

Contenuto e distribuzione di alcuni importanti metaboliti in germogli di soia verde (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) cresciuti al buio e a diversa qualità di luce

M. C. Bruno, N. Dipierro, C. Paciolla, L. Mastropasqua

Riassunto – Il consumo alimentare di germogli freschi rappresenta una fonte di fitonutrienti e composti antiossidanti utile per la salute umana. Tra i parametri fisici che influenzano il processo germinativo, la luce può condizionare alcuni processi fisiologici e biochimici come la biosintesi di alcuni metaboliti primari e secondari. In questo lavoro è stata dosata la quantità di lignina, composti fenolici, acido ascorbico totale, proteine solubili e pigmenti, quali antociani, clorofilla e carotenoidi, in differenti parti del germoglio di soia verde cresciuto per 5 giorni al buio e a differenti qualità di luce. Le luci rossa e bianca hanno determinato un aumento di lignina nelle parti aeree del germoglio (foglioline, epicotile ed ipocotile), mentre la presenza di luce blu ha determinato un aumento della lignina nella radice. Epicotile e foglioline risultano essere le parti del germoglio in cui è presente il maggiore contenuto di proteine solubili, lignina, polifenoli e acido ascorbico, risultando pertanto la parte del germoglio più interessante dal punto di vista alimentare.

Parole chiave: germogli, luce, *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek

Introduzione

La soia verde (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) è nativa dell'India-Birmania e viene coltivata estensivamente in Asia e utilizzata come alimento umano (semi secchi o germogli freschi). Con il passare degli anni, la sua coltivazione si è diffusa rapidamente dall'India alla Cina e in varie regioni del Sud-Est asiatico (Shi et al. 2016). I germogli di soia verde sono ampiamente consumati come insalata fresca o verdura cotta e rappresentano un'ottima fonte di proteine minerali e vitamine. Il valore nutritivo e gli effetti benefici della soia verde sulla salute sono ampiamente riportati (El-Adawy et al. 2003) e studi analitici hanno dimostrato che nutrienti e metaboliti significativamente migliorano durante la germinazione (Mubarak 2005, Abdel-Rahman et al. 2008). Solitamente i germogli utilizzati a scopo alimentare sono coltivati in germinatoi al buio e vengono commercializzati come piccole piantine eziolate. Le condizioni di luce (qualità della luce, intensità della luce e fotoperiodo) sono tra le più importanti variabili ambientali nella regolazione della crescita vegetale, dello sviluppo e dell'accumulo fitochimico. La presenza o assenza di luce, sin dalle prime fasi della germinazione dei semi, determina differenze morfogenetiche che sono mediate da fotorecettori, quali il Fitocromo che assorbe luce rossa tra 600-750 nm, Criptocromo e Fototropine che assorbono luce blu tra 320-500 nm; pertanto, fornire condizioni di luce adeguate può essere importante per garantire una maggiore resa e qualità nutrizionale dei germogli. L'analisi del contenuto di alcuni metaboliti in germogli di soia verde cresciuti in presenza di luce bianca e blu ha evidenziato un aumento nel contenuto di antociani, amido, proteine e acido ascorbico rispetto ai germogli cresciuti al buio (Fumarola et al. 2016). L'obiettivo di questo lavoro è stato quello di analizzare la distribuzione del contenuto di lignina, composti fenolici, acido ascorbico totale, proteine solubili e pigmenti, quali antociani, clorofilla e carotenoidi, in differenti parti del germoglio (epicotile e foglioline, cotiledoni, ipocotile e radice) di soia verde a 5 giorni di semi germinati in presenza di luce bianca, rossa, blu e al buio.

Materiale e Metodi

Semi di soia verde (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) erano imbibiti per circa due ore e posti a germinare in capsule Petri su carta bibula imbevuta di acqua. Le capsule erano incubate in presenza di luce bianca, blu, rossa con una intensità luminosa di $110 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e al buio in una camera di crescita, con fotoperiodo di 16 ore di luce e 8 ore di buio, temperatura di 25 °C e umidità del 78%. Lotti di germogli prelevati da ciascuna condizione di luce e buio, sono stati utilizzati per le analisi dopo 5 giorni di crescita. Di ogni germoglio sono state prelevate la radice, l'ipocotile, i cotiledoni, l'epicotile con le prime due foglioline espanse ed effettuate le opportune analisi (Mastropasqua et al. 2016).

Risultati e Discussione

Dopo 5 giorni di crescita al buio e a luce bianca, blu e rossa, la parte aerea del germoglio presenta un ipocotile, cotiledoni ancora presenti se pur parzialmente disidratati ed epicotile con le prime due foglioline in via di sviluppo. L'apparato radicale presenta una evidente radice principale (Fig. 1). Per un uso alimentare solitamente la soia verde viene fatta germinare al buio ottenendo germogli gialli. È noto che la sintesi di antociani nei tessuti vegetali è un processo regolato dalla luce che prevede diversi passaggi a partire dal precursore primario fenilalanina. Alcune specie formano antociani solo quando sono esposte alla luce, altre specie formano antociani al buio, ma la velocità di sintesi e concentrazione finale del pigmento aumentano notevolmente quando l'organismo

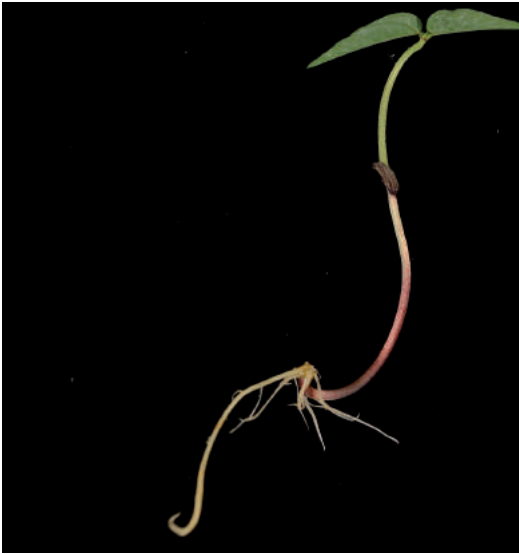


Fig.1
Germoglio di soia verde cresciuto per 5 giorni in presenza di luce blu.

gior contenuto in AsA lo si ritrova soprattutto nell'epicotile e foglioline (Tab. 1), tessuti fotosintetizzanti che forniscono di glucosio la via primaria della biosintesi di AsA (Ntagkas et al. 2018). I polifenoli proteggono le cellule dai danni ossidativi agendo come 'scavenging' di radicali liberi e quindi portano benefici alla salute umana (Podsedek, 2007). Numerosi studi sono stati fatti ponendo in relazione il contenuto in polifenoli e la luce, ma i risultati sono contrastanti (Shoji et al. 2011, Lee et al. 2014, Hongmei et al. 2016). Nel caso della soia verde la più alta concentrazione di fenoli totali la si ritrova nell'epicotile e foglioline e in maggiore quantità nei germogli cresciuti in presenza di luce. Un altro fattore importante per le sue funzioni biologiche e che condiziona la qualità dei germogli di soia è la lignina. La crescita dell'epicotile con le prime foglioline e dell'apparato radicale prevede anche lo sviluppo del tessuto vascolare, pertanto queste parti del germoglio sono quelle a maggior contenuto di lignina. Interessante è osservare come luce bianca e rossa determinino un maggior contenuto di lignina negli organi aerei (epicotile+foglioline e ipocotile), mentre luce bianca e blu inducano una maggiore sintesi a livello dell'apparato radicale (Tab. 1). Il contenuto in proteine solubili riscontrato nelle varie parti del germoglio è maggiore nei cotiledoni. I cotiledoni di soia verde allo stato secco presentano riserve soprattutto amilacee, mentre quelle proteiche rappresentato circa il 20-25% (Kumar, Baojun 2018). Durante la germinazione le proteine

è esposto alla luce. È soprattutto la luce blu che stimola la sintesi di antociani (Konczak, Zhang 2004). Nella soia verde il maggior contenuto in antociani lo si riscontra nei cotiledoni e nell'ipocotile e in presenza di luce bianca e blu (Tab. 1). Un evento comune osservato nelle piante, infatti, è l'accumulo di antocianina nei giovani organi, come ipocotili e foglioline. Poiché questi organi sono privi di complessità morfo-anatomica, si suppone che la presenza di antocianine serva a prevenire lo stress ambientale, come una elevata intensità di luce (Konczak, Zhang 2004). Spesso l'inverdimento dei germogli, dovuto alla sintesi di clorofille, non è gradito ai consumatori; tuttavia, l'aumento significativo di acido ascorbico (AsA) che si verifica in presenza di luce ne accresce il valore nutritivo. Un rapido aumento del contenuto di AsA e degli enzimi coinvolti nel suo metabolismo è una strategia comune sviluppata nei semi delle piante erbacee per far fronte ad un aumento del livello delle ROS durante la germinazione (Cakmak et al. 1993, De Gara et al. 1997). Inoltre, il contenuto di AsA risulta essere correlato alla quantità e qualità della luce (Mastropasqua et al. 2012), e nei germogli di soia verde cresciuti in presenza di luce il mag-

	luce bianca	luce blu	luce rossa	buio
Antociani (Unità ass. g-1 p.f.)				
Epi + fogl	1.15±0.11	0.65±0.06	0.96±0.09	0.45±0.04
Cotiledoni	2.25±0.20	2.04±0.20	1.59±0.10	1.20±0.10
Ipocotile	1.60±0.09	1.87±0.07	1.65±0.05	0.35±0.03
Radice	0.40±0.04	0.50±0.04	0.40±0.04	0.40±0.04
Lignina (mg g-1 p.f.)				
Epi + fogl	2.38±0.20	1.68±0.17	2.49±0.20	1.36±0.13
Ipocotile	0.29±0.03	0.47±0.05	0.83±0.08	0.45±0.05
Radice	1.32±0.10	1.57±0.10	1.02±0.10	0.99±0.01
Fenoli totali (mg GAE g-1 p.f.)				
Epi + fogl	1.04±0.05	1.16±0.03	1.20±0.05	0.98±0.02
Cotiledoni	0.58±0.06	0.49±0.01	0.65±0.06	0.59±0.06
Ipocotile	0.35±0.04	0.26±0.03	0.40±0.04	0.10±0.01
Radice	0.40±0.04	0.37±0.04	0.45±0.05	0.27±0.03
Ascorbico (µg AsA g-1 p.f.)				
Epi + fogl	600±30	632±30	651±50	480±35
Cotiledoni	295±30	358±36	340±35	228±22
Ipocotile	103±10	100±18	105±10	120±12
Radice	300±27	284±26	244±22	177±17
Proteine (mg g-1 p.f.)				
Epi + fogl	15±0.20	15±0.20	15.5±0.20	17±0.20
Cotiledoni	17±0.20	17±0.30	16±0.59	19±0.30
Ipocotile	3.32±0.05	3.8±0.50	4.35±0.40	0.4±0.04
Radice	1.1±0.20	4.5±0.60	6.85±0.60	2.25±0.60
Clorofille (µg g-1 p.f.)				
Epi + fogl	515±20	463±15	569±20	10±1
Cotiledoni	222±20	233±20	217±20	8±0.10
Ipocotile	98±9	92±10	81±10	6±0.50
Radice	10±1	12±1	12±2	6±0.50
Carotenoidi (µg g-1 p.f.)				
Epi + fogl	11±1	19±2	12±1	10±2
Cotiledoni	36±3	39±3	33±3	9±0.20
Ipocotile	12±1	12±2	9±0.1	2±0.10
Radice	2±0.30	2±0.30	3±0.30	2±0.10

di riserva vengono idrolizzate e piccoli peptidi e amminoacidi utilizzati per la sintesi di nuove proteine. Al buio il contenuto di proteine solubili, in cotiledoni, epicotile e foglioline, è più alto rispetto alle stesse zone irradiate con luce bianca, rossa e blu (Tab. 1). Nei germogli esposti alla luce le riserve proteiche sono maggiormente consumate per l'accrescimento, e soltanto nel caso della radice, in presenza di luce rossa e blu, si osserva un aumento in proteine solubili. Concludendo, l'esposizione alla luce bianca, blu e rossa durante lo sviluppo dei germogli di soia verde può considerarsi più vantaggioso dal punto di vista salutistico rispetto a germogli cresciuti al buio, in quanto la luce incrementa il contenuto di vitamina C, antociani, polifenoli e lignina. Inoltre, la parte del germoglio in cui questi metaboliti maggiormente si concentrano, sia nella crescita al buio che alla luce, è rappresentata dall'epicotile con le prime due foglioline.

Letteratura citata

- Abdel-Rahman ESA, El-Fishawy FA, El-Geddawy MA, Kurz T, El-Rify MN (2008) Isolation and physicochemical characterization of mung bean starches. *International Journal of Food Engineering* 4 (1). <http://dx.doi.org/10.2202/1556-3758.1184>
- Cakmak I, Strbac D, Marschner H (1993) Activities of hydrogen peroxide-scavenging enzymes in germinating wheat seeds. *Journal Experimental Botany* 44: 127-132.
- De Gara L, de Pinto MC, Arrigoni O (1997) Ascorbate synthesis and ascorbate peroxidase activity during the early stage of wheat germination. *Physiologia Plantarum* 100: 894-900.
- El-Adawy TA, Rahma EH, El-Bedawey AA, El-Beltagy AE (2003) Nutritional potential and functional properties of germinated mung bean: pea and lentil seeds. *Plant Foods for Human Nutrition* 58: 1-13.
- Fumarola C, Dipierro N, Paciolla C, Mastropasqua L (2016) Analisi di alcuni parametri di qualità in germogli di *Glicine max* (L) Merr. e *Vigna radiata* (L) R. Wilczek, cresciuti al buio e in condizioni di luce bianca e blu. *Notiziario della Società Botanica Italiana* 0: 69-80.
- Hongmei Q, Tianyu L, Mingdan D, Huiying M, Congxi C, Wangshu S, Qiaomei W (2016) Effects of light quality on main health-promoting compounds and antioxidant capacity of Chinese kale sprouts. *Food Chemistry* 196: 1232-1238.
- Konczak I, Zhang W (2004) Anthocyanins – More than Nature's Colours. *Journal of Biomedicine and Biotechnology* 5: 239-240.
- Kumar G, Baojun X (2018) A critical review on phytochemical profile and health promoting effects of mung bean (*Vigna radiata*). *Food Science and Human Wellness* 7: 11-33.
- Lee WS, Jeong MS, Lee MK, Chun JH, Paulrayer A, Arasu MV, Suzuki T, Al-Dhabi NA, Kim SJ (2014) Influence of different LED lamps on the production of phenolic compounds in common and Tartary buckwheat sprouts. *Industrial Crops and Products* 54: 320-326.
- Mastropasqua L, Borraccino G, Bianco L, Paciolla C (2012) Light qualities and dose influence ascorbate pool size in detached oat leaves. *Plant Science* 183: 57-64.
- Mastropasqua L, Tanzarella P, Paciolla C (2016) Effects of postharvest light spectra on quality and health-related parameters in green *Asparagus officinalis* L. *Postharvest Biology and Technology* 112: 143-151.
- Mubarak A (2005) Nutritional composition and antinutritional factors of mung bean seeds (*Phaseolus aureus*) as affected by some home traditional processes. *Food Chemistry* 89: 489-495.
- Ntagkas N, Woltering EJ, and Marcelis LFM (2018) Light regulates ascorbate in plants: an integrated view on physiology and biochemistry. *Environmental & Experimental Botany* 147: 271-280.
- Podsedeck A (2007) Natural antioxidants and antioxidant capacity of *Brassica* vegetables: A review. *LWT- Food Science and Technology* 40 (1): 1-11.
- Shi Z, Yao Y, Zhu Y, Ren G (2016) Nutritional composition and antioxidant activity of twenty mung bean cultivars in China. *The Crop Journal* 4: 398-406.
- Shoji K, Goto E, Hashida S, Goto F, Yoshihara T (2011) Effect of light quality on the polyphenol content and antioxidant activity of Sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Acta Horticulturae* 907: 95-100.

AUTORI

Maria Carmela Bruno (mariacarmela1984@libero.it), Nunzio Dipierro (nunzio.dipierro@uniba.it), Costantino Paciolla (costantino.paciolla@uniba.it), Linda Mastropasqua (linda.mastropasqua@uniba.it), Dipartimento di Biologia, Università di Bari "Aldo Moro", Via Orabona 4, 70125 Bari
Autore di riferimento: Linda Mastropasqua