |
|   |                      |          |      |

Tab. 1  
Contenuto indicativo di Flavonoidi, Acidi Fenolici, Lignani, Carotenoidi, Tocoferoli e tocotrienoli in alcuni ortaggi (da: Hounsom et Al. 2008 - Modificata e italianizzata).  
Tutte le quantità sono riferite in proporzione al peso fresco (Fresh Weight).  
I dati in tabella devono essere considerati solo come indicativi a causa delle variazioni causate dall'ambiente, dalla gestione e dalle caratteristiche genetiche.

| Composto                             | Pianta        | Quantità    |     |
|--------------------------------------|---------------|-------------|-----|
| <b>Quinoni</b> $\mu$ g/100 g         |               |             |     |
| Filloquinone                         | Broccoli      | 102         |     |
|                                      | Carote        | 8,3         |     |
|                                      | Sedano        | 29          |     |
|                                      | Cetrioli      | 16          |     |
|                                      | Lattuga       | 75          |     |
|                                      | Cipolla       | 0,2         |     |
|                                      | Peperoni      | 10          |     |
| <b>Steroli</b> mg/100 g              |               |             |     |
| Campesterolo                         | Broccoli      | 6,9         |     |
|                                      | Cavoletti     | 8,0         |     |
|                                      | Carote        | 2,2         |     |
|                                      | Cavolfiore    | 9,5         |     |
|                                      | Cipolla       | 0,8         |     |
|                                      | Pomodoro      | 0,3         |     |
|                                      | Campestanolo  | Broccoli    | 0,1 |
|                                      |               | Cavolo nero | 0,1 |
|                                      |               | Porro       | 0,1 |
|                                      | Stigmasterolo | Pomodoro    | 0,1 |
| Broccoli                             |               | 1,1         |     |
| Cavoletti                            |               | 0,4         |     |
| $\beta$ -Sitosterolo                 | Carote        | 2,8         |     |
|                                      | Cavolfiore    | 3,7         |     |
|                                      | Sedano        | 7,0         |     |
|                                      | Pomodoro      | 1,7         |     |
|                                      | Broccoli      | 31          |     |
|                                      | Cavoletti     | 34          |     |
|                                      | Cavolfiore    | 26          |     |
| $\beta$ -Sitostanolo                 | Sedano        | 7,3         |     |
|                                      | Cavolo nero   | 7,4         |     |
|                                      | Pomodoro      | 2,4         |     |
|                                      | Broccoli      | <0,1        |     |
|                                      | Carote        | <0,1        |     |
|                                      | Cavolfiore    | <0,1        |     |
| Alcaloidi                            |               | mg/100 g    |     |
|                                      | Patata        | <0,1        |     |
| $\alpha$ -Solaniina                  | Patata        | <0,2        |     |
|                                      | Lactucina     | 20          |     |
| Lactucopirina                        | Cicoria       | 13          |     |
|                                      |               |             |     |
| <b>Glucosinolati</b> $\mu$ mol/100 g |               |             |     |
| Glucobriferina                       | Broccoli      | 17          |     |
|                                      | Cavoletti     | 1,5         |     |
|                                      | Cavolfiore    | 1,3         |     |
|                                      | Cavolo        | 3,9         |     |
|                                      | Broccoli      | 29          |     |
| Glucorafanina                        | Cavoletti     | 0,6         |     |
|                                      | Cavolfiore    | 0,3         |     |
|                                      | Cavolo        | 0,4         |     |
| Glucotalissina                       | Broccoli      | 3,9         |     |
|                                      | Cavoletti     | 0,3         |     |
| Sinigrina                            | Broccoli      | 1,4         |     |
|                                      | Cavoletti     | 8,6         |     |
| Glucosinapina                        | Cavolfiore    | 5,3         |     |
|                                      | Cavolo        | 5,1         |     |
|                                      | Broccoli      | 2,9         |     |
| Glucosinasturtina                    | Cavoletti     | 2,8         |     |
|                                      | Cavolfiore    | 3,4         |     |
|                                      | Cavolo        | 0,4         |     |
|                                      | Broccoli      | 3,3         |     |
| Progoitrina                          | Cavoletti     | 2,4         |     |
|                                      | Cavolfiore    | 0,5         |     |
| Glucosinasturtina                    | Cavolo        | 0,6         |     |
|                                      | Broccoli      | 4,4         |     |
|                                      | Cavoletti     | 1,1         |     |
| Glucosinasturtina                    | Cavoletti     | 1,1         |     |
|                                      | Cavolfiore    | 2,8         |     |

Tab. 2  
Contenuto indicativo di Quinoni, Steroli, Alcaloidi in alcuni ortaggi (da: Hounsom et Al. 2008 - Modificata e italianizzata).  
Tutte le quantità sono riferite in proporzione al peso fresco (Fresh Weight).  
I dati in tabella devono essere considerati solo come indicativi a causa delle variazioni causate dall'ambiente, dalla gestione e dalle caratteristiche genetiche.

dello stress fisico e psicologico, fra cui il cortisolo: un microbiota in equilibrio può favorirne l'eliminazione.

Risulta che una dieta sbagliata, contenente sostanze poco tollerate, se protratta induce la sintomatologia dell'intestino permeabile (*leaking gut*); questo a sua volta può influire notevolmente sulla capacità di allenamento e sul rendimento delle prestazioni atletiche, inclusa la gara. Questo è stato provato da studi condotti su atleti di livello alto (*élite athletes*).

Ad esempio sappiamo che la fatica e lo stress psicologico degli atleti possono avviare una risposta ormonale. Ricerche condotte sui topi hanno mostrato che lo stress può avere enorme influenza sulla composizione del microbiota intestinale, per esempio causando riduzione del *Turicibacter spp.* e invece aumento di *Ruminococcus gnavus*, che hanno effetto sulla produzione di muco intestinale e sul sistema immunitario. Questo suggerisce di individuare diete personalizzate contenenti particolari sostanze che possono avere effetto diverso sui singoli atleti, e mirate al mantenimento del particolare microbiota individuale (Clark e Mach 2016).

La motivazione per l'esercizio fisico è sostenuta da un umore positivo ed è stato dimostrato nei topi che i segnali neurologici forniti dal microbiota accrescono la motivazione dell'esercizio fisico, aumentando il rilascio di dopamina. In pratica l'esercizio modifica il microbiota e questo a sua volta accresce la motivazione per l'esercizio (Dohnalova et Al. 2022). Anche altri autori (Marttinen et Al. 2020; Mohr et Al. 2020) concordano che l'impiego di probioti mirati al microbiota possono migliorare la salute e il rendimento degli atleti.

## Conclusioni

La variabilità dei metaboliti secondari nelle piante è estremamente alta e la loro quantità varia in funzione di specie, cultivar, ambiente fisico, gestione, metodi di conservazione e metodi di cottura. Purtroppo la ricerca in questo settore è ancora notevolmente incompleta, soprattutto a causa della grande variabilità dei principi attivi.

Nel regno vegetale esistono forse decine di migliaia di specie di cui ancora conosciamo soltanto il nome botanico e talvolta informazioni empiriche, ma nessuna informazione scientifica sui loro possibili usi. Anche limitandosi alle sole specie alimentari, fra le quali le molte colture secondarie (*minor crops*) o abbandonate (*lost crops*), ve ne sono molte delle quali non si conosce il profilo dei metaboliti secondari e di conseguenza si conoscono ben poco i benefici potenziali per le persone. Inoltre sappiamo molto poco delle modalità con cui i fattori ambientali e gestionali influiscono sulle proporzioni delle sostanze specifiche presenti in ciascuna specie.

Lo sviluppo delle tecniche agricole e per il trattamento dei cibi influisce molto sulla disponibilità naturale di principi attivi, ma le conoscenze relative all'interazione genoma-ambiente-gestione sono ancora piuttosto frammentarie.

Oltre alla variabilità vegetale, anche quella dei tipi umani, in relazione alla risposta degli individui al tipo di alimentazione, è notevole e non ancora ben compresa, anche perché l'interazione fra genetica ed epigenetica complica molto i risultati e le spiegazioni.

Certamente con l'aumento delle conoscenze sulla biochimica delle piante e sulla fisiologia umana diverrà sempre più con-

veniente formulare diete non soltanto in base al contenuto di proteine, lipidi, carboidrati e fibre, e giungere a considerare il ruolo soggettivo di una serie enorme di altri prodotti, che al momento vengono considerati solo in casi particolari a causa della complessità dei concetti e dei calcoli. È possibile che un tale livello approfondito di formulazioni venga inizialmente proposto per casi particolari, fra cui gli atleti di maggiore livello, e solo successivamente potrà essere maggiormente generalizzato.

Una considerazione finale e generale induce a pensare che la vasta complessità del panorama e l'enorme numero di interazioni possibili fra piante ambiente, individui e tecnologie renderanno forse preferibile rinunciare a un po' della produttività colturale per migliorarne la qualità, usando sistemi produttivi agricoli più naturali che siano davvero rispettosi dell'ambiente e degli organismi allevati. Questo eventuale cambiamento potrebbe però avere ripercussioni anche molto negative sulle produzioni alimentari e sulla disponibilità globale di cibo.

**\* Dottore Forestale, prof. UniFi – ANA-OAI (Ass. Naz. Atleti Olimpionici e Azzurri d'Italia)**

**\*\* Farmacista, esperta in farmacovigilanza e discipline regolatorie del farmaco**

**\*\*\* Medico, ex direttore laboratorio di microbiologia e virologia di Careggi (FI)**

**\*\*\*\* Allenatore CSEN**

## Bibliografia

Abbo S., Van-Oss P.R., Gopher A., Saranga Y., Ofner I., Peleg Z., 2014. Plant domestication versus crop evolution: a conceptual framework for cereals and grain legumes. *Trends Plant Sci.* 19, 351-

360. doi: 10.1016/j.tplants.2013.12.002.

Baenas N., Garcia-Viguera C., Moreno D.A., 2014. Elicitation: a tool for enriching the bioactive composition of foods. *Molecules.* 19, 13541-13563.

Beamcomplex, 2021. Pre-sowing treatment of seeds with X-Rays to increase harvest. [www.beamcomplex.com](http://www.beamcomplex.com).

Bongiovanni T., Lacome M., Fanos V., Martera G., Cione E., Cannataro R., 2022. Metabolomics in team-sport athletes: current knowledge, challenges, and future perspectives. *Proteomes*, 10(3): 27.

Bongiovanni T., Pintus R., Dessi A., Noto A., Sardo S., Finco G., Corsello G., Fanos V., 2019. Sportomics: metabolomics applied to sports: the new revolution? *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 23: 11011-11019.

Bourgau F., Gravot A., Milesi S., Gontier E., 2001. Production of plant secondary metabolites: a historical perspective. *Plant Sci.* 161, 839-851.

Butnariu M., Quispe C., Herrera-Bravo J., Pentea M., Sarac I., Kü ümler S.A., Özçelik B., Painuli S., Semwal P., Imran M., Gondal T.A., Yazdi S.E., Lapava N., Yousaf Z., Kumar M., Eid A.H., Al-Dhaheer Y., Suleria H.A.R., Contreras M., Sharifi-Rad J., Cho W.C., 2022. *Papaver*. Plants: Current Insights on Phytochemical and Nutritional Composition Along with Biotechnological Applications. Doi: 10.1155/2022/2041769.

Capell T., Christou P., 2004. Progress in plant metabolic engineering. *Curr Opin Biotechnol.*, 15(2): 148-154.

Carmody R.N., Weintraub G.S., Wrangham R.W., 2011. Energetic consequences of thermal and nonthermal food processing. *PNAS* November 29, vol. 108:48, 19199-19203.

Chen X., Hanschen F.S., Neugart S., Schreiner M., Vargas S.A., Gutschmann B., Baldermann S., 2019. Boiling and steaming induced changes in secondary metabolites in three different cultivars of pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*). *Journal of food composition and analysis*, 82, 103232.

Clark A., Mach N., 2016. Exercise-induced stress behavior, gut-microbiota-brain axis and diet: a systematic review for athletes. *J Int Soc Sports Nutr*; 13:43.

Dehaan L.R., Van Tassel D.L., Anderson J.A., Asselin S.R., Barnes R., Baute G.J., Dorn K.M., Hulke B.S., Kantar M., Larson S., Marks M.D., Miller A.J., Poland J., Ravetta D.A., Rude E., Ryan M.R., Wyse D., Zhang X., 2016. A pipeline strategy for grain crop domestication. *Crop Sci.*, 56, 917-930.



- Della Penna D., 2001. Plant metabolic engineering. *Plant Physiol.* 125: 160-163.
- Djoussé L., Arnett D.K., Coon H., Province M.A., Moore L.L., Ellison R.C., 2004. Fruit and vegetable consumption and LDL cholesterol: the National Heart Lung and Blood Institute Family Heart Study. *Am J Clin Nutr* 79: 213-217.
- Dohnalova L., Lundgren P. Carty J.R.E., Goldstein N., Wenski S.L., Nanudorn P., Thiengmag S. Huang K.P., Litichevskiy L., Descamps H.C., Chellappa K., Glassman A., Kessler S., Kim J., Cox T.O., Dmitrieva-Posocco O., Wong A.C., Allman E.L., Ghosh S., Sharma N., Sengupta K., Cornes B., Dean N., Churchill G.A., Thaiss C.A., 2022. A microbiome-dependent gut-brain pathway regulates motivation for exercise. *Nature*, 612: 739-747.
- Eilert U., 1987. Elicitation: methodology and aspects of application. In: Vasil IK, Constabel F, editors. *Cell culture and somatic cell genetics of plants*. Vol. 4. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science, 153-196.
- Fraczek B., Pieta A., Burda A., Mazur-Kurach P., Tyrala F., 2021. Paleolithic diet-Effect on the health status and performance of athletes? *Nutrients*, 13(3): 1019.
- Fraser P.D., Romer S., Shipton C.A., Mills P.B., Kiano J.W., Misawa N., Drake R.G., Schuch W., Bramley P.M., 2002. Evaluation of transgenic *Pomodoro* plants expressing an additional phytoene synthase in a fruit-specific manner. *Proc Natl Acad Sci USA*, 99: 1092-1097.
- Goldberg G., 2003. *Plants: diet and health*. The report of a British nutrition foundation task force. Oxford U.K. Blackwell Publishing Ltd. 347 p.
- González-Casado S., López-Gámez G., Martín-Belloso O., Elez-Martínez P., Soliva-Fortuny R., 2022. Pulsed light of near-infrared and visible light wavelengths induces the accumulation of carotenoids in tomato fruits during post-treatment time. *J Food Sci.*, 87(9): 3913-3924.
- Hikisz P., Bernasinska-Slomczewska J., 2021. Beneficial Properties of Bromelain. doi:10.3390/nu13124313
- Hounsborne N., Hounsborne B., Tomos D., Edwards-Jones G., 2008. Plant metabolites and nutritional quality of vegetables. *J. Food Sc.* doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00716.x
- Hung H.C., Joshipura K.J., Jiang R., Hu F.B., Hunter D., Smith-Warner S.A., Colditz G.A., Rosner B., Spiegelman D., Willett W.C., 2004. Fruit and vegetable intake and risk of major chronic disease. *J Natl Cancer Inst* 96(21): 1577-1584.
- Igai K., Itakura M., Nishijima S., Tsurumano H., Suda W., Tsutaya T., Tomitsuka E., Tadokoro K., Baba J., Odani S., Natsuhara K., Morita A., Yoned M., Greenhill A.R., Horwood P.F., Inoue J.I., Ohkuma M., Hongoh Y., Yamamoto T., Siba P.M., Hattori M., Minamisawa K., Umezaki M., 2016. Nitrogen fixation and nifH diversity in human gut microbiota. *Scientific Reports*, 6: 31942 <https://doi.org/10.1038/srep31942>
- Jamka M., Kulczynski B., Jaruc A., Gramza-Michalowska A., Stokes C.S., Walkowiak J., 2020. The effect of the paleolithic diet vs. healthy diets on glucose and insulin homeostasis: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Clin Med*, 9(2): 296.
- Kaur K., Grewal S.K., Gill P.S., Singh S., 2019. Comparison of cultivated and wild chickpea genotypes for nutritional quality and antioxidant potential. *J. Food Sci. Technol.* 56, 1864-1876.
- Kinney A.J., 1996. Development of genetically engineered soybean oils for food applications. *J Food Lipids* 3: 273-292.
- Ku Y-S., Contador C.A., Ng M-S., Yu J., Chung G., Lam H-M., 2020. The Effects of Domestication on Secondary Metabolite Composition in Legumes. *Front. Genet.* 11:581357. doi: 10.3389/fgene.2020.581357
- Liu S., Manson J.E., Lee I.M., Cole S.R., Hennekens C. H., Willett W.C., Buring J.E., 2000. Fruit and vegetable intake and risk of cardiovascular disease: the women's health study. *Am J Clin Nutr* 72: 922-928.
- MacEvilly C., Peltola K., 2003. The effect of agronomy storage processing and cooking on bioactive substances in food. In: G Goldberg, ed., *Plants: diet and health*. Oxford U.K. Blackwell Publ., 226-239.
- Manheimer E.W., Van Zuutren E.J., Fedorowicz Z., Pijl H., 2015. Paleolithic nutrition for metabolic syndrome: systematic review and meta-analysis. *Am J Clin Nutr.*, 102:4, 922-32.
- Maqbool N., Sofi S.A., Makroo H.A., Mir S.A., Majid D., Dar B.N., 2021. Cooking methods affect eating quality, bio-functional components, antinutritional compounds and sensory attributes of selected vegetables. *Italian Journal of Food Science*, 04 Novembre 2021, DOI: 10.15586/ijfs.v33iSP1.2092
- Martinen M., Ala-Jaakkola R., Laitila A., Lehtinen M.J., 2020. Gut microbiota, probiotics and physical performance in athletes and physically active individuals. *Nutrients*, 12(10): 2936.
- Maugini E., Maleci Bini L., Mariotti Lippi M., 2014. *Botanica Farmaceutica IX* edizione, 656 p.
- Mehmood A., Zeb A., 2020. Effects of different cooking techniques on bioactive contents of leafy vegetables. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, vol 22, 100246.
- Mehta R.A., Cassol T., Li N., Ali N., Handa A.K., Mattoo A.K., 2002 Engineered polyamine accumulation in tomato enhances phytonutrient content, juice quality, and vine life. *Nat Biotechnol.* 20: 613-618.
- Mohr A.E., Jager R., Carpenter K.C., Kerksick C.M., Purpura M., Townsend J.R., West N.P., Black K., Gleeson M., Pyne D.B., Wells S.D., Arenf S.M., Kreider R.B., Campbelf B.I., Bannock L., Scheiman J., Wissent C.J., Pane M., Kalman D.S., Pugh J.N., Ortega-Santos C.P., Haar J.A.T., Arciero P.J., Antonio J., 2020. The athletic gut microbiota. *J Int Soc Sports Nutr*, 17(1): 24.
- Morandini P., Salamini F., Gantet P., 2005. Engineering of plant metabolism for drug and food. *Curr Med Chem Immunol Endocr Metab Agents*, 5(2): 103-112.
- Muzquiz M., Cuadrado C., Ayet G., De Cuadra C., Burbano C., Osagie A., 1994. Variation of alkaloid components of lupin seeds in 49 genotypes of *Lupinus albus L.* from different countries and locations. *J. Agric. Food Chem.*, 42, 1447-1450.
- Orcutt D.M., Nilsen E.T., 2000. *The physiology of plants under stress soil and biotic factors*. New York, John Wiley and Sons Inc., 680 p.
- Pardini A., Fabrizio R., Gremigni P., 2021. Proprietà farmacologiche del genere *Artemisia*, con speciale riferimento ad *Artemisia annua*. *Natural1*, Gen-Feb, 33-45.
- Pardini A., Gremigni P., Pratesi V., 2005. Diversification of crops and management for long-term sustainability of agro-pastoral production in Western Australia. *Boll. Comunità Scientifica in Australasia (Ambasciata d'Italia, Canberra, V, I, 21-28)*.
- Poiroux-Gonord F., Bidet L.P.R., Fanciullino A.L., Gautier H., Lauri-Lopez F., Urban L., 2010. Health benefits of vitamins and secondary metabolites of fruits and vegetables and prospects to

increase their concentrations by agronomic approaches. J Agric Food Chem., 58(23): 12065-12082.

Pavan S., Schiavulli A., Marcotrigiano A.R., Bardaro N., Bracuto V., Ricciardi F., Charnikhova T., Lotti C., Bouwmeester H., Ricciardi L., 2016. Characterization of low-strigolactone germplasm in pea (*Pisum sativum* L.) resistant to crenate broomrape (*Orobanche crenata* Forsk.). Mol. Plant-Microbe Interact. 29, 743-749.

Prior R.L., Cao G., 2000. Antioxidant phytochemicals in fruits and vegetables; diet and health implications. Hort Science 35(4): 588-592.

Russell W, Duthie G., 2011. Plant secondary metabolites and gut health: the case for phenolic acids. Proc Nutr Soc. 70(3): 389-96.

Sanz Y., 2010. Effects of a gluten-free diet on gut microbiota and immune function in healthy adult humans. Gut Microbes., 1, 135-137.

Singh B., Bhat T.K., Singh B., 2003. Potential therapeutic applications of some antinutritional plant secondary metabolites. J Agric Food Chem., 51, 5579-5597.

Schnorr S.L., Candela M., Rampelli S., Centanni M., Consonandi C., Basaglia G., Turroni S., Biagi E., Peano C., Severgnini M., et al., 2014. Gut microbiome of the Hadza hunter-gatherers. Nat. Commun; 5:3654.

Sharifi-Rad J., Ozleyen A., Tumer T.B., Adetunji C.O., El Omari N., Balahbib A., Taheri Y., Bouyahya A., Martorell M., Martins N. Cho W.C., 2019. Natural products and synthetic analogs as a source of antitumor drugs. doi: 10.3390/biom9110679

Tamasi G., Pardini A., Croce R., Consumi M., Leone G., Bonechi C., Rossi C., Magnani A., 2021. Combined Experimental and Multivariate Model Approaches for Glycoalkaloid Quantification in Tomatoes. DOI.org/ 10.3390/ molecules 26113068

Twajj B.M., Hasan M.N., 2022. Bioactive secondary metabolites from plant Sources: types, synthesis, and their therapeutic uses. Int. J. Plant Biol., 13(1), 4-14.

Temple N.J., Gladwin K.K., 2003. Fruit vegetables and the prevention of cancer: research challenges. Nutrition 19(5): 467-470.

Vardhan P.V., Shukla L.I., 2017. Gamma irradiation of medicinally important plants and the enhancement of secondary metabolite production, International Journal of Radiation Biology, 93:9, 967-979.

Wallace R.J., 2004. Antimicrobial properties of plant secondary metabolites. Proc Nutr Soc., 63, 621-629.

Wang C., Zhao T., Gai J., 2010. Genetic variability and evolutionary peculiarity of isoflavone content and its components in soybean germplasm from China. Sci. Agric. Sin., 43, 3919-3929.

Zahid H, Rizwani GH., 2016. *Digitalis purpurea* L.: a concise drug review with probable clinical uses. Hamdard Medicus, 59(2): 25-32.

Zopf Y., Reljic D., Dieterich W., 2018. Dietary Effects on Microbiota—New Trends with Gluten-Free or Paleo Diet. Med Sci (Basel), 6:4, 92.



## MORIGLIC

Moriglic è un integratore alimentare a base di **Moringa**, **Cromo**, estratti vegetali di **Cannella**, **Momordica** e **Gymnema** e **acido alfa-lipoico**.

Cannella e Momordica sostengono il metabolismo dei carboidrati, la Gymnema è utile per il controllo del senso di fame e sostiene il metabolismo dei carboidrati e dei lipidi.

I semi di moringa supportano la funzione digestiva. Il cromo contribuisce al normale metabolismo dei macronutrienti e al mantenimento di livelli normali di glucosio nel sangue.



[www.benesseremoringa.com](http://www.benesseremoringa.com)

DISPONIBILE  
presso le FARMACIE  
oppure ON LINE su:  
[www.benesseremoringa.com](http://www.benesseremoringa.com)

