



LILT

LEGA ITALIANA PER LA LOTTA CONTRO I TUMORI
prevenire è vivere

**SEDE DI
PRATO**

LE CRUCIFERE

Ed. LILT-Prato - 2023

Le Crucifere

La **famiglia delle Crucifere** (o Crocifere, o Brassicacee) raccoglie un insieme eterogeneo di verdure (*broccoli, cavoletti di Bruxelles, cavolo bianco o cavolfiore, cavolfiore verde o cimone, cavolo verza, cavolo cappuccio rosso o viola, cavolo nero, cavolo riccio o kale, cime di rapa, ravanelli, daikon, rucola, cavolo rapa, senape, wasabi*, altre). Più di 300 sono le varietà di cavolo che fanno parte di questa grande famiglia, tutte riconducibili alla stessa specie *Brassica oleracea*, da cui il nome Brassicacee. Una caratteristica che accomuna queste piante è che i loro fiori presentano quattro petali disposti a croce da cui il nome crucifere. Composti chimici denominati **glucosinolati** sono tra le molecole di maggior interesse responsabili del sapore caratteristico e degli effetti salutari delle crucifere. Si tratta di composti zuccherini contenenti zolfo che rilasciano acido solfidrico responsabile del caratteristico odore di uova marce. Dall'idrolisi dei glucosinolati deriva una complessa miscela di composti attivi tra i quali spiccano **isotiocianati** e **indolo-glicosinolati** che includono **indolo-3-carbinolo (I3C)** ed il metabolita **diindolil-metano (DIM)**. La trasformazione dei glucosinolati in isotiocianati avviene ad opera dell'enzima mirosinasi che è racchiuso in strutture cellulari da cui viene rilasciato per frantumazione e taglio durante la preparazione dell'alimento e con la masticazione. La Mirosinasi (*Tioglucoside glucoidrolasi*), normalmente presente nelle crucifere, è dunque l'enzima in grado di degradare i glucosinolati nelle forme attive **isotiocianati** che includono il **sulforafano (SFN)**, l'**allil-isotiocianato (AITC)** # partendo dal suo precursore sinigrina #, il **benzil-isotiocianato (BITC)**, il **fenetil-isotiocianato (PEITC)**. L'enzima è prodotto anche dalla flora batterica intestinale.

Effetti salutari

Le crucifere esercitano attività antinfiammatoria, antidiabetica, antiobesogena, neuroprotettiva, dimostrano effetti salutari per il cuore ed i vasi sanguigni ed attività antitumorale. Un maggior consumo di verdure crucifere (50 g/die) riduce lo stress ossidativo e l'infiammazione che favoriscono la formazione di calcificazioni vascolari ed il rischio di progressione di lesioni aterosclerotiche (*Bleckenhorst et al., 2021*). I germogli dei broccoli migliorano il controllo glicemico e la glicemia, aumentano il colesterolo HDL, riducono il colesterolo totale, i trigliceridi, il colesterolo LDL, la resistenza insulinica, la PCR, migliorano la funzionalità epatica e la regolarità intestinale. Studi in vitro ed in vivo dimostrano

che i fitochimici contenuti nelle crucifere sono utili per la prevenzione del cancro. Gli isotiocianati **sulforafano**, **erucina**, **indolo-3-carbinolo** (I3C) ed il metabolita **diindolil-metano** (DIM) dimostrano effetti antitumorali. L'indolo riduce il rischio di tumori ormonodipendenti, come quello del seno, interferendo con il metabolismo degli estrogeni. **DIM** manifesta attività preventiva per il cancro della mammella e della prostata superiore a **IC3**, ha attività antinfiammatoria, inibisce il recettore androgenico ed è in grado di aumentare la densità ossea. **AITC**, **PEITC** e **BITC** esercitano attività antitumorale con numerosi meccanismi quali attività antiossidante, ma anche induzione di radicali liberi dell'ossigeno (ROS), attività antinfiammatoria, antiproliferativa, arresto del ciclo cellulare, interruzione del potenziale della membrana mitocondriale che portano all'apoptosi (*Gupta et al., 2014; Shoaib et al., 2021*). Cavolo, cavolfiore, broccoli, cavoletti di Bruxelles, cavolo nero sono ricchi di **sulforafano** che presenta maggior disponibilità quando queste verdure vengono consumate crude. Il fitocomposto ha dimostrato effetti antitumorali nei tumori della prostata, seno, colon, vescica, etc. Inoltre può proteggere la pelle dalle radiazioni ultraviolette; può bloccare la fase di inizio della carcinogenesi inibendo gli enzimi che convertono i pro-carcinogeni in cancerogeni e inducendo enzimi di fase 2 (transferasi) che metabolizzano gli agenti cancerogeni facilitando la loro escrezione. La molecola inibisce lo sviluppo del cancro agendo su numerosi bersagli molecolari e inducendo arresto del ciclo cellulare e apoptosi dose-dipendente. Isotiocianati al pari di altri fitochimici (curcumin, resveratrolo, genisteina, daidzeina, acido ferulico, etc.) dimostrano anche **attività ormetica** manifestando effetti differenti dose dipendenti. Il sulforafano, ad esempio, ad alte dosi inibisce la crescita cellulare in numerosi tumori. A basse dosi, al contrario, favorisce la crescita cellulare in numerosi modelli di cellule tumorali. Il segnale Nrf2 (*Nuclear factor erythroid-2*) sembra avere un ruolo essenziale per gli effetti ormetici (*Na et al., 2023*). **Sulforafano riveste azione antitumorale** per il cancro della prostata. Il fitocomposto è presente nel tessuto prostatico della zona di transizione e periferica dei soggetti che assumono il glucosinolato glucorafanina. Esso agisce su cellule sane e cancerose con una serie di meccanismi che possono ridurre il rischio di incidenza e progressione della neoplasia (*Livingstone et al., 2022*). Aumenta l'espressione del fattore di trascrizione Nrf2 e degli enzimi antiossidanti, inibisce il fattore NF-kB (*Nuclear Factor-kappa B*) ed i geni

che promuovono l'infiammazione, inibisce il segnale PI3K/Akt/mTOR (Jiang et al., 2022), modula l'attività di fattori epigenetici come l'istone-deacetilasi influenzando l'espressione dei geni coinvolti nella cancerogenesi e progressione tumorale (Divella et al., 2022). In virtù della natura lipofila e del basso peso molecolare dimostra elevata biodisponibilità.

Isotiocianati potrebbero essere impiegati nei pazienti oncologici come trattamento supplementare in aggiunta ai farmaci antitumorali potendo offrire alcuni vantaggi: a) aumento di efficacia dei chemioterapici; b) riduzione degli effetti collaterali; c) ritardo nell'insorgenza di chemioresistenza.

Broccoli



I broccoli sono reperibili dal mese di ottobre al mese di marzo.

Le parti commestibili sono rappresentate dalle infiorescenze di colore verde. Sono composti per il 90% da acqua e da molta **fibra** che conferisce un alto potere saziante. Sono presenti **vit. C, vit. K, folati** e **minerali** quali **potassio** e **fosforo**. Sono ricchi di **glucosinolati: indolo-3-carbinolo (I3C)** e **sulforafano** che esercitano attività antitumorale. I germogli dei broccoli presentano un'elevata quantità di glucorafanina, precursore del sulforafano che esercita azione preventiva nel cancro della prostata. Indolo riduce il rischio di tumori del seno. Il consumo dei germogli dei broccoli migliora la gastrite indotta da *Helicobacter pylori*.

In cucina

Per usufruire dei composti attivi i broccoli possono essere consumati crudi sgranocchiati in pinzimonio o sottoposti a rapida sbollentatura. Quando sono consumati crudi devono essere masticati a lungo.

Cavoletti di Bruxelles



Si trovano in commercio da ottobre a marzo.

Hanno un elevato contenuto di acqua e **fibra**, in prevalenza solubile, che conferisce all'alimento un elevato potere saziante ed effetto prebiotico. Sono caratterizzati da un **apporto proteico** pari a 4,2 g per 100 g di parte edibile. Forniscono anche vitamine come la **vitamina B6**, **folati**, **vitamina C**, **vitamina K** e sono una ricca fonte di **glucosinolati** ma anche di **carotenoidi** (luteina e zeaxantina). Fra i minerali troviamo il **potassio** ed il **manganese**.

In cucina

Per usufruire dei loro composti attivi, i cavolini di Bruxelles devono essere cotti per un tempo inferiore ai 10 minuti, meglio se al vapore o sbollentati in poca acqua.

Cavolo bianco o cavolfiore



In commercio si trova dall'autunno alla primavera.

È costituito principalmente da acqua, apporta una buona quantità di **fibra solubile** in grado di formare nello stomaco un gel che conferisce un senso di sazietà. Inoltre è utilizzata dal microbiota intestinale per produrre acidi grassi saturi a catena corta (SCFA) fra i quali il butirrato che ha attività antinfiammatoria.

Apporta buone quantità di **minerali (potassio, fosforo, etc)**, e vitamine (in particolare **vit. C**) e **glucosinolati**. La parte della pianta utilizzata a scopo alimentare è rappresentata dalla ricca infiorescenza.

In cucina

Il cavolfiore può essere consumato a crudo marinandolo con un'emulsione di olio extravergine di oliva, succo di limone ed erbe aromatiche. Può anche essere cotto al vapore o in poca acqua bollente, sempre per pochi minuti.

Cavolfiore verde o cimone

È una varietà simile al cavolfiore bianco ma non essendo stato racchiuso all'interno delle foglie ha sviluppato la **clorofilla**. È ricco di **glucosinolati**.



Cavolo verza



È reperibile nel periodo invernale. È ricco di acqua, **fibra**, **vit. C**, **vit. K** e **folati**, micronutrienti fra cui il **potassio** ed il **calcio**; contiene **glucosinolati**.

In cucina

Il modo migliore per consumare la verza è in insalata nel periodo invernale per usufruire dei composti attivi.

Cavolo cappuccio rosso o viola



Il cavolo cappuccio, nelle sue varietà rosso e verde, è di stagione in autunno ed in primavera.

È composto per il 90% di acqua e da **fibra** e contiene vitamine fra cui la **vit. C**, la **vit. K**, **folati**, **micronutrienti** quali il **potassio** ed il **calcio**, **glucosinolati** ed **antocianine**.

In cucina

Si presta ad essere consumato a crudo in insalate condite con olio e limone. Preparando piccole listarelle di cavolo cappuccio e ponendole a fermentare in acqua e sale si ottengono i **crauti** che rappresentano un contorno tipico della cucina tedesca e denominati *Sauerkraut* (erba acida) o cavoli acidi. Essi favoriscono la digestione perchè migliorano l'attività della flora batterica intestinale se vengono consumati crudi. Con la cottura infatti si ha la perdita dei fermenti vivi e delle vitamine termolabili.

Cavolo nero o cavolo toscano



La pianta, tipicamente invernale, è detta *acephala* perchè, a differenza di altri cavoli, non presenta la classica "testa", ma solo foglie allungate di colore verde scuro. È ricco di acqua, **fibra**, vitamine fra cui sono

prevalenti **vit. A, C e K.**: la vitamina K è presente in elevata quantità nelle foglie della pianta, tanto che una sola porzione di cavolo copre il fabbisogno giornaliero. La vitamina è coinvolta nella sintesi epatica di fattori della coagulazione, quali la protrombina. Inoltre è necessaria per la sintesi di proteine come osteocalcina che partecipa al metabolismo ed alla mineralizzazione ossea. Inoltre contiene i **carotenoidi beta-carotene e luteina** che, come la vitamina K, sono resistenti ad alte temperature. Il cavolo nero è una buona fonte di **calcio** ed è ricco di **glucosinolati** e **quercetina**.

In cucina

E' consigliabile consumare il cavolo nero crudo in insalata per non perdere i composti attivi (glucosinolati, vitamina C) o cotto sotto forma di ribollita.

Cavolo riccio o Kale (termine di derivazione inglese)



Appartiene al gruppo *acephala* delle crucifere. Il suo nome deriva dall'aspetto arricciato delle foglie. È ricco di **vitamine C, K, A, folati, fibra, calcio, beta-carotene, luteina**, e fitocomposti come i **glucosinolati**, la **quercetina** e le **antocianine** (varietà viola-rosso).

In cucina

Viene utilizzato soprattutto per minestre e zuppe.

Cime di rapa

Le cime di rapa fanno parte dei vegetali a foglia verde come la bieta e la cicoria. Il periodo di produzione va da ottobre a febbraio. Hanno un alto contenuto di acqua e **fibra**, sono ricche di minerali, **vitamine C, A, folati, carotenoidi** e **glucosinolati**.



In cucina

Delle cime di rapa si consumano le infiorescenze e la parte tenera del fusto con le foglie.

Ravanelli



I ravanelli sono le radici della pianta *Raphanus sativus* che appartiene alla famiglia delle Brassicacee. Si trovano da aprile a settembre. Hanno aspetto allungato o tondeggiante e colore rosso.

Contengono acqua, **fibra** ricca di inulina importante per la crescita del microbiota in eubiosi, **vitamina C**, **folati** e micronutrienti quali **potassio** e **magnesio**. Composti bioattivi sono rappresentati dai **glucosinolati**.

In cucina:

possono essere consumati al naturale, in pinzimonio, o a piccole fette, in insalata.

Dal Giappone proviene il **Daikon**. È questa una varietà di *Raphanus sativus* di colore bianco, forma allungata e sapore deciso e piccante



Rucola

La rucola (*Eruca sativa*) fa parte delle insalate a foglia verde insieme a valeriana e lattuga.



È una crucifera ricca di **flavonoli** (quercetina) e di **glucosinolati**. Fra questi risulta l'**isotiocianato erucina** che le conferisce il caratteristico sapore amarognolo e l'odore pungente. Erucina ha una struttura simile a quella del sulforafano ed è dotata di proprietà antiossidanti, vasorilassanti, antipertensive e antitumorali. La rucola fornisce anche un buon apporto di **potassio, magnesio, ferro** e soprattutto **calcio, vitamine (A, C, K) e folati (vit. B9)**.

Crucifere: modalità di cottura

Per mantenere le proprietà salutari le verdure crucifere devono essere consumate crude in insalata, condite con olio e.v.o. e limone, o cotte al vapore, o con una cottura rapida in padella, o una rapida sbollentatura in poco liquido (pochi minuti).

Queste modalità permettono di conservare il più possibile il potenziale antiossidante e antitumorale di questi ortaggi e ridurre la liberazione nell'ambiente di acido solfidrico dall'odore pungente.

Le crucifere possono essere conservate in frigo anche per quattro settimane. Se si prevede di consumarle crude è opportuno tagliarle in piccole pezzi e poi consumarle masticandole a sufficienza per favorire la formazione di isotiocianati dai glucosinolati. Ciò avviene ad opera dell'enzima mirosinasi che, essendo racchiuso in strutture cellulari della pianta, deve essere liberato per poter esercitare la sua azione.

Cotture prolungate e cicli di riscaldamento e raffreddamento riducono notevolmente il contenuto in glucosinolati delle crucifere.

Consigli pratici

Il consumo giornaliero di un mix di *broccoli, cavoletti di Bruxelles, cavolo nero, cavolfiore bianco, rucola* esercita effetti favorevoli nella prevenzione dell'ipertensione arteriosa, delle malattie cardiovascolari e tumorali. Il consumo a crudo di questi alimenti offre il vantaggio di conservare tutti i principi attivi che invece vengono deteriorati dalla cottura.

Sulla base degli studi analizzati il **sulforafano**, per le sue azioni preventive, può essere impiegato come supplemento alla dose indicativa di 100 mg/die anche in associazione a ellagitannini (melagrana), curcumin (*Curcuma longa*) ed Epigallo-catechina gallato (tè verde) (*Benelli e Capecchi, 2023*).

Sulforafano: attività

Il **sulforafano** è il composto attivo presente nei vegetali cruciferi: ha un basso peso molecolare, è altamente lipofilo e può attraversare facilmente differenti membrane cellulari.

▶ **Attiva il fattore di trascrizione Nrf2**

(Nrf2 regola l'espressione genica di una grande varietà di enzimi citoprotettivi antiossidanti e disintossicanti che diminuiscono con l'avanzare dell'età);

▶ **può riattivare le funzioni del proteasoma** (complesso enzimatico presente nel citoplasma e nel nucleo cellulare che partecipa alla degradazione di proteine aberranti);

▶ **inibisce il fattore di trascrizione NF-κB ed i geni che promuovono l'infiammazione;**

▶ **inibisce il segnale PI3K/Akt/mTOR** che regola la crescita, la proliferazione, la motilità e la sopravvivenza cellulare;

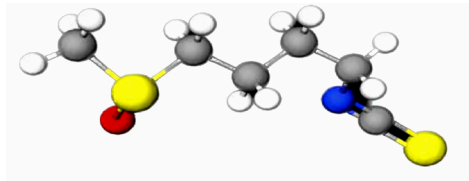
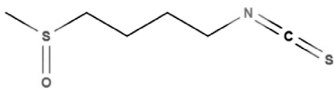
▶ **ha attività antiossidante, antinfiammatoria, antiproliferativa e blocca il ciclo cellulare e l'apoptosi in cellule tumorali;**

▶ **inibisce i recettori per gli androgeni (AR) e per gli estrogeni (ER)** ed esercita attività antitumorale per il carcinoma prostatico e del seno;

▶ **è un regolatore epigenetico** in grado di indurre l'attivazione trascrizionale di geni soppressori tumorali.

Ha attività antinfiammatoria, antidiabetica, antilipidica, antiobesogena, antiossidante cardioprotettiva, neuroprotettiva, antimicrobica, antiaging, antitumorale.

Sulforafano: struttura della molecola in 2D e 3D



(Santin-Marquez et al., 2019)

Crucifere: effetti avversi

▶ Le crucifere, essendo ricche di sostanze contenenti zolfo (glucosinolati), inibiscono l'uptake dello iodio da parte della tiroide che è elemento essenziale per la normale funzione della ghiandola. Per questo motivo possono causare la riduzione della produzione dell'ormone tiroideo ed **effetto gozzigeno**. Interferiscono anche con farmaci quali Levotiroxina utilizzata in presenza di ridotta funzionalità tiroidea.

▶ Le crucifere, ricche di vitamina K, **contrastano l'effetto anticoagulante del warfarin** (coumadin). Può essere quindi necessario adattare la posologia del farmaco.

▶ **Flatulenza e gonfiore addominale** possono manifestarsi per un eccessivo consumo di crucifere ricche di fibra.

Bibliografia

- Benelli R. e Capecchi S.** Il regime dietetico personalizzato nella prevenzione del carcinoma della prostata. Ed. LILT-Prato, 2023.
- Blekkenhorst L.C. et al.** Cruciferous vegetable intake is inversely associated with extensive abdominal aortic calcification in elderly women (...). *Br J Nutr*, 2021.
- Divella R. et al.** Anticancer effects of nutraceuticals in the mediterranean diet: an epigenetic diet model. *Cancer Genomics & Proteomics*, 2020.
- Gupta P. et al.** Molecular targets of isothiocyanates in cancer: recent advances. *Mol Nutr Food Res*, 2014.
- Jiang Y. et al.** Effects of sulforaphane on apoptosis and PI3K/Akt/mTOR phosphorylation pathway in colorectal cancer cells. *Acta Med Med*, 2022.
- Livingstone T.L. et al.** Accumulation of sulforaphane and alliin in human prostate tissue. *Nutrients*, 2022.
- Na G. et al.** Dietary Isothiocyanates: Novel insights into the potential for cancer prevention and therapy. *Int J Mol Sci*, 2023.
- Pelicci P. G., Titta L., Caprara G. et al.** Istituto Europeo di oncologia. *Smartfood*, 2023.
- Saavedra-Leos MZ.** Molecular pathways related to sulforaphane as adjuvant treatment (...). *Medicina*, 2022.
- Santin-Marquez R.** Sulforaphane - role in aging and neurodegeneration. *Gerscience*, 2019.
- Shoaib S. et al.** Phenethyl isothiocyanate induces apoptosis through ROS generation and caspase-3 activation in cervical cancer cells. *Frontiers in Pharm*, 2021.
- Tarar A. et al.** Anticancer activity, mechanism, and delivery of allyl isothiocyanate. *Bioengineering*, 2022.

"Le Crucifere"

a cura di:

Dott.ssa Stefania Capecchi - Biologa Nutrizionista - LILT - Prato

Dr. Roberto Benelli M.D. - Presidente LILT - Prato

Con la collaborazione di: Elena Cecchi, Costanza Fatighenti, Benedetta Marchesini, Chiara Pastorini, Martina Antenucci, Martina Gianassi, Federica Vannuccini, Daniela Cosci.

Ringraziamo: Plaka Antonion - Pistoia, per la foto in copertina.

