

Gli antociani nel pomodoro, stato dell'arte e prospettive

Giovanni Povero¹, Pierdomenico Perata¹

Il pomodoro rappresenta una fonte ricca di sostanze che hanno ruoli molto positivi per la salute umana, ed è un alimento fortemente associato con le proprietà salutistiche della dieta mediterranea. Le proprietà nutraceutiche del pomodoro sono legate alle proprietà antiossidanti ed antitumorali dovute alla presenza di un mix di biomolecole come il licopene, l'acido ascorbico, i fenoli, i flavonoidi e la vitamina E. I frutti di pomodoro, invece, non contengono normalmente concentrazioni significative di antociani, sostanze con un accertato ruolo nutraceutico.

Gli obiettivi di ricerca attuali mirano all'ottenimento di pomodori con elevato contenuto di antociani. È necessario a tal fine studiare in maniera approfondita la fisiologia della sintesi delle antocianine nel pomodoro ed identificare geni regolatori e geni che codificano per enzimi coinvolti in tale via biosintetica. Questo, insieme alla messa a punto delle condizioni agronomico-ambientali ideali, potrebbe rivelarsi un utile strumento per il breeding finalizzato all'aumento della capacità di sintesi degli antociani in pomodoro, insieme ad altre sostanze benefiche per la salute umana.

PAROLE CHIAVE: antociani, flavonoidi, pomodoro.

Importanza del pomodoro nell'alimentazione

Quando nell'ambito della dieta mediterranea si esalta la bontà di frutta e verdura, sia in riferimento al gusto che al ruolo benefico per la salute umana, non si può non parlare del pomodoro e dei suoi derivati.

Nell'ultimo decennio la ricerca scientifica ha apportato nuovi contributi a questa che è una delle specie vegetali di maggior interesse ed importanza.

Anticamente considerato frutto velenoso, il pomodoro (*Solanum lycopersicum* L.) occupa al giorno d'oggi una posizione di ri-

lievo, sia a motivo delle superfici che sono interessate alla sua coltivazione sia della commercializzazione dei prodotti freschi e trasformati.

Il pomodoro è infatti coltivato in tutto il mondo come specie annuale - la sua diffusione mondiale interessa circa 2 milioni di Ha ed i principali paesi produttori sono USA, Russia, Italia, Cina e Turchia - in pieno campo ed in serra, e viene destinato al consumo fresco oppure alla trasformazione industriale.

Frutto eccellente per le sue proprietà nutrizionali e farmaceutiche - in una sola parola, nutraceutiche - il pomodoro si rivela una cospicua e preziosa fonte di antiossidanti e antitumorali naturali. Tali proprietà sono essenzialmente legate alla presenza di un mix benefico di biomolecole come il licopene, l'acido ascorbico (più comunemente conosciuto come "vitamina C"), i fenoli, i flavonoidi e la vitamina E.

¹ Dipartimento "Plant Lab", Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa.





La linea Aft presenta antociani sull'epicarpo.



Presenza di antociani sottoforma di "spot" nel frutto: l'accumulo (non omogeneo) di pigmenti si ha prevalentemente nelle porzioni esposte alla luce.

Tra queste il licopene è sicuramente una delle molecole più studiate nella ricerca scientifica in ambito vegetale e medico, in quanto viene considerata attualmente un potente antiossidante, dal ruolo cruciale nella prevenzione del cancro alla prostata. È inoltre presente in grandi concentrazioni nel frutto di pomodoro, al quale conferisce il caratteristico e ammaliante colore rosso.

Il contenuto di licopene varia tra i diversi genotipi. Le tipologie di pomodoro "cilegino", ad esempio, presentano un più elevato contenuto di antiossidanti rispetto alle cultivar (cv) con frutto normale. Altro esempio quello del *Lycopersicon pimpinellifolium* L. (pomodoro selvatico o del ribes): contiene circa 40 volte più licopene rispetto alle cvs di pomodoro addomesticate; proprio per questa caratteristica è stato utilizzato in programmi di miglioramento genetico, con lo scopo di aumentare il contenuto di licopene nei frutti delle cultivar commerciali di *S. lycopersicum*. Recentemente alcune cultivar ad alto contenuto in licopene sono state sviluppate e messe a disposizione dei coltivatori.

Il pomodoro, inoltre, contiene significative quantità (maggiori di 4 mg/ 100 g peso fresco) di beta-carotene, un fotoprotettore della pianta, il quale procura come provitamina A, diversi aspetti benefici sulla salute dell'uomo, oltre a discrete concentrazioni di acido ascorbico e flavonoidi, come naringenina, calconaringenina, naringerina 7-glucoside, rutina, quercitina.

Se dunque questo ortaggio è da elogiare per

queste sue caratteristiche positive, d'altro canto non si può soprassedere alla carenza di una classe di pigmenti molto importante: gli antociani (o antocianine). Questi sono composti fenolici (fanno parte infatti della variegata categoria dei flavonoidi) responsabili del colore rosso, viola e blu, tipici di molti frutti, verdure, cereali e fiori: si pensi ad esempio al colore scuro dell'uva o dei frutti di bosco, oppure alle sfumature violacee di alcuni fiori come la Petunia.

I frutti di pomodoro non contengono normalmente concentrazioni significative di antociani, sebbene recentemente alcuni sforzi siano stati fatti attraverso tecniche tradizionali di miglioramento genetico per produrre frutti ricchi in questi composti.

Proprietà benefiche degli antociani

Perché gli antociani si considerano oggi così importanti per la salute umana?

In realtà la risposta arriva da molto lontano, in quanto le antocianine fanno parte della dieta umana da secoli: sono state sempre presenti in rimedi fitoterapici, che erano in uso fra gli indiani del nord America, gli europei e i cinesi (antociani concentrati per trasformazione di foglie secche, bacche o semi). Sin dall'antichità e fino al giorno d'oggi gli antociani sono stati impiegati per curare diverse patologie, quali l'ipertensione arteriosa, febbre, disturbi epatici,

dissenteria, diarrea, problemi urinari, calcoli renali ed infezioni del tratto urinario, come pure il comune raffreddore. È stato anche ipotizzato che abbiano un ruolo positivo nell'aumento della vista e della circolazione sanguigna. Possono inoltre amplificare gli effetti benefici del consumo di frutta e verdura. Come se non bastasse antociani purificati o misture ricche di antociani possono proteggere da alterazioni a livello di DNA, attività estrogeniche, inibizione enzimatica, stimolare la produzione di citokine (e quindi regolare la risposta immune), avere attività anti-infiammatoria, decrementare la permeabilità e fragilità capillare e rinforzare le membrane.

Gli antociani nel pomodoro

A seconda delle specie di pomodoro riscontriamo nei frutti una variazione delle quantità, pur minime che siano, di antociani.

La specie *S. lycopersicum* (quella usata dall'uomo a scopo alimentare) non contiene antociani. Il responsabile della colorazione rossa dei suoi frutti è il già citato carotenoides licopene.

Il frutto di molte altre specie vicine a *S. lycopersicum*, tra cui *Lycopersicon chilense* D., *Lycopersicon hirsutum* D., *Lycopersicon cheesmanii* L. Riley, e *Solanum lycopersiconoides* D., sembra invece contenere antociani. Relativamente alle parti vegetative *Solanum*

lycopersicum produce antociani nei tessuti vegetativi, tant'è che sono stati identificati diversi geni responsabili del livello degli antociani nello stelo e nelle foglie.

Precursori degli antociani sono i flavonoidi che, nel pomodoro, si accumulano in maniera tessuto-specifica e in maniera dipendente dallo sviluppo vegetativo e sono sintetizzati prevalentemente nell'epicarpo: qui la naringenina costituisce il principale componente raggiungendo il picco allo stadio di invaiatura. Insieme alla naringenina sono rilevabili anche quantità minori di quercetina-rutinoside e kaempferolo-rutinoside. L'accumulo dei tre componenti ha luogo in maniera simultanea alla colorazione del frutto.

Tuttavia, esistono alcune linee di pomodoro che contengono antociani nel frutto, e non solo nei tessuti vegetativi. Ad esempio, un genotipo di pomodoro (accessione LA1996) contiene il gene "Anthocyanin fruit" (*Aft*) ed ha un fenotipo caratterizzato da un fogliame verde scuro, un elevato contenuto di antociani nell'ipocotile delle piantule e presenza di antociani nella buccia e parte esterna del pericarpo (frutti), sin dai primi stadi di maturazione, soprattutto nelle parti maggiormente esposte alla radiazione luminosa.

L'accessione LA3668, contenente il gene "Aubergine" (*Abg*) mostra una colorazione violacea dei frutti dovuta all'accumulo di antociani.

Queste evidenze genetiche suggeriscono quindi che la produzione di antociani sia possibile anche nei frutti di pomodoro.

Un notevole numero di linee mutanti di pomodoro mostrano un'alterata capacità di sintetizzare antociani, come ad esempio la linea *ant1*, la quale presenta una intensa colorazione viola sin dai primi stadi di formazione dell'apice vegetativo, indicando un'attivazione della via biosintetica degli antociani, seppur condizionata da fattori ambientali come l'intensità luminosa e la temperatura. La colorazione viola sembra essere dovuta ad una over-espressione di un gene (fattore trascrizionale MYB). I tessuti vegetativi delle piante *ant1* mostrano pertanto una intensa colorazione viola ed i frutti mostrano macchie viola nell'epidermide e nel pericarpo.

Per quanto concerne poi la natura chimica degli antociani prodotti nel pomodoro, alcuni ricercatori hanno identificato, in linee sia

mutanti sia non mutanti (cosiddette "wild-type"), la petunidina e la malvadina come principali antocianine nei tessuti vegetativi del pomodoro.

Incremento del livello di antociani: il ruolo delle scienze agronomiche...

Gli studi effettuati, e quelli ancora in corso, hanno come obiettivo l'aumento delle concentrazioni di antociani nel frutto e il raggiungimento dell'uniformità nella pigmentazione dell'epicarpo.

La coltivazione del pomodoro in serra, mediante sistemi efficienti di coltivazione idroponica, può rappresentare un valido strumento per raggiungere questo obiettivo, in quanto consente livelli produttivi elevati con buone caratteristiche qualitative (in particolare quelle che a noi interessano), incluse quelle nutraceutiche.

Si consideri inoltre che molti fattori ambientali o di tecnica colturale, come la luce, la temperatura, la fase di sviluppo alla raccolta, l'irrigazione, la concimazione, possono influenzare la produzione e la composizione chimica dei frutti, inclusa anche la concentrazione di pigmenti come gli antociani.

...e delle biotecnologie

Per ottenere un frutto di pomodoro che abbia quantità di antocianine significative, sicuramente non basta soffermarsi soltanto sugli aspetti di natura agronomica: sarebbe necessario investire in programmi di ricerca finalizzati all'ottenimento di pomodori con un elevato e uniforme contenuto di antociani, puntando anche sulle potenzialità offerte dalla biologia molecolare moderna.

È interessante notare che è possibile agevolare lo spesso arduo lavoro di ricerca e di analisi di geni aventi un ruolo chiave nella regolazione della via biosintetica dei pigmenti benefici di cui abbiamo sopra parlato. Tra gli approcci proponibili, la cosiddetta "genomica funzionale" può portare gli scienziati alla conoscenza, attraverso strumenti biologico-molecolari, della funzione di alcuni geni in una pianta-modello già se-

quenziata, conoscenza che è poi possibile trasferire ad altre specie delle quali non è stato ancora sequenziato l'intero genoma come appunto il pomodoro. *Arabidopsis* (pianta-modello nella ricerca scientifica ambito vegetale) in tal senso può rappresentare per noi un serbatoio di conoscenze: si pensi, ad esempio, all'identificazione del gene *ANT1* di pomodoro, di cui si ipotizza medesima funzione del gene *PAP1*, già noto e conosciuto per il suo ruolo chiave nella regolazione della sintesi degli antociani, *Arabidopsis*.

Quali prospettive?

Alla luce di quanto è già stato rivelato, risulterà decisivo far convergere competenze nelle scienze orticole, nella genetica e *breeding* del pomodoro, nonché nella fisiologia delle piante coltivate, puntando molto alla ricerca di geni che fungano da regolatori per la biosintesi degli antociani. Studi nel campo della biologia molecolare potrebbero portare all'ottenimento di varietà di pomodoro geneticamente modificate (GM) per favorire la produzione di antocianine. Tuttavia è facile prevedere che un eventuale rilascio in commercio di pomodori GM scatenerà forti attriti all'interno dell'opinione pubblica. In effetti, sino ad ora la ricerca biotecnologica sviluppata in laboratorio non ha trovato significative vie di sbocco commerciali, almeno nel panorama europeo (anch'essa a causa delle norme vigenti relative alla sicurezza in ambito agricolo e alimentare). È possibile comunque procedere nel lavoro di selezione attraverso metodi tradizionali: un approccio proponibile è il *breeding*, il quale già da tempo rappresenta uno strumento in grado di portare a risultati importanti (relativi anche all'ottenimento di nuove tipologie di frutto di elevate caratteristiche qualitative) e che potrebbe rivelarsi ancora una volta vincente se finalizzato all'aumento della capacità di sintesi degli antociani. ■

Bibliografia

Bovy A, de Vos R, Kemper M *et al.* (2002). High-flavonol tomatoes resulting from the heterologous expression of the maize transcription factor genes LC and C1. *Plant Cell*, 14: 2509-2526.

Djuric Z, Powell LC (2001). Antioxidant capacity of lycopene containing foods. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 52: 143-149.

Giovannucci E, Ascherio A, *et al.* (1995). Intake of carotenoids and retinol in relation to risk of prostate cancer. *J. Natl. Cancer Inst.* 87: 1767-1776

Jones CM, Mes P, Myers JR (2003). Characterization and inheritance of the Anthocyanin fruit (Aft) tomato *J Hered* 94: 449-456.

Kuti JO, Konuru HB (2005). Effects of genotypes and cultivation environment on lycopene in red-ripe tomatoes. *J. Sci. Food and Agric.* 85: 2021-2026.

Lila MA (2004). Anthocyanins and human health: An in vitro investigative approach. *J Biomed Biotech* 5: 306-313.

Mathews H, Clendennen SK *et al.* (2003). Activation tagging in tomato identifies a transcriptional regulator of anthocyanin biosynthesis, modification, and transport. *Plant Cell* 15: 1689-1703.

Pardossi A., Malorgio F., Incrocci L., Tognoni F. (2006). Hydroponic technologies for greenhouse crops. Contributo su invito per "Crops:

Quality, Growth and Biotechnology". Ed: Ramdane Dris WFL Publisher, Pp. 360-378.

Rick C, Stevens A.M. (1986). Genetics and breeding. In: *The tomato crop: a scientific basis for improvement* (Atherton Jg and Rudick, eds). Chapman and Hall 35-105.

Rick CM, Cisneros P, Chetelat RT, Deverona JW. (1994).

Abg, a gene on chromosome 10 for purple fruit derived from *S. lycopersicoides*. *Rep. Tomato Genet Coop.* 44: 29-30.

Siviero P. (2005).

Lycopene: è valore aggiunto per le bacche da consumo fresco. *Culture Protette*, 8: 15-18.

Verhoeyen ME, Bovy A, Gollins G (2002). Increasing antioxidant levels in tomatoes through modification of the flavonoid biosynthetic pathway. *Exp Bot*, 53: 2099-2106.

Woldedecke M, Herrmann K. (1974). Flavonole und flavone der Gemusearten III. Flavonole und flavone der tomaten und des gemusepaprikas. *Z Lebensm Unters Forsch* 155: 216-219.

SUMMARY

Tomato fruit is a source of compounds that have positive effects on human health, and is widely associated to the beneficial properties that characterize the mediterranean diet. The nutraceutical quality of tomato fruit is related to its antioxidant and antitumoral properties, due to the presence of a mixture of biomolecules such as lycopene, ascorbic acid, phenols, flavonoids and Vitamin E. However, tomato fruits do not normally contain significant concentrations of anthocyanins, which are substances that present a well known nutraceutical role. Current research objectives are focused on the development of tomato plants with high anthocyanin content. As a consequence, it is necessary to study in depth the anthocyanin synthesis physiology. It would also be useful to identify regulatory genes and genes that code for enzymes involved in this biosynthetic pathway. In addition, the study of the ideal environmental conditions and agricultural practices could represent a valuable tool for breeding aimed to the increase in anthocyanin synthesis in tomato, as well as other substances with positive effects on human health.

KEY WORDS: Anthocyanins, flavonoids, tomato.

Errata corrige relativa al num. 6 di Agronomica 2007

Nell'articolo "Il Programma di Sviluppo Rurale della regione Emilia-Romagna per il periodo 2007-2013", la tab.1 di pagina 30, per un refuso tipografico risulta priva delle diciture della prima riga. Pubblichiamo qui sotto la versione completa.

	Pianura occiden.	Pianura centrale	Pianura orient.	Collina occiden.	Collina centrale	Collina orient.	Montagna occiden.	Montagna centrale	Montagna orient.
Cereali									
Oleo Proteaginose									
Ortaggi freschi e patate									
Frutta fresca									
Ortofrutta e patate trasf.									
Vitivinicolo									
Culture Sementiere									
Forestazione produttiva									
Culture foraggere									
Carni bovine									
Carni suine									
Carni avicole									
Latte alim. e latticini freschi									
Formaggi stagionati DOP									
Uova									

■ Priorità alta ■ Priorità media ■ Priorità bassa ■ Non prioritario

Aree occidentali = Province di PC, PR, RE, MO Aree centrali = Province di BO e parte FE Aree orientali = Province di parte di FE, FC, RA, RN