

Le molecole bioattive dei pomodori e le tecnologie di coltivazione

written by Rivista di Agraria.org | 28 febbraio 2023
di Ilenia Bravo e Patrizia Papetti



Pomodoro San Marzano dell'Agro Sarnese-Nocerino DOP

Introduzione

Il pomodoro è uno degli ortaggi più diffusi a livello mondiale. In Italia rappresenta una buona fetta della produzione agricola totale del paese che introdotto in Europa circa 500 anni fa, è ancora considerato una coltura simbolo dell'Italia, in particolare della Campania. Negli anni '80 iniziò il declino della produzione di pomodoro in Campania a causa di una serie di ragioni socio-economiche e biologiche; comincio così a svilupparsi la coltivazione di questo orticolo in Puglia legata all'introduzione di varietà resistenti alla maggior parte delle malattie e che meglio si adattano alla raccolta meccanizzata. Queste nuove varietà presto hanno iniziato a dominare i mercati nonostante fossero spesso considerevolmente inferiori per sapore e qualità organolettiche. Una conseguenza di ciò è stata la scomparsa costante di ecotipi selezionati in centinaia di anni dai coltivatori locali poiché, anche se caratterizzati da migliori qualità organolettiche, hanno una bassa produttività e sono molto sensibili ad un'ampia gamma di patogeni. Tuttavia, molti consumatori oggi, apprezzano il valore di una qualità superiore e sono disposti a pagare un prezzo più elevato che giustifichi un mercato di nicchia. Queste tendenze di mercato indicano che tecniche moderne di biologia come il miglioramento genetico molecolare o metodi transgenici sono fondamentali per produrre prodotti commercializzabili che abbiano caratteri qualitativamente superiori. È importante, quindi, capire l'importanza delle caratteristiche nutrizionali e funzionali dei prodotti e valutare appieno il loro potenziale. I frutti del pomodoro costituiscono una fonte importante di energia e di sostanze con nota azione benefici sulla salute come vitamine, sali minerali, sostanze antiossidanti e antitumorali [1]. Il pomodoro comprende una parte edibile costituita dal 98% da polpa e succo e un 2% di parte non edibile costituito da buccia, fiocina e semi [2]. In 100 g di prodotto la composizione percentuale risulta essere in media del 93 % di acqua, 0,2 % di grassi, 1% proteine e 1,8% fibre, per un valore energetico totale di circa 73 KJ (17 Kcal) [3,4]. Il potere antiossidante della bacca di pomodoro dipende principalmente dal suo contenuto in licopene, il pigmento carotenoidale responsabile del colore rosso, con spiccato potere antitumorale [5]. Tuttavia, il pomodoro è una ricca fonte di altre sostanze antiossidanti come il Carotene (provitamina A), la vitamina C, la vitamina E ed i polifenoli/flavonoidi che rappresentano la principale fonte di composti fenolici nella dieta umana seguiti da granturco e fagioli [6]. I flavonoidi sono presenti nelle varie cultivar in media dal 12 al 49%, la presenza di acidi organici invece conferisce

al prodotto il suo sapore acidulo, promuovendo la secrezione dell'apparato digerente, predisponendo a una corretta digestione e risulta essere un eccellente attivatore della mobilità gastrica [7]. Queste caratteristiche nutrizionali variano notevolmente in rapporto a vari fattori ambientali quali luce, temperatura, concimazione, epoca di trapianto e pacciamatura del terreno. Per questo motivo, oltre alle esigenze per una migliore qualità organolettica, si sta oggi diffondendo tra i consumatori anche una maggiore sensibilità rispetto alla qualità nutrizionale di questo prodotto. Il pomodoro costituisce infatti uno degli alimenti principe della dieta mediterranea essendo consumato abitualmente sia crudo che processato e contribuisce all'apporto giornaliero di una significativa porzione di queste biomolecole benefiche [8]

Obiettivo di questo studio è stato di valutare l'influenza di differenti pratiche agronomiche sulla qualità nutrizionale di due differenti genotipi di pomodori coltivati secondo le stesse condizioni di crescita durante tre anni di coltivazione. La nostra attenzione è stata focalizzata sulla valutazione dell'influenza del metodo di coltivazione sulla qualità nutrizionale attraverso la determinazione del contenuto di antociani, polifenoli, carotenoidi e vitamina C. In quest'ottica abbiamo cercato di capire e spiegare il ruolo del pomodoro come "cibo funzionale" nella protezione della salute umana.

Materiale e Metodi

Il lavoro ha analizzato l'effetto di due tipi di condizioni agricole a basso input sul contenuto dei composti bioattivi nella polpa e nella buccia dei frutti di pomodoro. La scelta di un'appropriata tecnica agronomica e di fattori pre- e post-raccolta sembra essere cruciale nella caratterizzazione del valore nutrizionale e del contenuto antiossidante di pomodori freschi.

Preparazione dei campioni

Le piantine al 4°-5° stadio fogliare sono state coltivate nelle stesse condizioni: stagione, grado di maturazione e età in due appezzamenti contigui con pratiche agronomiche diverse. Nel dettaglio, un primo sistema a basso input prevedeva l'applicazione di letame bovino e il controllo manuale delle infestanti(1); nel secondo, lo stesso sistema è stato integrato con pacciamatura (cippato di legno di eucalipto) e consociazione (basilico e piante di cavolo)(2). Per l'analisi quantitativa sono state usate circa 1,5 kg delle varietà di pomodoro provenienti dai differenti metodi di coltivazione e dalle diverse varietà

I frutti sono stati accuratamente lavati in acqua corrente e poi bolliti per 15 min. La polpa di pomodoro è stata separata dalle bucce e dai semi mediante uno spremipomodoro elettrico. Per ogni genotipo di pomodoro e sistema di coltivazione sono stati preparati tre campioni di polpa e tre campioni delle bucce. 40 mL di estratto di polpa sono stati raccolti in provette Falcon da 50 mL; le bucce corrispondenti (circa 100 g ciascuna) sono state messe in sacchetti alimentari. Entrambi i tipi di campioni sono stati conservati a -20 °C fino al loro utilizzo. Presso il LAMeT (Laboratorio di Analisi merceologiche e territoriali) del Università di Cassino e del Lazio meridionale, i campioni sono stati analizzati.

Gli antociani, i carotenoidi e i polifenoli sono stati determinati spettrofotometricamente utilizzando lo spettrofotometro UV-Vis (Lambda 25 Perkin-Elmer, Waltham, USA).

Tutte le determinazioni sono state effettuate in triplicato

Analisi delle sostanze bioattive

Antociani

Gli antociani totali sono stati misurati spettrofotometricamente come descritto da Landi [9]. In breve, il campione congelato (200 mg) è stato estratto in metanolo acidificato (1,5% HCl, v/v) durante la notte a temperatura ambiente e poi centrifugato a 10.000 rpm per 10 min. L'assorbanza del supernatante è stata misurata spettrofotometricamente a 535 nm usando come bianco metanolo: HCl (98,5:1,5 v/v). Il contenuto di pigmento è stato calcolato in mg 100 g⁻¹ peso secco.

Carotenoidi

I carotenoidi sono stati quantificati secondo [10]. Il licopene e il β -carotene sono stati estratti con acetone-n-esano (4:6) e quindi centrifugati a 3000 \times g per 5 min a 4 °C. L'assorbanza dei surnatanti è stata misurata spettrofotometricamente a 663, 645, 505, 453 nm utilizzando acetone-n-esano (4:6) come bianco. Le concentrazioni di licopene e β -carotene sono state quantificate utilizzando le equazioni proposte da [10] come

segue:

$$[\text{lycopene}](\mu\text{g ml}^{-1}) = -0.0458 A_{663} + 0.204 A_{645} + 0.372 A_{505} - 0.0806 A_{453}$$

$$[\beta\text{-carotene}](\mu\text{g ml}^{-1}) = 0.216 A_{663} - 1.220 A_{645} - 0.304 A_{505} + 0.452 A_{453}$$

dove A663, A645, A505 e A453 sono rispettivamente le assorbanze a 663, 645, 505 e 453 nm. Questo metodo consente la determinazione simultanea di licopene e β carotene in presenza di clorofilla.

Polifenoli

I polifenoli sono stati determinati come descritto da [11]. In breve, 65-70 mg del campione sono stati pesati ed estratti con 1 mL di soluzione composta da etanolo: HCl 0,06 N in rapporto 1:1,v/v. Dopo la centrifugazione, l'estratto è stato utilizzato per una reazione colorimetrica con Reattivo di Folin-Ciocalteu e soluzione di carbonato di sodio al 10%. I campioni, tenuti al buio per due ore, sono stati letti a 730 nm. Il contenuto di polifenoli è stato ottenuto da una curva di calibrazione preparata con acido gallico a concentrazioni note. I risultati sono stati espressi come acido gallico mg 100 g⁻¹ peso secco

Vitamina C

Il contenuto di acido ascorbico è stato determinato utilizzando un metodo titrimetrico del 2,6-diclorofenolo (DIP) adattato da [12]. I risultati sono stati espressi come valore medio in mg 100 g⁻¹ di pomodoro per le tre repliche

Risultati e Conclusioni

I risultati delle analisi sono riportati nelle tabelle 1 e 2.

Fattore	Vit. C	Carotenoidi	Polifenoli	Antocianine
<i>Tecnica agronomica</i>				
1	13.36	24.84	109.96	0.91
2	11.02	23.25	79.76	0.42
<i>Varietà</i>				
A	10.49	25.48	102.26	0.26
B	15.05	22.40	107.83	0.85
Controllo	11.03	24.27	74.50	0.88

Tab.1 Contenuto dei principali composti funzionali nella buccia dei campioni di pomodoro (mg 100 g⁻¹ FW).

Il sistema di coltivazione ha influito in modo significativo sul contenuto nelle bucce di polifenoli e antociani, ma non il contenuto di vitamina C e carotenoidi (Tabella 1). I polifenoli sono aumentati del 37,9% e gli antociani sono aumentati del 116,7% nel sistema a basso input che prevedeva solo l'applicazione di letame bovino come fertilizzante, controllo manuale delle infestanti e l'uso di prodotti autorizzati in agricoltura biologica a limitare i vincoli biotici [13] rispetto allo stesso sistema integrato con interventi di mitigazione quali l'applicazione della pacciamatura con risorse aziendali e la presenza di consociazione. [14]. Il genotipo A presenta un leggero aumento dei carotenoidi (25,48 mg 100 g⁻¹ peso secco) rispetto ai campioni della seconda varietà. I risultati delle analisi condotte sulla polpa confermano la tendenza a produrre una maggiore quantità di composti antiossidanti come vitamina C (+44,0%) e polifenoli (+11,0%) quando le piante sono coltivate con la tecnica agronomica 1 (Tab. n.2)

Fattore	Vit. C	Carotenoidi	Polifenoli	Antocianine
<i>Tecnica agronomica</i>				
1	19.92	24.69	33.31	0.002
2	13.83	25.07	30.00	0.002
<i>Varietà</i>				
A	13.91	25.10	30.44	0.002
B	27.43	25.28	34.43	0.003
Controllo	9.29	24.27	30.18	0.002

Tabella n.2: Contenuto dei principali composti funzionali nella polpa dei campioni di pomodoro (mg 100 g⁻¹ peso secco).

Né il sistema di coltivazione né il genotipo hanno influenzato il livello di carotenoidi (Tabella 2) nella polpa delle differenti varietà. Il trattamento 1 meno complesso ha stimolato, anche nei campioni di polpa, le piante a produrre sistemi antiossidanti naturali per contrastare i reati biotici e abiotici, mentre l'introduzione di elementi di mitigazione nel sistema 2 ha ridotto la necessità di barriere protettive contro lo stress ambientale. Lo studio ha anche rivelato che i sistemi a basso input possono consentire rese soddisfacenti, riducendo al minimo l'uso di risorse esterne all'azienda agricola. I coltivatori possono combinare fattori di agricoltura sostenibile con genotipi specifici per massimizzare la produzione di alimenti più sani.

La ricerca conferma i risultati di altri lavori [15, 16,17] che il valore nutrizionale e nutraceutico è influenzato dalle condizioni di coltivazione e se la pianta cresce con i suoi simbionti naturali aumentano le sostanze antiossidanti, che contrastano alcuni tipi di cancro. In questi ultimi anni il pomodoro ha guadagnato lo status di 'cibo funzionale', vista l'associazione sempre più frequente stabilita tra il suo consumo e il ridotto rischio di insorgenza di malattie cardiovascolari e dei tumori. I pomodori coltivati biologicamente, in particolare, instaurano insieme ai loro microfunghi una benefica associazione radicale permanente, paragonabile dal punto di vista funzionale al nostro microbioma intestinale; lo afferma uno studio condotto da biologi, microbiologi e medici dell'Istituto di biologia e biotecnologia agraria del Consiglio nazionale delle ricerche (Ibba-Cnr) e dell'Università di Pisa, pubblicato sul "British Journal of Nutrition" della Cambridge University Press.[18] In conclusione i nostri risultati hanno mostrato come il contenuto di molecole bioattive nel pomodoro sia influenzata dalle pratiche agronomiche, anno di coltivazione, fattori ambientali e pedoclimatici, mentre non si osserva nessuna differenza nell'effetto biologico osservato in modelli cellulari di estratti di pomodoro biologici e convenzionali. [19] D'altra parte, dai risultati su modelli cellulari si evidenzia l'attività antiossidante e la permeabilità cellulare delle molecole bioattive del pomodoro; i componenti bioattivi presentano un effetto pro-ossidante come rivelano le analisi istologiche. È chiaro quindi come la relazione tra il contenuto di molecole bioattive, l'attività antiossidante totale e la valutazione del danno cellulare sia un elemento chiave per valutare i potenziali effetti benefici derivati dal consumo di pomodoro e prodotti a base di pomodoro. Le condizioni agricole a basso input permettono oltre che una maggiore resa di coltivazione anche una migliore produzione di composti considerati. Essendo composti importanti dal punto di vista salutistico per le proprietà antiossidanti e dal punto di vista economico per lo sfruttamento dei carotenoidi come coloranti, potrebbe essere particolarmente vantaggioso utilizzare varietà ad alto contenuto di questi composti funzionali e gestire la coltura con tecniche agronomiche adeguate

Bibliografia

1. Davies, J. N., Hobson, G. E., & McGlasson, W. B. (1981). The constituents of tomato fruit—the influence of environment, nutrition, and genotype. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 15(3), 205-280. Gann et al., 1999
2. Anselmo, S., Tran, D., Farinet, R., Fleury, Y., Gilli, C., & Camps, C. (2022, August). Organic vegetable production in greenhouses with more diversity and less inputs for heating, fertilization and plant protection. In *XXXI International Horticultural Congress (IHC2022): International Symposium on Agroecology and System Approach for Sustainable 1355* (pp. 173-178).
3. Luthria D.L., Mukhopadhyay S., Krizek D.T. Content of total phenolics and phenolic acids in tomato, fruits as influenced by cultivar and solar UV radiation. *J Food Compos Anal* 19, 771-777, (2006).
4. Lenucci, M. S., Cadinu, D., Taurino, M., Piro, G., & Dalessandro, G. (2006). Antioxidant composition in cherry and high-pigment tomato cultivars. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(7), 2606-2613. Paolo, D., Bianchi, G., Scalzo, R. L., Morelli, C. F., Rabuffetti, M., & Speranza, G. (2018). The chemistry behind tomato quality. *Natural Product Communications*, 13(9), 1934578X1801300927.
5. Santangelo, E., Bergonzoli, S., Papetti, P., Mazzucato, A., Del Giudice, A., Scarfone, A., & Beni, C. (2023). The Profile of Bioactive Compounds in Two Tomato Lines (hp-2 and Atv_ aft) When Grown under Low-Input Farming Conditions with or without Mulching and Intercropping. *Agriculture*, 13(2), 280.
6. Martí, R.; Roselló, S.; Cebolla-Cornejo, J. Tomato as a Source of Carotenoids and Polyphenols Targeted to Cancer Prevention. *Cancers* 2016, 8, 58. <https://doi.org/10.3390/cancers8060058>.
7. Santangelo, E.; Carnevale, M.; Migliori, C.A.; Picarella, M.E.; Dono, G.; Mazzucato, A.; Gallucci, F. Evaluation of Tomato Introgression Lines Diversified for Peel Color as a Source of Functional Biocompounds and Biomass for Energy Recovery. *Biomass and Bioenergy* 2020, 141, 105735.

- <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2020.105735>.
8. Caseiro, M.; Ascenso, A.; Costa, A.; Creagh-Flynn, J.; Johnson, M.; Simões, S. Lycopene in Human Health. *LWT-Food Sci. Technol.* 2020, 127, 109323. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109323>.
 9. Mes, P.J.; Boches, P.; Myers, J.R.; Durst, R. Characterization of Tomatoes Expressing Anthocyanin in the Fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 2008, 133, 262-269. <https://doi.org/10.1007/BF00330810>.
 10. Massantini, R.; Radicetti, E.; Frangipane, M.T.; Campiglia, E. Quality of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Changes under Different Cover Crops, Soil Tillage and Nitrogen Fertilization Management. *Agriculture* 2021, 11, 106. <https://doi.org/10.3390/agriculture11020106>.
 11. Ilahy, R.; Hdidder, C.; Lenucci, M.S.; Tlili, I.; Dalessandro, G. Phytochemical Composition and Antioxidant Activity of HighLycopene Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Cultivars Grown in Southern Italy. *Sci. Hortic.* 2011, 127, 255-261. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.10.001>.
 12. Dono, G.; Picarella, M.E.; Pons, C.; Santangelo, E.; Monforte, A.; Granell, A.; Mazzucato, A. Characterization of a Repertoire of Tomato Fruit Genetic Variants in the San Marzano Genetic Background. *Sci. Hortic.* 2020, 261, 108927
 13. Landi, M.; Guidi, L.; Pardossi, A.; Tattini, M.; Gould, K.S. Photoprotection by Foliar Anthocyanins Mitigates Effects of Boron Toxicity in Sweet Basil (*Ocimum basilicum*). *Planta* 2014, 240, 941-953. <https://doi.org/10.1007/s00425-014-2087-1>.
 14. Ilahy, R.; Siddiqui, M.W.; Tlili, I.; Montefusco, A.; Piro, G.; Hdidder, C.; Lenucci, M.S. When Color Really Matters: Horticultural Performance and Functional Quality of High-Lycopene Tomatoes. *Crit. Rev. Plant Sci.* 2018, 37, 15-53. <https://doi.org/10.1080/07352689.2018.1465631>.
 15. Giovannetti et al, (2012). Nutraceutical value and safety of tomato fruits produced by mycorrhizal plants. *British Journal of Nutrition* (2012), 107, 242-251
 16. Li, N., Wu, X., Zhuang, W., Xia, L., Chen, Y., Wu, C., ... & Zhou, Y. (2021). Tomato and lycopene and multiple health outcomes: Umbrella review. *Food Chemistry*, 343, 128396.
 17. Del Giudice, R., Raiola, A., Tenore, G. C., Frusciante, L., Barone, A., Monti, D. M., & Rigano, M. M. (2015). Antioxidant bioactive compounds in tomato fruits at different ripening stages and their effects on normal and cancer cells. *Journal of Functional Foods*, 18, 83-94.
 18. Mazidi, M., Ferns, G. A., & Banach, M. (2020). A high consumption of tomato and lycopene is associated with a lower risk of cancer mortality: results from a multi-ethnic cohort. *Public health nutrition*, 23(9), 1569-1575.
 19. Ali, M. Y., Sina, A. A. I., Khandker, S. S., Neesa, L., Tanvir, E. M., Kabir, A., ... & Gan, S. H. (2020). Nutritional composition and bioactive compounds in tomatoes and their impact on human health and disease: A review. *Foods*, 10(1), 45.

Ilenia Bravo, Patrizia Papetti - Dipartimento di Economia e Giurisprudenza Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale. Campus Folcara, Viale dell'Università, 03043 Cassino (Fr), Italia.