



Il colore rosso degli alimenti indica una dominanza di Antociani, che in ambiente acido assumono una colorazione tendente al rosso, Licopene e Betalaine rosse.

Pigmenti vegetali Un indizio visivo sul tipo di metaboliti secondari e sulle funzioni mediche degli alimenti

La possibilità di identificare alcune attività metaboliche in base al colore degli alimenti può aiutare il singolo consumatore anche inesperto a stabilire una dieta personalizzata. La varietà dei colori presenti nel mondo vegetale rappresenta l'espressione di una complessa ricchezza chimica, nella quale pigmenti e composti bioattivi svolgono funzioni essenziali per la sopravvivenza delle piante e, allo stesso tempo, contribuire al mantenimento della salute umana attraverso l'alimentazione.

***Andrea Pardini**
****Rosaria Fabrizio**

I pigmenti delle piante si sono evoluti in milioni di anni come risultato dell'evoluzione delle loro vie metaboliche a partire da vie ancestrali che erano apparse sul pianeta già sui 3 miliardi di anni fa, quindi ben prima dell'esistenza delle piante. Batteri autotrofi e cianobatteri svilupparono il meccanismo Rubisco (= ribulosio-1,5-bisfosfato carbossilasi/ossigenasi) che oggi compone le vie fotosintetiche C3, C4 e CAM (tabella 1).

Il meccanismo C3 (ciclo di Calvin-Benson) è nato nei cianobatteri, batteri fotosintetici comparsi circa 2,7-2,5 miliardi di anni fa molto prima delle alghe e delle piante.

Le alghe verdi, antenate delle piante terrestri, comparvero circa 1,6 - 1,0 miliardi di anni fa ed ereditarono il percorso C3 dai cianobatteri endosimbionti. Le alghe pertanto sono tutte C3.

Le prime piante terrestri erano C3 (come frumento o riso), quando le piante colonizzaro-

Tabella 1
Origine
delle tre
vie foto-
sintetiche.

Via fotosintetica	Origine (Milioni anni fa)	Ambiente di origine	Ambiente e scopo
C ₃	>400	Climi umidi, alta CO ₂	Fotorespirazione lenta
C ₄	30 – 25	Caldi e luminosi, ossigeno alto	Fotorespirazione molto efficiente
CAM	~35	Deserti, suoli salini	Risparmio idrico estremo

Tabella 2
Vie foto-
sintetiche,
pigmenti
principali
e loro
funzione
dominante.

Via fotosintetica	Carotenoidi	Antociani	Funzione dominante pigmenti
C ₃	Moderati	Pochi	Fotosintesi con luce moderata
C ₄	Alti	Pochi	Protezione da luce intensa e calore
CAM	Molto alti	Frequenti	Protezione da forti stress ambientali

no la terra (circa 470 milioni di anni fa, corrispondenti all'era del Devoniano), portarono con sé il ciclo C₃, i pigmenti algali, la Rubisco. In quell'epoca la CO₂ atmosferica era altissima, vi era scarsa quantità di ossigeno, quindi la fotorespirazione non causava problemi ossidativi agli organismi viventi. Tutte le piante terrestri ancestrali iniziano la loro storia come C₃ pure.

Invece le specie C₄ (come mais, sorgo o canna da zucchero) sono innovazioni molto più recenti. Solo quando la CO₂ scese drasticamente da 1000 ppm a meno di 300 ppm, si svilupparono le specie C₄ circa 30-25 milioni di anni fa, in ambienti soleggiati e caldi di savana. Ebbero una notevole espansione intorno a 8-5 milioni di anni fa. Infine l'evoluzione e la diffusione delle piante CAM (come cactus, agave, ananas) avvenne abbastanza contemporanea a quel-

la delle C₄, ma come risultato dell'adattamento ad ambienti estremi.

Le piante terrestri attuali

Le famiglie di piante terrestri basano la fotosintesi sui tre tipi di vie metaboliche C₃, C₄ e CAM (tabella 2) e tutte condividono vari pigmenti fotosintetici in qualche misura simili: Clorofilla a (pigmento primario), Clorofilla b (pigmento accessorio), Carotenoidi (β -carotene, luteina, violaxantina ecc.), Xantofille (coinvolte nella fotoprotezione). Questi pigmenti derivano da un'unica origine evolutiva, l'endosimbiosi primaria che, circa 1,5 miliardi di anni fa divenne comune tra un antenato eucariotico e un cianobatterio. Da quel momento, il meccanismo della fotosintesi nelle piante è rimasto sorprendentemente conservato. Nel corso di milioni di anni i tipi dei pigmenti non sono cambia-

ti perché la fotosintesi era un sistema altamente ottimizzato già nei cianobatteri. Cambiare i pigmenti avrebbe richiesto una serie di cambiamenti assai difficili da realizzare, come riscrivere l'intero metabolismo e riorganizzare la struttura dei cloroplasti. Risultò invece molto più semplice conservare gli stessi tipi di pigmenti ma usarli entro nuove vie biochimiche (C₄, CAM).

Il meccanismo C₃ era presente nei primi batteri e fu trasmesso alle alghe e alle piante terrestri. Le alghe verdi, antenate delle piante terrestri, sono comparse circa 1,6-1,0 miliardi di anni fa ed ereditarono sia Rubisco che il ciclo di Calvin C₃ da cianobatteri endosimbionti. Le alghe sono C₃ da sempre.

Relativamente alle piante terrestri, le C₃ rappresentano la loro condizione ancestrale e attualmente rappresentano la forma più antica e primitiva di fotosintesi nelle piante terrestri.

Le alghe e le piante terrestri C₃ avviarono la produzione di ossigeno e il sequestro di carbonio, portando dopo milioni di anni a un ambiente molto più ricco di ossigeno.

Successivamente, lo sviluppo di ambienti più caldi ma anche più aridi e quindi maggiormente soleggiati, favorì la nascita delle piante di tipo C₄: un'evoluzione recente ma priva di nuovi pigmenti.

Le piante C₄ si sono evolute negli ultimi 30 milioni di anni, i loro pigmenti non sono cambiati rispetto alle C₃ con differenze solo quantitative, ad esempio hanno più carotenoidi per difendere i propri tessuti dalla maggiore irradiazione solare, hanno maggiore densità di cloroplasti nelle cellule del mesofillo o della guaina del fascio, e hanno variazioni nel rapporto clorofilla a/b legate alla struttura fogliare.

Ancora successivamente, si svilupparono le piante con me-

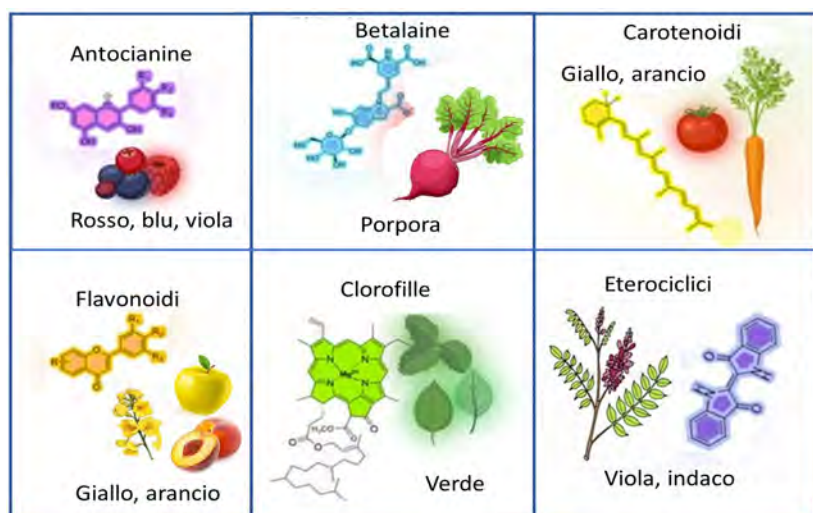


Figura 1
Esempi di
metaboliti
secondari
e colori
presenti
negli
alimenti.

tabolismo CAM (*Crassulacean Acid Metabolism*), maggiormente adatte rispetto alle C3 e C4 per gli ambienti estremi come quelli desertici o salini. Le specie CAM non presentano novità strutturali per i pigmenti e continuano a utilizzare clorofilla a e b, carotenoidi, xantofille. Tuttavia sfruttano alcuni pigmenti come i carotenoidi per proteggere i cloroplasti durante il giorno, quando gli stomi sono chiusi.

Pigmenti e metaboliti secondari, applicazione alimentare

Il colore naturale degli alimenti è strettamente legato ai metaboliti secondari (figura 1). Esiste in effetti un tipo di dieta basata sui colori degli alimenti e chiamata "cromodietà". È possibile classificare orientativamente il tipo di metaboliti secondari in base al colore, perché il colore è un ottimo indicatore della famiglia chimica dominante.

Il colore rosso degli alimenti indica una dominanza di Antociani, che in ambiente acido assumono una colorazione tendente al rosso, Licopene (un carotenoide) e Betalaine rosse (betacianine).

Esempi di alimenti appartenenti a questa categoria sono pomodoro e anguria, ricchi di licopene, fragole, ciliegie, lamponi ricchi di antociani e la barbabietola contenente prevalentemente betacianine.

Gli alimenti rossi sono associati a numerosi effetti benefici per la salute: esercitano una marcata attività antiossidante, contribuiscono alla protezione dell'apparato cardiovascolare, possono ridurre il rischio di alcuni tumori, come quelli della prostata e dello stomaco, favoriscono la modulazione dei processi infiammatori e svolgono un'azione fotoprotettiva. Nelle piante, i pigmenti rossi hanno inoltre una funzione ecologica fondamentale, poiché attraggono

no gli insetti impollinatori e altri organismi utili alla dispersione dei semi.

Il colore arancione degli alimenti è dovuto principalmente alla presenza di Carotenoidi, in particolare β -carotene, α -carotene e β -criptoxantina. Alimenti appartenenti a questa categoria sono carote, zucca, arance, mango e albicocche.

Gli alimenti arancioni apportano numerosi benefici per la salute: favoriscono il mantenimento della funzione visiva grazie al loro ruolo di precursori della vitamina A, contribuiscono alla protezione della pelle e degli occhi dai danni causati dai raggi

UV e supportano il corretto funzionamento del sistema immunitario. Inoltre, grazie alle loro proprietà antiossidanti, aiutano a contrastare lo stress ossidativo e a proteggere le cellule dai danni dei radicali liberi.

Il colore giallo degli alimenti è dovuto principalmente alla presenza di Flavoni, come luteolina e apigenina, e di Carotenoidi gialli, tra cui luteina e zeaxantina. Appartengono a questa categoria alimenti come i peperoni gialli, il mais, l'ananas e il limone, i cui flavoni sono concentrati soprattutto nella buccia.

Gli alimenti gialli svolgono un'importante azione antiossidan-



NEW

CREMA CORPO ALLA PAPPA REALE

Una crema corpo dal tocco delicato e nutriente, ideale per coccolare la pelle e valorizzarne la naturale bellezza.

La **Pappa Reale**, il **Miele** e l'**Aloe Vera** si uniscono in una formula ricca e avvolgente che aiuta a nutrire e rivitalizzare la pelle, donandole morbidezza e naturale luminosità. Il **Burro di Karité**, l'**Olio di Argan** e l'**Olio di Oliva** contribuiscono a rendere la pelle più elastica, vellutata e piacevolmente setosa al tatto.

L'**Acido ialuronico**, insieme alla **Vitamina E**, favorisce l'idratazione cutanea aiutando a mantenere la pelle morbida e protetta ogni giorno.



Crema Corpo alla Pappa Reale
Altamente idratante, emolliente ed elasticizzante

Dermatologicamente Testato
Nickel tested

250 ml 8.45 fl.oz.



LA DISPENSA
COSMESI NATURALE

 [ladispensacosmesinaturale](https://www.ladispensacosmesinaturale.it)
www.ladispensacosmesinaturale.it

Made in Italy





te, contribuiscono alla protezione della pelle dai danni indotti dai raggi UV, favoriscono la salute e l'integrità dei capillari, esercitano un'azione antinfiammatoria, supportano il sistema immunitario e contribuiscono al benessere dell'apparato digerente.

Il colore bianco degli alimenti indica la dominanza di Flavoni incolori, composti solforati come gli allil-solfuri, Amidi e fibre alimentari.

Alimenti appartenenti a questa categoria sono cipolla e aglio, ricchi di composti solforati, cavolfiore, porri, patate e alcuni funghi.

Gli alimenti bianchi apportano

numerosi benefici per la salute: i composti solforati contribuiscono all'azione antimicrobica e antivirale, favoriscono la salute cardiovascolare, possono contribuire alla riduzione della pressione arteriosa e alla modulazione dei livelli di colesterolo. Inoltre, il contenuto di fibre e gli altri composti bioattivi supportano il benessere dell'apparato digerente e il corretto metabolismo.

Il colore verde degli alimenti indica la predominanza di clorofilla (il pigmento fotosintetico dominante), oltre che Flavonoli (quercetina, kaempferolo) e di Glucosinolati, particolarmente abbondanti nelle Brassicaceae.

Alimenti appartenenti a questa

categoria sono spinaci, lattuga, bietole, broccoli, cavoli e kiwi. Gli alimenti verdi apportano numerosi benefici per la salute: favoriscono i processi di detossificazione epatica, contribuiscono alla protezione della retina grazie alla presenza di luteina e zeaxantina nelle verdure a foglia verde, supportano la salute cardiovascolare e contribuiscono al mantenimento della salute ossea, per il loro contenuto di vitamina K. Inoltre, grazie alla presenza di numerosi composti bioattivi, svolgono un'importante azione antiossidante e antinfiammatoria.

Nelle piante, la clorofilla è essenziale per la fotosintesi, il pro-



Foto di dofus08



Foto di debannja

Carote e zucche: Gli alimenti arancioni apportano numerosi benefici per la salute: favoriscono il mantenimento della funzione visiva grazie al loro ruolo di precursori della vitamina A, contribuiscono alla protezione della pelle e degli occhi dai danni causati dai raggi UV e supportano il corretto funzionamento del sistema immunitario.

cesso che consente di convertire l'energia luminosa in energia chimica. Altri metaboliti presenti nei vegetali verdi, come flavonoli e glucosinolati, svolgono invece un ruolo di difesa nei confronti di insetti erbivori e agenti patogeni. I colori blu o viola degli alimenti indicano dominanza di Antociani che in ambiente basico assumono tonalità tendenti al blu/viola e di Proantocianidine, note anche come tannini condensati.

Alimenti appartenenti a questa categoria sono mirtillo, more, uva nera, melanzane (in particolare la buccia) e cavolo viola.

Gli alimenti blu e viola sono associati a numerosi effetti benefici per la salute: svolgono una potente azione antiossidante, contribuendo a proteggere le cellule dallo stress ossidativo, favoriscono la salute del sistema vascolare, supportano le funzioni cognitive e la memoria, esercitano un'azione antinfiammatoria e possono contribuire a ridurre il rischio di malattie neurodegenerative. Nelle piante, gli antociani svolgono inoltre una funzione protettiva nei confronti delle radiazioni UV e dello stress ambientale, oltre ad attrarre gli insetti impollinatori e altri organismi coinvolti nella dispersione dei semi.

Il colore nero degli alimenti è dovuto principalmente all'elevata concentrazione di antociani e tannini; in alcuni casi è associato anche alla presenza di Melanine vegetali.

Alimenti appartenenti a questa categoria sono riso nero, sesamo nero, mais viola e aglio nero il cui colore caratteristico deriva dalla formazione di melanoidine durante il processo di fermentazione e maturazione.

Gli alimenti neri sono ricchi di composti bioattivi dotati di proprietà antiossidanti e possono contribuire alla protezione delle cellule dallo stress ossidativo, al benessere cardiovascolare e alla modulazione dei processi infiam-

matori. Nelle piante, i pigmenti scuri svolgono principalmente funzioni di difesa nei confronti degli stress ambientali e dei patogeni, oltre a favorire l'attrazione selettiva degli animali coinvolti nella dispersione dei semi.

Le melanine vegetali sono pigmenti scuri derivati dall'ossidazione e dalla polimerizzazione di composti fenolici. A differenza di altri pigmenti vegetali, non rappresentano una classe chimicamente uniforme, ma un gruppo di polimeri complessi la cui struttura varia in funzione della specie e delle condizioni di formazione. Nelle piante, le melanine sono state identificate princi-

palmente nei tessuti danneggiati e nei tegumenti dei semi (figura 2), dove sembrano svolgere una funzione protettiva nei confronti di patogeni, radiazioni e stress ossidativi. La loro capacità di assorbire la radiazione ultravioletta e di neutralizzare specie reattive dell'ossigeno suggerisce un ruolo nella protezione cellulare. Tuttavia, il significato biologico delle melanine nelle piante non è ancora completamente chiarito e rappresenta un ambito di ricerca in via di sviluppo. Proprio per le loro proprietà chimico-fisiche, queste molecole sono oggetto di interesse anche per possibili applicazioni nel settore



TECNO-LIO
L'energia della Vita

LAVORAZIONI C/TERZI
Integratori alimentari
in capsule, liquidi e liofilizzati

Si eseguono produzioni di piccoli e medi lotti

- Integratori in capsule formato 0 in barattolo o in blister
 - Integratori liquidi in monodose da 10 e 15 ml
 - Integratori con contagocce
 - Liquidi e soluzioni in flaconi fino a 1000 ml
- Liofilizzazione in monodose con sigillatura sottovuoto
 - Integratori di nostra produzione con possibilità di personalizzazione
 - Lavorazione materie prime fornite dal cliente
 - Confezionamento finale
 - Assistenza per formulazioni personalizzate

Tecno-lio S.r.l.
Via Riviera Berica, 260 - 36100 Vicenza
Tel. 0444530465 - fax. 0444532275
E-mail: info@tecno-lio.it
Website: www.tecno-lio.it



Figura 2 - Melanina nei semi di alcune specie vegetali. Dimensioni in mm. Da sinistra verso destra e dall'alto verso il basso: castagna cinese, avena, girasole, anguria, orzo, grano saraceno, uva, campanella purpurea, sesamo, colza e senape nera (Modificato da Glagoleva et Al. 2020).

alimentare e biotecnologico.

La melanina estratta dai tegumenti dei semi di *Guizotia abyssinica* (detta "Niger"), ha mostrato una significativa attività antiossidante, evidenziata dalla capacità di neutralizzare i radicali liberi nel saggio del 1,1-difenil-2-picrilidrazile (DPPH), con un effetto crescente aumentando la concentrazione del pigmento. L'analisi spettroscopica FTIR (Spettroscopia Infrarossa a Trasformata di Fourier), ha inoltre evidenziato analogie tra la melanina estratta dai tegumenti di *Niger* e una melanina standard, confermando la presenza di gruppi funzionali tipici di questi biopolimeri.

Dal punto di vista biologico, l'estratto ha mostrato una rilevante attività antimicrobica contro diversi microrganismi responsabili delle contaminazioni alimentari, con azione antibatterica sia verso batteri Gram-negativi sia Gram-positivi. In particolare, sono stati osservati effetti inibitori nei confronti di *Salmonella enterica*, *Staphylococcus aureus*, *Micrococcus luteus*, *Klebsiella*

oxytoca, *Escherichia coli* e *Bacillus cereus*. Gli autori hanno inoltre rilevato una selettiva attività antifungina, suggerendo un possibile ruolo della melanina come composto naturale per applicazioni nel settore della conservazione alimentare e della biotecnologia.

Un aspetto particolarmente interessante dello studio riguarda la valorizzazione dei tegumenti del *Niger* che normalmente sono considerati un sottoprodotto agricolo: la loro conversione in una fonte di melanina potrebbe rappresentare un esempio di recupero sostenibile di molecole bioattive. Gli autori sottolineano tuttavia che le proprietà osservate sono state dimostrate esclusivamente in modelli in vitro e che sono necessari ulteriori studi per valutare eventuali usi sull'uomo (Sunil et Al. 2024).

I pigmenti e i composti fenolici descritti in precedenza sono sintetizzati dalle piante per svolgere funzioni essenziali legate alla loro sopravvivenza, crescita e riproduzione, indipendentemente dai benefici che possono

La varietà dei colori presenti nel mondo vegetale rappresenta l'espressione di una complessa ricchezza chimica, nella quale pigmenti e composti bioattivi svolgono funzioni essenziali per la sopravvivenza delle piante e, allo stesso tempo, contribuiscono al mantenimento della salute umana attraverso l'alimentazione.

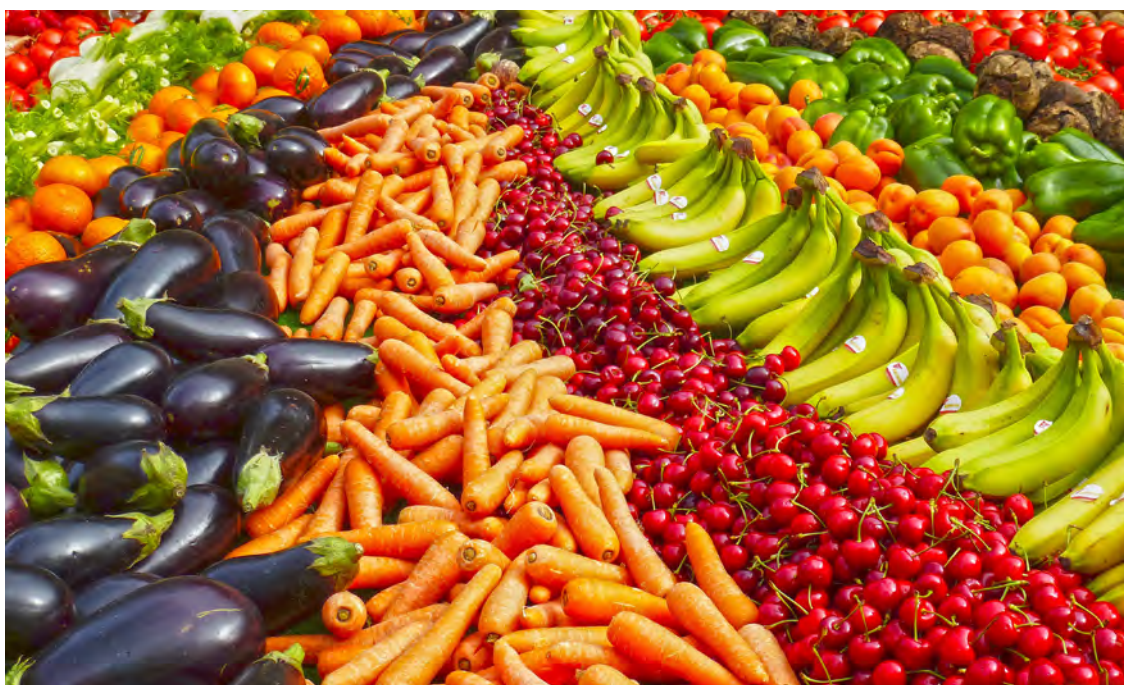


Foto di gavilla

apportare all'uomo. Clorofille, carotenoidi, antociani, flavonoidi e altri metaboliti secondari partecipano alla fotosintesi, attirano gli impollinatori e gli animali che disperdono i semi, proteggono i tessuti dalla radiazione ultravioletta, contrastano lo stress ossidativo e contribuiscono alla difesa contro agenti patogeni e insetti.

Attraverso il consumo di frutta, verdura e semi, l'organismo assume molti di questi composti bioattivi, i quali esercitano attività biologiche di interesse nutrizionale. Carotenoidi e polifenoli sono associati a un'elevata capacità antiossidante e antinfiammatoria, mentre alcuni carotenoidi, come il β -carotene, rappresentano una fonte di vitamina A. Nel complesso, un'alimentazione ricca e variata di vegetali colorati è associata a un minor rischio di numerose malattie croniche, sebbene gli effetti siano attribuibili all'insieme della dieta e non a un singolo pigmento (Crozier et Al. 2009).

Le modalità di preparazione e di cottura influenzano profondamente il contenuto dei composti bioattivi nei vegetali, l'effetto dipende dal tipo di sostanza e dal metodo di cottura impiegato. La bollitura è generalmente la tecnica che determina le maggiori perdite di vitamine idrosolubili e di numerosi composti fenolici, a causa sia della degradazione termica sia del loro passaggio nell'acqua di cottura. Gli antociani risultano particolarmente sensibili al calore, mentre alcuni flavonoidi mostrano una maggiore stabilità. Al contrario, una cottu-

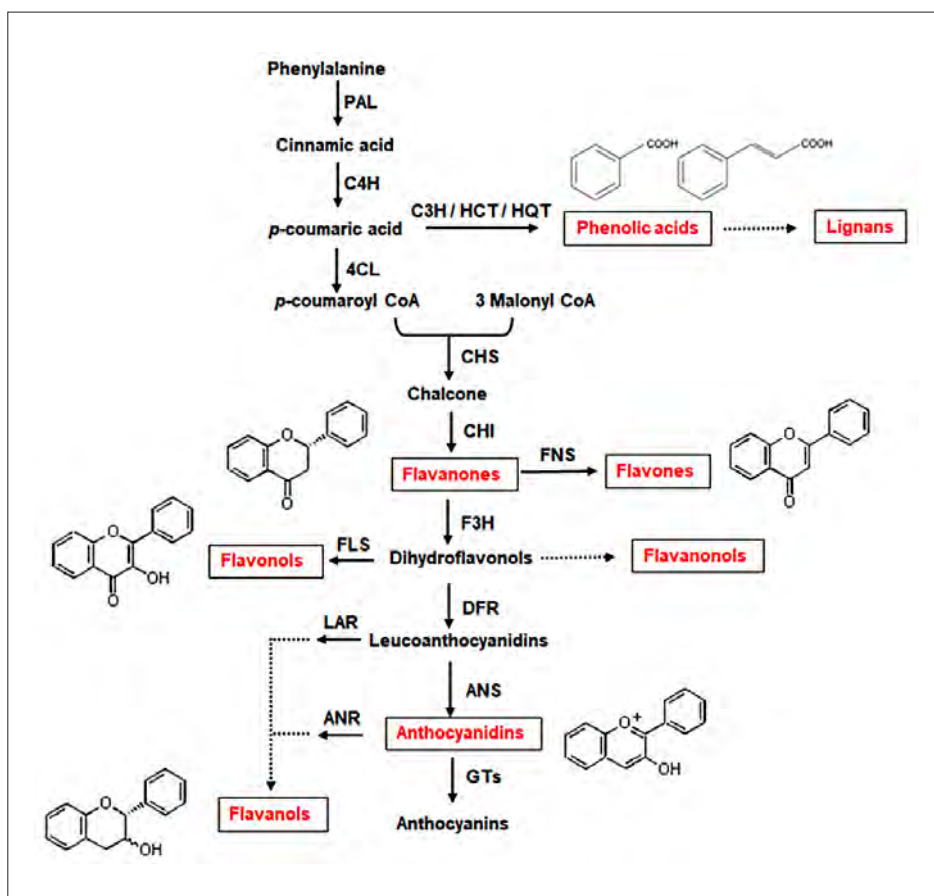


Figura 3 - Rappresentazione schematica della via biosintetica dei polifenoli e le principali classi. (Modificato da Ficco et al. 2024).

ra moderata può rompere le pareti cellulari dei tessuti vegetali e rendere più disponibili alcuni carotenoidi, come il licopene del pomodoro e il β -carotene delle carote.

Per questo motivo non esiste un metodo di cottura universalmente migliore: la scelta della tecnica e dei tempi di preparazione può favorire la conservazione di alcuni composti e migliorare la disponibilità di altri

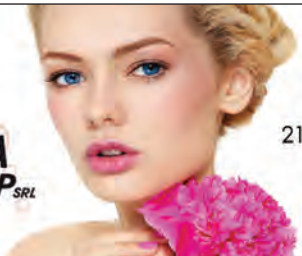
(Palermo et Al. 2014).

Polifenoli: definizione, struttura e proprietà

I polifenoli, detti anche fenoli o composti fenolici, sono una vasta famiglia di composti organici naturali prodotti dalle piante attraverso il metabolismo secondario. La loro caratteristica comune è la presenza di uno o più anelli aromatici associati a gruppi ossidrilici (-OH), strut-

- 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
soap@alchimiasoap.it

Tabella 3 – Sintesi dei colori dominanti in relazione ai metaboliti ed esempi relativi.

Colore	Metaboliti dominanti	Esempi
Rosso	Antociani, licopene	pomodoro, fragole
Arancione	Carotenoidi	carote, zucca
Giallo	Flavoni, luteina	limone, mais
Verde	Clorofilla, flavonoli, glucosinolati	spinaci, broccoli
Blu/Viola	Antociani, tannini	mirtilli, uva nera
Nero	Antociani concentrati, tannini	riso nero, sesamo nero
Bianco	Solforati, flavoni incolori	aglio, cipolla, cavolfiore

tura che conferisce loro importanti proprietà chimiche e biologiche. In base al numero di anelli fenolici, al tipo di sostituenti e alla struttura dello scheletro carbonioso, i polifenoli vengono suddivisi in diverse classi, tra cui acidi fenolici, flavonoidi, stilbeni e tannini.

La biosintesi dei polifenoli vegetali avviene principalmente attraverso la via dei fenilpropanoidi, che utilizza come precursore l'amminoacido fenilalanina. Attraverso una serie di reazioni enzimatiche, questa via porta alla formazione di numerosi composti fenolici, tra cui flavonoidi, flavonoli, antociani e proantocianidine (figura 3). Queste molecole non sono semplicemente pigmenti, ma svolgono importanti funzioni nella fisiologia della pianta, contribuendo alla protezione dagli stress ambientali, alla difesa dai patogeni e all'interazione con l'ambiente circostante.

Dal punto di vista chimico, molti polifenoli possiedono proprietà antiossidanti strettamente correlate alla loro struttura molecolare, che consente di neutralizzare le specie reattive dell'ossigeno (ROS), limitare i processi ossidativi e contribuire alla protezione delle cellule vegetali dallo stress ossidativo.

Questa attività ha attirato un grande interesse nutrizionale che ha reso i polifenoli, introdotti con gli alimenti vegetali, un interessante argomento di studio per il loro possibile ruolo nel mantenimento della salute umana.

La grande varietà strutturale dei polifenoli determina anche una notevole varietà di proprietà: alcuni composti contribuiscono alla colorazione di frutti e semi, come gli antociani responsabili delle tonalità rosse, blu e viola; altri, come tannini e proantocianidine, partecipano ai meccanismi di difesa della pianta grazie alla loro capacità di interagire con proteine e altre molecole biologiche.

Gli enzimi chiave coinvolti nella biosintesi delle diverse classi di polifenoli sono riportati nella figura 3.

Il metodo di cottura o di trasformazione dei cereali può influenzare significativamente il contenuto finale di polifenoli e antociani negli alimenti. Le modalità di preparazione dei cereali pigmentati che limitano la dispersione dei composti idrosolubili, risultano generalmente più efficaci nel conservare le molecole bioattive. Secondo quanto riportato da Ficco *et al.* (2024), preparazioni tradi-

zionali italiane come il risotto, nel quale l'acqua di cottura viene assorbita dal prodotto, e la polenta ottenuta dalla farina di mais, possono consentire una migliore conservazione del contenuto fenolico rispetto a processi come la bollitura della pasta, durante i quali una parte dei polifenoli può migrare nell'acqua di cottura successivamente eliminata.

Per questo motivo, oltre alla scelta di varietà di frumento caratterizzate da un elevato contenuto di composti fenolici, assume importanza lo sviluppo di strategie agronomiche e tecnologiche finalizzate alla conservazione delle frazioni della cariosside più ricche di fitochimici. Nei cereali pigmentati, infatti, numerosi composti fenolici sono concentrati negli strati esterni della cariosside, in particolare nella crusca; tecniche di frazionamento mirate possono quindi permettere il recupero di queste componenti e il loro impiego nella formulazione di prodotti alimentari arricchiti, come pasta, snack e prodotti da forno (Ficco *et al.* 2024).

Classificare gli alimenti in base al colore come indicatore del tipo di metaboliti secondari (tabella 3) è possibile e funziona sorprendentemente bene perché molte famiglie di metaboliti hanno colori caratteristici: il colore è un indicatore della via biosintetica attiva nella pianta e spesso un colore corrisponde a una funzione ecologica (protezione, attrazione, difesa). Ovviamente ci sono eccezioni (pH, maturazione, varietà), ma come regola generale la classificazione è scientificamente solida.

Per quanto detto, è possibile anche classificare gli alimenti in base al colore in relazione ai ruoli farmacologici (tabella 4).

Questo è un modo approssimativo ma efficace per capire come i pigmenti naturali (carotenoidi, antociani, clorofille, flavonoidi)

Tabella 4
Relazione fra colore, tipo di pigmento e funzione medicinale.

Colore	Pigmenti	Ruoli farmacologici	Esempi
Rosso	Licopene, antociani	Cardioprotezione, antitumorale	Pomodoro, fragole
Arancione	β -carotene	Vista, pelle, immunità	Carote, zucca
Giallo	Flavonoidi	Capillari, digestione	Limone, ananas
Verde	Clorofilla, luteina	Detossificazione, retina	Spinaci, broccoli
Blu-viola	Antociani	Memoria, antinfiammatorio	Mirtilli, uva nera
Bianco	Allicina, flavoni	Antimicrobico, cardiovascolare	Aglio, cipolla

influenzano la salute.

Per quanto interessante possa essere la correlazione fra colore degli alimenti e funzione biologica dei metaboliti secondari corrispondenti, gli studi a riguardo sono estremamente carenti, forse perché ancora ritenuti poco applicativi. Vari studi sono stati fatti sui coloranti naturali per la loro applicazione industriale in vista della sostituzione dei colori sintetici (Negi 2025), ma questi hanno ben poco a che vedere con la relazione colore-alimento-ruolo metabolico.

Talvolta sono stati studiati colori particolari in piante particolari ma il panorama che ne esce è al momento estremamente dispersivo. La prevalenza degli studi riguardano gli aspetti enologici legati alla presenza di tannini e al colore dei vini. Alcuni studi (Agarwal et Al. 2023) sono

Pigmento	Colore	Microorganismi	Usi clinici
1. Carotenoidi			
Cantaxantina	Arancio, Rosa profondo	<i>Bradyrhizobium</i> spp., <i>Lactobacillus phuvialis</i>	Antiossidante, fotoprotettore, antitumorale, antinfiammatorio
Astaxantina	Rosso, Arancio	<i>Agrobacterium aurantiacum</i> , <i>Paracoccus carotinifaciens</i>	Antiossidante, fotoprotettore, antitumorale, antinfiammatorio
Zeaxantina	Giallo	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Flavobacterium</i> spp., <i>Paracoccus zeaxanthinifaciens</i>	Antiossidante, fotoprotettore,
β -Carotene	Rosso	<i>Rhodococcus maris</i> , <i>Rhodococcus ruber</i>	Antiossidante, antitumorale
Stafilocantina	Giallo	<i>Staphylococcus aureus</i>	Antiossidante
Deinoxantina	Rosso	<i>Deinococcus radiodurans</i>	Antitumorale
2. Prodigimine			
Prodigosina	Rosso	<i>Serratia marcescens</i>	Antitumorale, Immunosoppressore
Undecylprodigio sin	Rosso	<i>Streptomyces</i> sp.	Antimalarico, Antibatterico, Antiossidante, Antitumorale
Heptyl Prodigiosin	Rosso	α -Proteobacteria	Antiplasmodico
3. Phycobiliproteins			
Picociatina	Blu	<i>Pseudomonas</i> spp.	Citotossico, Apoptosi dei neutrofili
4. Oxyindoles			
Violaceina	Viola	<i>Chromobacterium violaceum</i> , <i>Collimonas</i> sp., <i>Duganella</i> sp., <i>Pseudalteromonas</i> sp.	Antifungino, antibatterico, antiplasmodico, antitumorale

Tabella 5
Pigmenti e colori dominanti presenti in vari microrganismi, con le loro funzioni medicinali (Italianizzata, da: Agarwal et Al., 2023).

Sitarama®

Via Michelucci, 9 - 50028 Barberino Tavarnelle (FI)

Tel.: 055 8071794 www.sitarama.com



NATURAL PREMIUM

Colorazione permanente per capelli

20 nuances

Colore Brillante

Infiniti Riflessi

Tocco Naturale

100% Copertura dei Capelli Bianchi

arricchita con **Argan** e **Olio di Jojoba**
da **agricoltura biologica**

SENZA
ammoniaca
p-fenilendiammina
resorcina
parabeni
profumo

Nickel **TESTED**



NUOVA FORMULA
dermatologicamente testata

stati fatti relativamente ai colori dei pigmenti presenti in batteri (tabella 5): sebbene i batteri non siano visibili a occhio nudo, ma richiedano l'osservazione al microscopio, la loro pigmentazione, quando presente, conferma la stretta relazione tra il colore degli organismi viventi, i metaboliti secondari da essi prodotti e le loro funzioni biologiche e di interesse medico.

La tabella mostra purtroppo anche un limite dell'uso dei colori per individuare le funzioni medicinali: infatti colori diversi possono mostrare anche effetti medici simili; questa limitazione non inficia il significato statistico del possibile impiego.

Conclusioni

La possibilità di identificare alcune attività metaboliche in base al colore degli alimenti può aiutare il singolo consumatore anche inesperto a stabilire una dieta personalizzata.

Ogni colore è indice di sostanze con effetti biologici: possiamo dire che la varietà dei colori significa anche una varietà di sostanze attive e di nutrienti.

Dal punto di vista delle proprietà farmacologiche, nessun colore degli alimenti è genericamente migliore degli altri, e probabil-

mente è preferibile valorizzare la varietà dei colori e inserirli tutti nella dieta per ottenere risultati salutari integrati.

La varietà dei colori presenti nel mondo vegetale rappresenta l'espressione di una complessa ricchezza chimica, nella quale pigmenti e composti bioattivi svolgono funzioni essenziali per la sopravvivenza delle piante e, allo stesso tempo, contribuiscono al mantenimento della salute umana attraverso l'alimentazione.

Tuttavia, il valore nutrizionale di questi composti non dipende esclusivamente dalla loro presenza nell'alimento, ma anche dalla capacità di preservarli e renderli disponibili. Le tecniche culinarie influenzano profondamente il contenuto dei composti bioattivi presenti nei vegetali e il loro effetto dipende dal tipo di sostanza e dal metodo di cottura impiegato. La scelta consapevole delle tecniche di preparazione, insieme al consumo di una grande varietà di frutta, ortaggi, cereali e semi di vari colori, rappresenta quindi un elemento importante per valorizzare il patrimonio di molecole naturali offerte dal regno vegetale.

***UNIVERSITÀ DI FIRENZE**

****Regulatory Affairs Specialist**

presso Istituto Farmaceutico Toscano

Bibliografia

- Agarwal H., Bajpai S., Mishra A., Kohli I., Varma A., Fouillaud M., Dufossé L., Joshi N.C., 2023. *Bacterial pigments and their multifaceted roles in contemporary biotechnology and pharmacological applications*. Microorganisms, Feb., 28;11(3): 614.
- Negi A., 2025. *Natural dyes and pigments: sustainable applications and future scope*. Sustain. Chem., 6, 23.
- Glagoleva A.Y., Shoeva O.Y., Khlestkina E.K., 2020. *Melanin pigment in plants: current knowledge and future perspectives*. Frontiers in Plant Science, 11:770. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00770>
- Sunil K.B.T., Sathyendra Rao B.V., Swathi S., Vanajakshi V., Umesh Hebbar H., Sridevi A.S., 2024. *Characterization, antioxidant, and antimicrobial activity of melanin extracted from nigerseed hulls*. Food Bioscience, 61, 104929. DOI: 10.1016/j.fbio.2024.104929
- Crozier A., Jaganath I.B., Clifford, M.N., 2009. *Dietary phenolics: chemistry, bioavailability and effects on health*. Natural Product Reports, 26(8), 1001-1043. <https://doi.org/10.1039/B802662A>
- Palermo M., Pellegrini N., Fogliano V., 2014. *The effect of cooking on the phytochemical content of vegetables*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 94(6), 1057-1070. HYPERLINK "<https://doi.org/10.1002/jsfa.6478>" \n _blank<https://doi.org/10.1002/jsfa.6478>
- Ficco D.B.M., Petroni K., Mistura L., D'Addezio L., 2024. *Polyphenols in cereals: state of the art of available information and its potential use in epidemiological studies*. Nutrients, 16(13), 2155. DOI: 10.3390/nu16132155. PMCID: PMC11243113.

Il colore giallo degli alimenti è dovuto principalmente alla presenza di Flavoni, come luteolina e apigenina, e di Carotenoidi gialli, tra cui luteina e zeaxantina. Appartengono a questa categoria alimenti come i peperoni gialli, il mais, l'ananas e il limone, i cui flavoni sono concentrati soprattutto nella buccia.



Foto di GoranH