

## Due espressioni dell'agrobiodiversità in orticoltura: germogli e microortaggi

Massimiliano Renna<sup>1</sup>, Francesco Di Gioia<sup>2\*</sup>, Beniamino Leoni<sup>1</sup>, Pietro Santamaria<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Dipartimento di Scienze Agro-Ambientali e Territoriali, Università di Bari Aldo Moro*

<sup>2</sup> *Institute of Food and Agricultural Sciences, South West Florida Research and Education Center, University of Florida, Immokalee (USA)*

Ricezione 20 aprile 2016; Accettazione 24 giugno 2016

### Sprouts and microgreens

**Abstract.** Sprouts and microgreens represent a growing market segment within vegetable products. The category of sprouts is legally defined. The production and commercialization of sprouts must comply with strict regulations. Given their short growth cycle, sprouts are usually grown in the dark, without a growing medium, fertilizers and agrochemicals. Their edible portion is the entire sprout, including the rootlets. From a biological point of view, the sprout represents the first stage of growth of a plant that starts from seed germination. On the other hand, "microgreens" is a marketing term used to describe a category of product that has no legal definition. They differ from sprouts because they require light, a growing medium, and have a longer growth cycle; the edible portion consists in the single stem, the cotyledon leaves and, often, by the emerging first true leaves. Both sprouts and microgreens are mainly consumed as raw products, they have good nutritional value and sensory traits. An important qualitative aspect of these vegetable crops is their microbiological safety, especially in the case of sprouts. In this review we discuss several aspects of sprouts and microgreens, their potential in terms of preservation and enhancement of biodiversity, as well as research and development prospects of those products in horticulture. Sprouts and microgreens represent two further expressions of biodiversity in vegetable production, supplementary to the genetic diversity (inter- and intra-specific) and diversity of the agro-ecosystems. Although the seeds of several cultivar are available on the market, the species and local varieties potentially useful for the production of sprouts and microgreens are numerous, and the vast heritage of agrobiodiversity of each geographical area may represent an extraordinary resource to be explored. Therefore,

sprouts and microgreens can contribute to preserve and give value to many landraces that are at risk of genetic erosion or extinction, offering an opportunity to recover and use such genetic material. Moreover, landraces and wild species, are often characterized by a higher nutrient density as compared to commercial improved varieties, widely grown at global level, and represent a good source of vitamins, essential micronutrients and other phytonutrients. In conclusion, the production of sprouts and microgreens from local varieties and wild edible species may provide novel and nutritious food, which can satisfy the demand of modern consumers.

**Key words:** fresh-cuts, functional food, nutritional quality, soilless culture, wild species.

### Introduzione

Germogli (o *sprouts*) e microortaggi (o *microgreens*) sono due categorie di prodotti orticoli ben distinti sia dal punto di vista biologico, sia per quanto concerne l'inquadramento merceologico. Il Regolamento della Commissione Europea 208/2013 definisce i germogli come «i prodotti ottenuti dalla germinazione del seme e dalla sua crescita in acqua o in altro mezzo di coltura, raccolti prima dello sviluppo di foglie vere e proprie e destinati ad essere consumati integralmente, incluso il seme» (Commissione Europea, 2013). Da un punto di vista biologico, i germogli rappresentano la primissima fase di formazione di una plantula dopo il parziale o completo processo di germinazione.

Il termine microortaggi, invece, non ha una definizione giuridica ma è generalmente utilizzato per descrivere giovani e tenere plantule commestibili prodotte a partire dai semi di varie specie di ortaggi, colture erbacee, erbe aromatiche e piante spontanee.

---

\* fdigioia@ufl.edu

A seconda della specie utilizzata, possono essere raccolti da 7 a 28 giorni dopo la germinazione, quando le foglie cotiledonari sono completamente formate (Di Gioia e Santamaria, 2015a). La porzione edule è rappresentata, pertanto, dallo stelo, dalle foglie cotiledonari e spesso dagli abbozzi delle prime foglie vere. In qualche caso anche i tegumenti dei semi che rimangono attaccati ai cotiledoni, se piccoli e teneri, possono entrare a far parte della porzione commestibile. I microortaggi hanno caratteristiche ben distinte, non solo da quelle dei germogli ma anche da quelle degli ormai comunissimi ortaggi da foglia di piccola taglia, noti anche come *baby leaf*. Inoltre, non vanno confusi con i “mini ortaggi”, noti anche come “ortaggi miniature” o “mignon”, “baby”, “lillipuziani”, i quali possono essere ottenuti attraverso tecniche colturali particolari (elevate densità di semina o raccolta anticipata) che fanno riferimento a materiali genetici a crescita e sviluppo contenuti (La Malfa e Bianco, 2006). Per questo, abbiamo scelto di utilizzare una nuova parola per il lessico italiano: microortaggi. Questa nuova parola è composta dall’aggettivo “micro” (che fa riferimento alle dimensioni) e dal nome “ortaggio”, per indicare una nuova categoria di ortaggi, il cui nome deriva dall’inglese *microgreens*. Per meglio comprendere i tratti distintivi di germogli, microortaggi e ortaggi da foglia di piccola taglia, in tabella 1 sono riportati i principali elementi di differenziazione.

L’origine dei germogli è probabilmente antica quanto l’uomo, anche se, dal punto di vista documentale, ci sono evidenze del loro uso in Cina solo a partire dal 3000 a. C. A parte le civiltà orientali, soprattutto quella cinese e giapponese, i germogli sono stati utilizzati tradizionalmente anche in Italia fino al

primo dopoguerra. Qui, in particolar modo nelle zone montane soggette a lunghi periodi di isolamento, era comune infatti l’utilizzo di semi germogliati che spesso costituivano l’unico apporto vitaminico da vegetali freschi (Cacciola, 2014). In Occidente, però, la produzione dei germogli per l’autoconsumo è stata avviata per fronteggiare le condizioni climatiche o contingenti che non permettevano la coltivazione in campo. Un classico esempio sono stati i lunghi viaggi in nave del XVIII secolo, durante i quali molti marinai morirono per scorbuto, malattia la cui insorgenza era dovuta alla carenza cronica di vitamina C. A tal riguardo è interessante riportare l’esperienza di James Cook che riuscì ad evitare l’insorgenza dello scorbuto ai suoi equipaggi introducendo a bordo delle navi la produzione dei germogli (Cacciola, 2014). In un certo senso, tale esempio storico potrebbe essere assimilato ad una sorta di applicazione *ante litteram* della coltivazione degli ortaggi senza suolo.

Oggi in Italia la grande distribuzione fornisce quasi esclusivamente germogli di leguminose, anche se cominciano ad emergere aziende specializzate in grado di offrire una vasta gamma di prodotti (Germoglivivo, 2016). Tuttavia, in altri paesi europei e nel resto del mondo il mercato dei germogli è più vasto e consolidato: negli USA l’International Sprout Growers Association (ISGA), un’associazione professionale di produttori di germogli, dispone di circa 170 diverse varietà di germogli e quasi 300 tipi di sementi per produrre tale tipologia di prodotto (Cacciola, 2014). Inoltre, La Malfa e Bianco (2006) segnalano alcune specie i cui germogli, dopo disidratazione e riduzione in polvere, sono disponibili per i consumatori statunitensi.

Tab. 1 - Caratteristiche ed elementi distintivi di germogli, microortaggi ed ortaggi da foglia di piccola taglia (Modificato da: Di Gioia *et al.*, 2015).

Tab. 1 - Differences among sprouts, microgreens and baby leaf vegetables (Modified from: Di Gioia *et al.*, 2015).

Ciclo produttivo	Germogli ( <i>sprouts</i> )	Microortaggi ( <i>microgreens</i> )	Ortaggi da foglia di piccola taglia ( <i>baby leaf</i> )
		4-10 giorni	7-28 giorni
Porzione edule	Germogli con radici	Germogli con cotiledoni e/o prime foglie vere	Foglie vere
Sistema di coltivazione	Solo acqua senza utilizzo di substrati di coltivazione	Senza suolo su substrato	Suolo e senza suolo
Condizioni di coltivazione	Senza luce	Luce	Luce
Uso di fertilizzanti	Non necessario	Facoltativo <sup>1</sup>	Necessario
Uso di agro-farmaci	Non necessario	Non necessario	Necessario
Stadio fenologico della pianta alla raccolta	Prima della completa formazione dei cotiledoni	Tra la completa formazione dei cotiledoni e la formazione delle prime foglie vere	Tra la completa formazione delle prime foglie vere e la formazione dell’ottava foglia
Metodo di raccolta	Senza taglio	Con o senza taglio <sup>2</sup>	Con taglio

<sup>1</sup> In funzione della durata del ciclo colturale e dall’utilizzo o meno di un substrato organico con eventuale presenza di elementi nutritivi.

<sup>2</sup> L’assenza di taglio è prevista nel caso di commercializzazione dei microortaggi in vaschette con il substrato di coltivazione.

A differenza dei germogli, i microortaggi possono essere considerati una categoria di prodotti relativamente nuovi, poiché sono apparsi nei menù degli chef di San Francisco nei primi anni '80 e sono coltivati nel Sud della California da metà degli anni '90 del secolo scorso (Di Gioia e Santamaria, 2015). Nonostante le dimensioni ridotte ed il prefisso “micro”, questa tipologia di prodotto orticolo è in grado di fornire una variegata gamma di sapori intensi, colori vivaci e consistenze diverse. Pertanto, i microortaggi possono essere proposti come un nuovo ingrediente in grado di valorizzare e guarnire bevande, insalate, antipasti, primi e secondi piatti, zuppe, panini e dessert (Treadwell *et al.*, 2010; Xiao *et al.*, 2012). Rispetto ai classici ortaggi da foglia di piccola taglia, i microortaggi hanno il vantaggio di poter essere commercializzati non solo come prodotti di IV gamma ma anche prima di essere raccolti, integri, con tutto il substrato di coltivazione (Fresh Origins, 2016; Koppert Cress, 2016), lasciando che sia lo chef o lo stesso consumatore ad effettuare il taglio del prodotto in cucina, anche solo pochi minuti prima dell'utilizzo. Quest'ultima modalità di commercializzazione rappresenta una grande innovazione, in quanto garantisce una maggiore durata del prodotto sul mercato (maggiore *shelf life*) ed assicura un'elevata qualità sia in termini di freschezza che di valore nutrizionale (Di Gioia *et al.*, 2015). D'altra parte, uno dei motivi di successo di questa nuova categoria di prodotto è rappresentato dalla riduzione o dall'utilizzazione alternativa del tempo libero dall'attività lavorativa che spinge sempre più verso il consumo di ortaggi che non comportino particolari difficoltà o dispendio di tempo nella fase di preparazione (Di Gioia e Santamaria, 2015). Quella dei microortaggi può essere considerata un'innovazione del concetto di ortaggi e del settore orticolo, al pari di quelle dei prodotti di IV e V gamma o dei sistemi di coltivazione senza suolo, per fare alcuni esempi; una di quelle innovazioni che contribuisce a rivoluzionare l'idea stessa di agricoltura (Di Gioia e Santamaria, 2015a). Scopo di questa rassegna è quello di presentare una panoramica dei diversi aspetti inerenti germogli e microortaggi fornendo, in particolar modo, indicazioni in merito al loro contributo in termini di salvaguardia e valorizzazione della biodiversità e alle potenzialità di sviluppo di tali prodotti nel settore orticolo, partendo anche dall'esperienza acquisita dal nostro gruppo di ricerca.

### Specie utilizzate

Le specie utilizzate per la produzione di germogli e microortaggi sono essenzialmente riconducibili a

quattro raggruppamenti: leguminose, cereali (comprendendo anche gli pseudo-cereali come grano saraceno e quinoa), oleaginose e colture ortive (Cacciola, 2014; Di Gioia *et al.*, 2015a; Ebert, 2012). Per quanto concerne i germogli l'interesse maggiore è attualmente rivolto verso le leguminose; ciò lo si evince anche verificando il numero di specie afferenti a tale raggruppamento sul totale delle voci presenti nel nutrient database del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti (USDA, 2016). Per quanto concerne le specie orticole utilizzabili per la produzione di germogli, in tabella 2 si riportano le principali specie coltivate e diverse specie eduli spontanee segnalate da La Malfa e Bianco (2006). Occorre sottolineare che molto spesso il termine “germogli di soia” viene impropriamente utilizzato per indicare anche germogli che vengono prodotti utilizzando i semi di altre specie. Esistono, infatti, tre differenti specie che sono spesso accomunate sotto la denominazione “germogli di soia”: fagiolo Mung verde o Azuki verde (*Vigna radiata* L.), fagiolo Azuki rosso (*Vigna angularis* L.) e soia gialla (*Glycine max* L.). In realtà, solo nell'ultimo caso è corretto parlare di germogli di soia, anche se non è raro imbattersi in confezioni di germogli di azuki verde venduti nei supermercati come germogli di soia. Alla base di questa confusione c'è, probabilmente, la scarsa conoscenza di questi alimenti e la difficoltà di traduzione, in quanto è risaputo che tali leguminose sono originarie dell'Oriente, dove le diverse popolazioni ed etnie identificano la soia con termini differenti (Cacciola, 2014).

Le specie utilizzabili per la produzione di microortaggi appartengono a diverse famiglie botaniche, tra cui quella delle Brassicaceae (ad esempio, cavolfiore, cavolo broccolo, cavolo cappuccio, cavolo cinese, cavolo da foglia, cavolo verza, cima di rapa, crescione, mizuna, ravanello, rucola, senape e tatsoi), Asteraceae (ad esempio, lattuga, indivia, scarola, cicoria, radicchio), Apiaceae (aneto, carota, finocchio, sedano), Amaryllidaceae (aglio, cipolla, porro), Amaranthaceae (amaranto, atreplice, bietola da coste, bietola da orto, spinacio) e Cucurbitaceae (melone, cetriolo, zucca). Nell'ambito di tutte queste specie è possibile utilizzare cultivar commerciali selezionate per la produzione di microortaggi, ma anche varietà locali, soprattutto quelle le cui plantule manifestano forma, colore, consistenza e sapore particolari (Di Gioia *et al.*, 2015a). Numerosissime sono le specie spontanee, tradizionalmente utilizzate nella cucina popolare, che possono essere valorizzate attraverso la produzione di microortaggi e che potenzialmente possono fornire una vasta gamma di colori, forme, sapori e soprattutto nutrienti essenziali benefi-

Tab. 2 - Specie utilizzabili per la produzione di germogli (Fonte: La Malfa e Bianco, 2006; Cacciola, 2014; USDA, 2016).  
 Tab. 2 - Suitable species for the production of sprouts (Source: La Malfa e Bianco, 2006; Cacciola, 2014; USDA, 2016).

Specie coltivate
<p>Aglione (<i>Allium sativum</i> L.), Aneto (<i>Anethum graveolens</i> L.), Arachide (<i>Arachis hypogaea</i> L.), Azuki rosso (<i>Vigna angularis</i> L.), Azuki verde (<i>Vigna radiata</i> L.), Basilico (<i>Ocimum basilicum</i> L.), Bietola (<i>Beta vulgaris</i> L.), Carota (<i>Daucus carota</i> L.), Cavolfiore (<i>Brassica oleracea</i> L. Gruppo <i>botrytis</i>), Cavolo broccolo (<i>Brassica oleracea</i> L. Gruppo <i>italica</i>), Cavolo cappuccio (<i>Brassica oleracea</i> L. Gruppo <i>capitata</i>), Cavolo di Bruxelles (<i>Brassica oleracea</i> L. Gruppo <i>gemmifera</i>), Cavolo da foglia (<i>Brassica oleracea</i> L. gruppo <i>acephala</i>), Cece (<i>Cicer arietinum</i> L.), Cicoria (<i>Cichorium intybus</i> L.), Cima di rapa (<i>Brassica oleracea</i> L. Gruppo broccoletto), Cipolla (<i>Allium cepa</i> L.), Colza (<i>Brassica napus</i> L.), Crescione (<i>Lepidium sativum</i> L.), Erba medica (<i>Medicago sativa</i> L.), Fagiolino (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.), Fagiolino dall'occhio (<i>Vigna unguiculata</i> [L.] Walp. subsp. <i>unguiculata</i> [L.] Walp.), Farro (<i>Triticum dicoccon</i> L.), Fava (<i>Vicia faba</i> L.), Fieno greco (<i>Trigonella foenum-graecum</i> L.), Finocchio (<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.), Frumento (<i>Triticum</i> ssp.), Girasole (<i>Helianthus annuus</i> L.), Grano saraceno (<i>Polygonum fagopyrum</i> L.), Indivia (<i>Cichorium endivia</i> L.), Lattuga (<i>Lactuca sativa</i> L.), Lenticchia (<i>Lens culinaris</i> Medic.), Lino (<i>Linum usitatissimum</i> L.), Miglio (<i>Panicum miliaceum</i> L.), Orzo (<i>Hordeum vulgare</i> L.), Pisello (<i>Pisum sativum</i> L.), Porro (<i>Allium porrum</i> L.), Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), Radicchio (<i>Cichorium intybus</i> L. Gruppo <i>rubifolium</i>), Rapa (<i>Brassica rapa</i> L. Gruppo <i>rapa</i>), Ravanella (<i>Raphanus sativus</i> L.), Riso (<i>Oryza sativa</i> L.), Rucola (<i>Eruca vesicaria</i> L. Cav.), Sesamo (<i>Sesamum indicum</i> L.), Soia (<i>Glycine max</i> L.), Spinacio (<i>Spinacia oleracea</i> L.), Trifoglio (<i>Trifolium</i> ssp.), Zucca (<i>Cucurbita moshata</i> Duch.).</p>
Specie eduli spontanee
<p><i>Amaranthus cruentus</i> L., <i>Amaranthus graecizans</i> L., <i>Amaranthus retroflexus</i> L., <i>Anethum graveolens</i> L., <i>Arctium lappa</i> L., <i>Armoracia rusticana</i> Gaertner, Meyer et Scherbius, <i>Asclepias syriaca</i> L., <i>Barbarea verna</i> (Miller) <i>Asch.</i>, <i>Chenopodium album</i> L., <i>Descurainia sophia</i> (L.) Webb., <i>Fagopyrum esculentum</i> Moench, <i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim., <i>Foeniculum vulgare</i> Mill. subsp. <i>piperitum</i> (Ueria) Cominho, <i>Helianthus annuus</i> L., <i>Hesperis matronalis</i> Scherb., <i>Medicago polymorpha</i> L., <i>Medicago sativa</i> L., <i>Nasturtium officinale</i> R. Br., <i>Polygonum hydropiper</i> L., <i>Portulaca oleracea</i> L., <i>Raphanus raphanistrum</i> L., <i>Raphanus sativus</i> L., <i>Rorippa palustris</i> (L.) Besser, <i>Sinapis alba</i> L., <i>Taraxacum officinale</i> Weber, <i>Thlaspi arvense</i> L., <i>Tragopogon porrifolius</i> subsp. <i>australis</i> (Jordan) BrBl, <i>Trifolium incarnatum</i> L., <i>Trifolium pratense</i> L., <i>Trigonella foenum-graecum</i> L., <i>Vicia sativa</i> L.</p>

ci per la salute dei consumatori (Di Gioia *et al.*, 2015). In tabella 3 sono riportate alcune delle specie eduli spontanee potenzialmente più interessanti per la produzione di microortaggi. Ad ogni modo, è importante prestare massima attenzione alla scelta delle specie da destinare alla produzione di microortaggi, poiché è necessario valutare attentamente la commestibilità allo stadio di plantula. Infatti, è possibile utilizzare tutte quelle specie la cui commestibilità è ben nota, mentre occorre escludere le specie spontanee o domestiche le cui plantule non sono commestibili, tra cui alcune specie appartenenti alla famiglia delle Solanaceae, come pomodoro, peperone e melanzana, che allo stadio di plantula possono avere un elevato contenuto di anti-nutrienti e quindi sono considerate non commestibili. Accertata la commestibilità, la scelta delle specie da destinare alla pro-

duzione di microortaggi è legata alle caratteristiche organolettiche: il prodotto deve risultare pienamente accettabile ed attraente per il consumatore (Di Gioia *et al.*, 2015b).

Dal punto di vista agronomico e commerciale la scelta delle specie per la produzione di germogli e microortaggi è legata molto alla disponibilità di seme di qualità, caratterizzato da elevata ed omogenea germinabilità, non trattato chimicamente, igienicamente sicuro ma allo stesso tempo disponibile a basso costo. Soprattutto per i microortaggi, inoltre, è importante la scelta di specie che siano coltivabili tutto l'anno e che non abbiano esigenze climatiche particolari, soprattutto in fase di germinazione. Infine, un aspetto critico a livello commerciale è la durata post raccolta o *shelf life* del prodotto (Di Gioia *et al.*, 2015b).

Tab. 3 - Specie eduli spontanee utilizzabili per la produzione di microortaggi (Fonte: Di Gioia *et al.*, 2015a).  
 Tab. 3 - Suitable wild edible species for the production of microgreens (Source: Di Gioia *et al.*, 2015a).

<p>Amaranto comune (<i>Amaranthus retroflexus</i> L.), amaranto cruento (<i>Amaranthus cruentus</i> L.), bietolina (<i>Beta vulgaris</i> L. subsp. <i>maritima</i> (L.) Arcang.), boccione maggiore (<i>Urospermum dalechampii</i> (L.) F.W. Schmidt), boccione minore (<i>Urospermum picroides</i> (L.) Scop. ex F.W. Schmidt), borragine (<i>Borago officinalis</i> L.), chenopodio (<i>Chenopodium album</i> L.), cicoria (<i>Cichorium intybus</i> L.), finocchio marino (<i>Crithmum maritimum</i> L.), ruchetta violacea (<i>Diplotaxis erucoides</i> (L.) DC.), ruchetta selvatica (<i>Diplotaxis tenuifolia</i> (L.) DC.), finocchietto selvatico (<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.), crescita d'acqua (<i>Nasturtium officinale</i> R. Br. subsp. <i>officinale</i>), portulaca (<i>Portulaca oleracea</i> L.), ravanella selvatica (<i>Raphanus raphanistrum</i> L.), salicornia (<i>Salicornia patula</i> Duval-Jouve), senape (<i>Sinapis alba</i> L.), senape canuta (<i>Hirschfeldia incana</i> (L.) Lagr.-Foss.), tarassaco (<i>Taraxacum officinale</i> Weber), barba di becco (<i>Tragopogon porrifolius</i> subsp. <i>australis</i> (Jord.) Nymam).</p>
--

## Caratteristiche nutrizionali

Da un punto di vista biologico, il germoglio rappresenta il primo stadio di formazione della pianta che inizia con il processo di germinazione. In questa fase, i semi cominciano a produrre enzimi che convertono le sostanze nutritive, immagazzinate sotto forma di macromolecole, in componenti più semplici ed energia, fattori essenziali nelle prime fasi del ciclo vegetativo, quando la fotosintesi non è ancora avviata. I germogli vengono anche denominati “alimenti biogeni”, termine che starebbe ad indicare prodotti alimentari vivi e ricchi di vitamine, minerali, proteine, numerosi composti con azione benefica sulla salute umana e, a seconda delle specie, carboidrati o lipidi (Helweg, 2011). Per tali motivi i germogli sono comunemente considerati un alimento con peculiari caratteristiche nutrizionali, tanto da essere chiamati “cibo miracoloso” (Meyerowitz, 2010). Grazie agli enzimi attivati durante la germinazione, l'idrolisi delle macromolecole in molecole più semplici equivale ad una sorta di pre-digestione che scinde le proteine in oligopeptidi ed amminoacidi, gli amidi e gli oligosaccaridi in zuccheri semplici ed i lipidi in glicerolo ed acidi grassi (Marton *et al.*, 2010). A tal riguardo, la flatulenza indotta con il consumo dei semi di leguminose si riduce, come conseguenza dell'idrolisi di alcuni oligosaccaridi (es. stachioso) afferenti alla categoria delle fibre alimentari. Inoltre, i sali minerali e gli oligoelementi risultano più facilmente assimilabili, sia perché vengono chelati con gli amminoacidi sia per la degradazione dell'acido fitico ad opera dell'enzima fitasi (van Hofsten, 1979). È interessante notare come una peculiarità dei germogli sia l'incremento del contenuto di vitamine in tempi relativamente brevi, se si considera che il ciclo di produzione per la maggior

parte delle specie dura 4-5 giorni. Infatti, in soli quattro giorni il contenuto di acido ascorbico nei germogli di fagiolo Mung aumenta di circa otto volte rispetto agli stessi fagioli secchi, mentre il contenuto di vitamine del gruppo B aumenta di sei volte nel frumento passando dalle cariossidi disidratate al germoglio (Cacciola, 2014). Nella tabella 4 vengono riportate le caratteristiche nutrizionali di alcuni germogli. Per quanto concerne il contenuto proteico, i germogli di leguminose mostrano valori piuttosto elevati che, nel caso della soia, sono paragonabili alla quantità contenuta nelle uova. Pertanto, i germogli delle Fabaceae potrebbero essere considerati alla stessa stregua di integratori alimentari di pregio in grado di promuovere la salute e il benessere in molte parti del mondo, soprattutto nelle aree rurali e povere (Mbithi *et al.*, 2001). Alcuni composti con azione favorevole sulla salute umana sono presenti in elevate quantità solo in determinate specie. Ad esempio, gli isoflavoni, sostanze note per la loro azione preventiva nei confronti delle neoplasie, delle malattie cardiovascolari e dell'osteoporosi, si trovano in concentrazioni relativamente elevate nei germogli di *Glicine max* L., ma il loro contenuto è sensibilmente più basso in altre specie di legumi (Nakamura *et al.*, 2001).

Anche i microortaggi, pur essendo utilizzati come “guarnizione” dei piatti per assolvere ad una funzione estetica, possono essere considerati “alimenti funzionali” in grado di fornire sia i nutrienti necessari per la dieta quotidiana sia composti bioattivi in grado di esercitare alcune funzioni favorevoli per l'organismo umano, nonché ridurre i rischi connessi all'insorgenza di alcune malattie (Di Gioia e Santamaria, 2015b; Xiao *et al.*, 2015). Rispetto agli ortaggi raccolti ad uno stadio di maturazione commerciale convenzionale, i microortaggi mostrano concentrazioni di

Tab. 4 - Contenuto di acqua, contenuto calorico ed elementi nutritivi (su 100 g di prodotto fresco - PF) in alcune specie di germogli (Fonte: USDA, 2016).

Tab. 4 - Water, energy and nutrients content (on 100 g of fresh products) in some species of sprouts (Source: USDA, 2016).

Specie	Acqua	Energia	Proteine	Lipidi	Carboidrati totali	Fibre	Ceneri
	g	kcal	g				
<i>Brassica oleracea</i> L. Gruppo <i>gemmifera</i>	86	43	3,38	0,3	8,95	3,8	1,37
<i>Raphanus sativus</i> L.	90,1	43	3,81	2,53	3,6	2,35	0,53
<i>Glycine max</i> L.	69	122	13,09	6,7	9,57	1,1	1,59
<i>Lens culinaris</i> Medic.	67,3	106	8,96	0,55	22,14	5,77	1
<i>Medicago sativa</i> L.	92,8	23	3,99	0,69	2,1	1,9	0,4
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	79,1	67	6,15	0,7	13,05	3,82	0,95
<i>Pisum sativum</i> L.	62,3	124	8,8	0,68	27,11	6,44	1,14
<i>Vigna radiata</i> L.	90,4	30	3,04	0,18	5,94	1,8	0,44
<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp. subsp. <i>unguiculata</i> (L.) Walp.	81,3	62	5,25	0,9	11,6	3,38	0,95

sostanze antiossidanti molto più elevate (Xiao *et al.*, 2012). Il microortaggio di cavolo rosso, ad esempio, può avere contenuti di acido ascorbico, vitamina K e vitamina E maggiori, rispettivamente, di sei, sessanta e quattrocento volte in confronto al cavolo rosso raccolto a maturazione convenzionale (Xiao *et al.*, 2012). Nella tabella 5 sono riportati i valori di queste tre vitamine in dodici differenti specie di microortaggio. È interessante notare come, soprattutto in alcuni casi, siano sufficienti pochi grammi di prodotto edule per soddisfare le assunzioni giornaliere di vitamina C, E e K raccomandate dall'Agencia Europea per la Sicurezza Alimentare (EFSA). Ad esempio, per un adulto di peso medio (60 kg), sarebbe sufficiente consumare circa 41 g di microortaggi di cavolo rosso per

soddisfare la dose giornaliera raccomandata di vitamina C, oppure 15 g di micro-ravanello per soddisfare quella di vitamina E e solo 17 g di micro-amaranto rosso per quanto riguarda la vitamina K (tab. 5). Inoltre, è interessante sottolineare che rispetto agli ortaggi raccolti a maturazione convenzionale, spesso utilizzati cotti, il consumo prevalentemente crudo dei microortaggi ha il vantaggio di evitare la perdita di nutrienti nel liquido di cottura o la degradazione delle vitamine e sostanze antiossidanti termolabili (Di Gioia e Santamaria, 2015b). Per quanto concerne il contenuto di elementi minerali, i microortaggi possono essere considerati una buona fonte soprattutto di calcio e potassio, mentre il contenuto di sodio è basso (tab. 6). Il contenuto di nitrati, invece, risulta essere

Tab. 5 - Contenuto di vitamine C, E e K in alcune specie di microortaggi e quantità di prodotto fresco (PF) necessario a soddisfare il fabbisogno giornaliero raccomandato per ciascuna vitamina (Modificato da: Di Gioia e Santamaria, 2015b).

Tab. 5 - Content of vitamin C, E and K in some species of microgreens and relative amount of fresh product necessary to satisfy the recommended daily intake of each vitamin (Modified from: Di Gioia e Santamaria, 2015b).

Specie	Contenuto di vitamina (mg/100 g PF)			Quantità di prodotto fresco necessari a soddisfare il fabbisogno giornaliero raccomandato di vitamina (g PF)		
	C	E	K	C	E	K
<i>Amaranthus hypochondriacus</i> L.	131.6	17.1	4.1	46	76	17
<i>Ocinum basilicum</i> L.	90.8	24	3.2	66	54	22
<i>Beta vulgaris</i> L.	46.4	34.5	2	129	38	35
<i>Brassica oleracea</i> L. Gr. <i>capitata</i>	147	24.1	2.8	41	54	25
<i>Coriandum sativum</i> L.	40.6	53	2.5	148	25	28
<i>Lepidium banariense</i> L.	57.2	41.2	2.4	105	32	29
<i>Pisum sativum</i> L.	50.5	35	3.1	119	37	23
<i>Raphanus sativus</i> L.	70.7	87.4	1.9	85	15	37
<i>Eruca vesicaria</i> Mill.	45.8	19.1	1.6	131	68	44
<i>Apium graveolens</i> L.	45.8	18.7	2.2	131	70	32
<i>Zea mays</i> L.	31.8	7.8	0.9	189	167	78
<i>Pisum sativum</i> L.	25.1	4.9	0.7	239	265	100

Tab. 6 - Contenuto di nitrati e minerali di alcune specie di microortaggi (Modificato da: Di Gioia e Santamaria, 2015b).

Tab. 6 - Nitrate and mineral content of some species of microgreens (Modified from: Di Gioia e Santamaria, 2015b).

Specie	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	P	Mg <sup>2+</sup>
	(mg/100 g Prodotto Fresco)					
<i>Eruca vesicaria</i> Mill.	305	8.8	301	116	13.2	30.5
<i>Ocinum basilicum</i> L. (verde)	429	11.9	299	107	13.2	26.9
<i>Ocinum basilicum</i> L. (rosso)	462	8.3	289	105	14	26.8
<i>Brassica rapa</i> L., Gruppo broccoletto	355	9.8	230	114	18.4	28.8
<i>Brassica oleracea</i> L. Gruppo <i>italica</i>	267	8.4	255	126	20.1	28.7
<i>Brassica oleracea</i> L. Gruppo <i>capitata</i>	368	8.2	167	126	32.6	32.1
<i>Brassica rapa</i> L. Gruppo <i>nipponsinica</i>	400	6.6	256	96	17	24.1
<i>Brassica juncea</i> L. Czem.	405	14.6	383	116	17	31.4
<i>Pisum sativum</i> L.	127	7.9	436	106	54.4	26.4
<i>Raphanus sativus</i> L.	226	8.2	189	76	25	23.8

piuttosto elevato soprattutto in condizioni di scarsa radiazione luminosa e se si eccede con la somministrazione di azoto nitrico, superando anche i 4.000 mg/kg di prodotto fresco in specie come il basilico e alcune Brassicaceae (tab. 6). Ad ogni modo, come per gli ortaggi raccolti a maturazione convenzionale, anche nei microortaggi il contenuto di anioni e cationi è fortemente influenzato dalla disponibilità degli stessi nel mezzo di coltura e/o nella soluzione nutritiva applicata. Pertanto, mediante una oculata gestione della soluzione nutritiva è possibile ottenere una produzione di microortaggi che enfatizzi il contenuto di macro e micro-elementi essenziali, o che miri alla riduzione del contenuto di quelli indesiderati come nitrati e sodio (Di Gioia e Santamaria, 2015b). Ad oggi, in letteratura non sono ancora presenti informazioni dettagliate inerenti il contenuto di fibra alimentare tuttavia, a seguito di studi preliminari condotti dal nostro gruppo di ricerca sulla cima di rapa (*Brassica rapa* L.) è stato riscontrato come nei microortaggi il contenuto di fibra sia circa la metà rispetto alle infiorescenze raccolte alla maturazione convenzionale (Di Gioia e Santamaria, 2015b).

### Produzione dei germogli

La produzione dei germogli può essere effettuata sia in casa, per l'autoconsumo, sia a livello commerciale, adottando processi di tipo industriale. In entrambi i casi, è fondamentale l'utilizzo di semi ottenuti mediante l'adozione di Buone Pratiche Agricole (BPA) e conservati in modo appropriato per ridurre al minimo ogni possibilità di contaminazione da parte di microrganismi patogeni. Generalmente, i semi destinati alla produzione di germogli vengono preventivamente lavati con lo scopo di rimuovere corpi estranei, residui di terreno ed eventuali sostanze mucillaginose prodotte a seguito del contatto dei semi

con l'acqua. Contestualmente, è necessario effettuare un trattamento con soluzioni a base di sostanze antimicrobiche (ad esempio ipoclorito di sodio o calcio) prima che sia avviato il processo di germinazione. Ad ogni modo, sarà importante controllare la qualità microbiologica dell'acqua utilizzata per evitare contaminazioni crociate e potenziali tossinfezioni alimentari (Food and Drug Administration, 1999). È bene ricordare che nel 2011, in seguito all'insorgere di focolai di *Escherichia coli* nell'Unione Europea, il consumo di germogli è stato identificato come l'origine più probabile del fenomeno. Pertanto, nel 2013 la Commissione Europea ha emanato quattro Regolamenti - 208/2013, 209/2013, 210/2013 e 211/2013 (Commissione Europea, 2013; 2013a; 2013b; 2013c) - introducendo nuovi adempimenti nel settore della produzione di germogli e nelle attività ad essa collegate (tab. 7).

La fase successiva al lavaggio e alla sanificazione prevede un trattamento di pre-germinazione che consiste nell'idratare i semi immergendoli in acqua per un tempo variabile da 20 minuti a 12 ore, a seconda del tipo e delle dimensioni dei semi utilizzati (Food and Drug Administration, 1999). Per quanto riguarda la durata dell'idratazione dei semi è bene considerare che un ammollo troppo breve può comportare un sensibile abbattimento della germinazione, mentre una durata eccessiva potrebbe favorire delle fermentazioni indesiderate (Cacciola, 2014). Una volta raggiunta l'imbibizione l'eccesso di acqua viene allontanato, quindi i semi vengono posti in condizioni di umidità ottimale per favorire la germinazione. A tale scopo è indispensabile effettuare dei risciacqui ad intervalli che vanno da 4 a 6 ore per periodi di durata sufficiente a lavare completamente i semi. In tal modo si favorisce anche una dissipazione del calore dalla massa di semi in germinazione che accompagna il processo di respirazione. Tuttavia, è bene non utiliz-

Tab. 7 - Nuovi adempimenti per la produzione di germogli introdotti con la pubblicazione di quattro regolamenti comunitari sulla Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea del 12 marzo 2013 (Fonte: Commissione Europea, 2013; 2013a; 2013b; 2013c).

Tab. 7 - New fulfillments for the sprouts production introduced with the publication of four European Regulations (Source: Commissione Europea, 2013; 2013a; 2013b; 2013c).

Regolamento (UE) 208/2013	Introduce la definizione di "germoglio" e si dettagliano alcune prescrizioni in merito alla rintracciabilità delle partite di germogli e delle partite di semi destinati alla produzione di germogli.
Regolamento (UE) 209/2013	Apporta modifiche al Reg. (UE) n. 2073/2005, relativo ai criteri microbiologici applicabili ai prodotti alimentari, mediante l'aggiunta di una sezione specifica per i germogli che stabilisce norme di campionamento e prova obbligatorie a carico di semi, germogli e acque utilizzate nel processo produttivo.
Regolamento (UE) 210/2013	Puntualizza che gli operatori che producono germogli devono essere riconosciuti dall'autorità competente al pari di tutti gli altri operatori del settore alimentare, sulla base di quanto prescritto dal Reg. (UE) n. 852/2004 sull'igiene degli alimenti.
Regolamento (UE) 211/2013	Introduce prescrizioni sulla certificazione necessaria ai fini dell'importazione da Paesi terzi di germogli e semi destinati alla produzione di germogli.

zare acqua con temperatura inferiore a 20 °C per evitare una sensibile riduzione della velocità di germinazione (Price, 1988). I processi industriali per la produzione commerciale dei germogli prevedono che questa fase avvenga automaticamente, con umidificazione periodica e/o costante tramite gocciolamento o nebulizzazione di acqua (Sun-Lim *et al.*, 2003).

Durante la germinazione la presenza di luce non è richiesta, soprattutto per la produzione di germogli eziolati; pertanto, in questo caso la germinazione avviene, generalmente, in completa assenza di luce. Tuttavia, è stato osservato che la presenza di radiazione luminosa durante la germinazione può favorire l'aumento della lunghezza e del diametro dell'ipocotile, nonché il peso e la consistenza dei germogli. Ad ogni modo, è bene considerare che l'eccessiva esposizione dei semi alla luce durante la germinazione potrebbe favorire un indesiderato "inverdimento" dei germogli e/o la formazione di un ipocotile troppo esile ed allungato (Price, 1988). Generalmente, le temperature dell'ambiente di germinazione sono comprese tra 20 e 30 °C; tuttavia, una volta pronti, i germogli subiscono quello che in gergo viene chiamato "freezing", ossia un lavaggio con acqua molto fredda ed un successivo trattamento con abbattitori termici, il cui scopo è quello di arrestare la germinazione e favorire una migliore conservazione (Cacciola, 2014).

La produzione casalinga dei germogli può essere effettuata usando svariate tipologie di contenitori che vanno dalla semplice ciotola al germogliatore di ultima generazione. La differenza sta semplicemente nella quantità dei germogli prodotti e la praticità d'uso. In ogni caso, il contenitore ideale deve permettere il drenaggio dell'acqua dalla parte sottostante o mediante capovolgimento. Non andrebbero tuttavia utilizzati contenitori di metallo, soprattutto quelli di alluminio, nonché quelli in terracotta, per evitare possibili cessioni. I contenitori in materiale plastico possono essere convenientemente utilizzati, purché realizzati con materiale idoneo per il contatto con gli alimenti. Generalmente, i vasetti in vetro utilizzati normalmente per le conserve alimentari sono tra i contenitori preferiti per la produzione fai-da-te, poiché permettono di controllare costantemente l'andamento della germinazione attraverso le pareti, oltre ad occupare pochissimo spazio. Inoltre, una volta terminata la germinazione, i vasetti possono essere tappati e riposti comodamente in frigorifero (Cacciola, 2014). Tuttavia, in commercio sono presenti diverse tipologie di germogliatori, che è possibile suddividere in: vasetti con tappo forato (Vogel, 2016); vaschette impilate (Mr. Fothergillis, 2016; Fresh Sprouts, 2016); cassette impilabili (EasyGreen, 2016). Alcuni

modelli sono anche dotati di un sistema automatico per l'irrigazione mediante getti di acqua erogati dall'alto tramite degli ugelli rotanti (Sproutman, 2016). Ad ogni modo, è necessario assicurare che tutte le attrezzature con le quali vengono in contatto semi e germogli siano pulite in modo efficace e, se necessario, disinfettate.

### **Tecnica colturale dei microortaggi**

La produzione di microortaggi può avvenire in diversi ambienti e può essere condotta a livello commerciale, utilizzando tecniche piuttosto avanzate necessarie a garantire continuità di produzione e qualità del prodotto o, a livello amatoriale, con mezzi e tecniche molto semplici. Nel primo caso la produzione avviene generalmente in ambiente protetto, utilizzando sistemi di coltivazione senza suolo che possono essere riconducibili essenzialmente a tre tipi: in contenitore, in canaletta o mediante pannelli galleggianti. Con la produzione in contenitore è possibile la commercializzazione del prodotto con tutto il substrato di coltivazione, evitando così il taglio dei microortaggi prima della vendita, con evidenti vantaggi in termini di *shelf life* e qualità del prodotto, che sarà raccolto dal consumatore finale anche solo pochi minuti prima dell'effettivo utilizzo in cucina (Di Gioia *et al.*, 2015b). Si tratta di un prodotto del tutto innovativo, poiché non è riconducibile né alla prima gamma né alla IV gamma, perché non prevede comunque l'operazione della raccolta e/o del taglio prima della commercializzazione. Nel caso dei microortaggi commercializzati con tutto il substrato di coltivazione manca il processo di raccolta; pertanto è possibile individuare una nuova tipologia di prodotto "ready-to-harvest". D'altra parte, con la coltivazione in canaletta, su bancali, o su pannelli galleggianti, i microortaggi devono necessariamente essere raccolti eseguendo il taglio alla base delle piantule. In tal caso, il prodotto è del tutto assimilabile alla già nota categoria degli ortaggi di IV gamma, con tutte le implicazioni e le problematiche connesse al taglio del prodotto e alla necessità di assicurare elevati standard igienico-sanitari per evitare potenziali tossinfezioni alimentari.

Oltre alla normale coltivazione in serra o in tunnel, negli ultimi anni alcune aziende hanno messo a punto dei sistemi di coltivazione indoor molto avanzati ed intensivi, in cui le vaschette, le canalette o i bancali possono essere disposti su più livelli, uno sull'altro, in sistemi di coltivazione "multistrato" (Graze Green, 2016), per produrre microortaggi anche in assenza di luce naturale (The Guardian, 2015), integrando o so-



stituendo interamente la radiazione solare con illuminazione fornita da lampade dotate di uno spettro di emissione idoneo per la fotosintesi delle piante. È importante sottolineare che, come per altre tipologie di ortaggi, anche per i microortaggi la disponibilità di un adeguato livello di radiazione luminosa (minimo  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  di fotoni fotosinteticamente attivi per le specie meno esigenti) è fondamentale per la qualità del prodotto. Quando si utilizza radiazione supplementare, la possibilità di modulare l'intensità e la qualità (lunghezza d'onda) della radiazione può essere sfruttata a livello commerciale anche per modificare e aumentare il valore nutrizionale dei microortaggi (Kopsell e Sams, 2013; Samuolienė *et al.*, 2013).

Uno degli aspetti più critici per la coltivazione dei microortaggi è rappresentato dalla scelta del substrato di coltivazione, il quale deve assicurare una porosità superiore all'85% del volume totale, rapporto tra macro e micro pori tale da garantire una buona capacità di ritenzione idrica (55-70% del volume totale) ed un buon livello di aerazione (20-30% del volume totale) (Abad *et al.*, 2001). Inoltre, il pH deve essere compreso tra 5,5 e 6,5, la conducibilità elettrica deve essere inferiore a  $500 \mu\text{S/cm}$  e non deve esserci la presenza di metalli pesanti e sostanze inquinanti.

In commercio sono disponibili numerosi substrati; la scelta è generalmente basata su:

- facile reperibilità a livello locale;
- costo ridotto;
- adeguate proprietà fisiche, chimiche e biologiche;
- compatibilità ambientale.

È possibile distinguere i substrati di coltivazione in organici, come ad esempio la torba e la fibra di cocco, e inorganici, generalmente inerti, come la perlite. Nel caso della fibra di cocco e di altri substrati organici che possono derivare da processi di compostaggio, è importante verificare che il contenuto di sali non sia elevato, perché una conducibilità elettrica elevata può limitare la germinabilità dei semi. Ad ogni modo, qualora in commercio non sia disponibile un substrato con le caratteristiche desiderate, si potrebbe procedere mescolando adeguate proporzioni di substrati differenti fino ad ottenere un miscuglio con caratteristiche fisico-chimiche ideali o comunque migliori di quelle fornite dai singoli substrati (Di Gioia *et al.*, 2015b). Tra i substrati appositamente sviluppati per la produzione di microortaggi occorre citare i tappetini costituiti da materiali fibrosi di recupero, che possono essere naturali (fibra di cocco, fibra di juta, fibra di cotone, fibra di alghe e polpa di cellulosa) o di sintesi (prodotti a partire da polietilene tereftalato - PET). Generalmente i tappetini sviluppati a livello commerciale hanno caratteristiche fisico-chimiche ben defi-

nite e standardizzate, con un buon equilibrio tra capacità di ritenzione idrica e capacità per l'aria ed una buona qualità igienico-sanitaria. Tuttavia, l'elevato costo dei substrati commerciali ha spinto molti produttori di microortaggi a ricercare materiali alternativi e a sviluppare il proprio substrato di coltivazione, la cui composizione è spesso segreta (Di Gioia *et al.*, 2015b).

Un altro aspetto fondamentale del processo di produzione dei microortaggi è la densità di semina. Tuttavia, se da un lato i produttori commerciali tendono ad aumentare la densità di semina per massimizzare la produzione dei microortaggi, occorre considerare che aumentando la densità di semina aumenta sensibilmente l'incidenza dei costi di produzione, si riduce il peso medio delle singole plantule e si favorisce l'allungamento degli steli che, essendo poco esposti alla luce e crescendo in condizioni microclimatiche caratterizzate da elevata umidità e scarsa circolazione di aria, possono essere facilmente soggetti a marciumi, con conseguente decadimento qualitativo. Indicativamente, la densità di semina può oscillare da 1 seme/cm<sup>2</sup> (per i semi più grandi, come cece, pisello, mais, ecc.) fino a 4 semi/cm<sup>2</sup> (per i semi più piccoli, come cima di rapa, broccolo, cavolfiore, cicoria) (Di Gioia *et al.*, 2015b). Ad ogni modo, i semi dovrebbero essere preventivamente selezionati, calibrati ed avere le seguenti caratteristiche:

- ottima purezza;
- germinabilità superiore al 95%;
- buon potere germinativo;
- non essere concitati con sostanze chimiche;
- non essere contaminati microbiologicamente.

Per evitare l'insorgere di patologie dovute a tossinfezioni alimentari, è opportuno provvedere al lavaggio e alla sanificazione superficiale dei semi (soprattutto per quelle specie caratterizzate da tegumenti corrugati) attraverso trattamenti chimici (ad esempio con soluzioni di ipoclorito di sodio o di calcio), fisici (ad esempio mediante irraggiamento) o combinati (Ding *et al.*, 2013). Inoltre, in alcuni casi potrebbe essere opportuno effettuare trattamenti di pre-germinazione, quali ad esempio *coldpriming*, *soaking*, *osmopriming*, *matrix priming* e *hydropriming*, che hanno in comune l'obiettivo di soddisfare, in condizioni controllate, le esigenze che il seme manifesta in termini di acqua, luce e ossigeno durante le prime fasi del processo germinativo fino all'emissione della radichetta, quando le condizioni ambientali possono risultare limitanti per la germinazione (Di Gioia *et al.*, 2015b).

La germinazione deve avvenire in assenza di luce, con temperatura idonea alla specie (15-25 °C) ed elevata umidità relativa (80-90%). Per la produzione dei

microortaggi il seme non ha bisogno di essere posto in profondità, anche per evitare che nel corso della germinazione la plantula sia sporcata dallo stesso substrato di coltivazione. Tuttavia, durante questa fase, il seme deve essere mantenuto umido, per facilitare la completa germinazione. Perciò, soprattutto nel caso di condizioni climatiche non ottimali per la germinazione, per due o tre giorni dopo la semina, le vaschette, le canalette o i bancali di coltivazione devono essere coperti, senza toccare i semi, utilizzando ad esempio un film plastico opaco, con l'obiettivo di aumentare la temperatura e quindi la velocità di germinazione e mantenere condizioni di elevata umidità nell'ambiente di germinazione. Una volta avvenuta la germinazione, la copertura deve essere rimossa. Ovviamente, le aziende commerciali hanno a disposizione camere di germinazione che assicurano il controllo delle condizioni climatiche e il mantenimento di condizioni ottimali per la germinazione dei semi (Di Gioia *et al.*, 2015b).

Durante la fase di germinazione può essere praticata una nebulizzazione dall'alto, mentre successivamente sono da preferire i sistemi per subirrigazione, per evitare di bagnare direttamente i giovani germogli, gli eccessi di umidità e limitare anche l'insorgenza di problemi fitosanitari (Treadwell *et al.*, 2010). Sebbene i microortaggi siano piccole plantule, la fertilizzazione è fondamentale per ottenere una buona produzione (Murphy e Pill, 2010). I nutrienti possono essere applicati in pre-semina, nel substrato di coltivazione, o dopo la completa germinazione attraverso una soluzione nutritiva. Alcune specie di microortaggi a crescita lenta (ad esempio carota, aneto, sedano e bietola) possono beneficiare della concimazione del substrato, mentre altre specie a crescita più rapida (ad esempio senape, crescione, cima di rapa, cavolo broccolo, ravanello), poiché germinano rapidamente ed esauriscono in tempi brevi le riserve nutritive contenute nel seme, possono avvantaggiarsi meglio della fertirrigazione dopo la germinazione. Una soluzione nutritiva che può essere utilizzata per la produzione commerciale di microortaggi su tappetini o substrati inerti è quella proposta da Hoagland (Hoagland e Arnon, 1950), ma con forza dimezzata, come proposto da Di Gioia *et al.* (2015b).

La raccolta può essere effettuata utilizzando delle forbici o diverse tipologie di lame, eseguendo il taglio delle plantule a pochi millimetri dalla superficie del substrato. In questa fase è importante evitare di asportare eventuali particelle di substrato. Per alcune specie, come ad esempio erba cipollina e bietola, risulta difficoltoso scartare i tegumenti dei semi poiché rimangono spesso uniti ai cotiledoni. Subito

dopo la raccolta, i microortaggi dovrebbero essere raffreddati, poiché altamente deperibili, e lavati adottando tutte le buone pratiche atte a preservare la qualità igienico-sanitaria degli ortaggi di IV gamma. Per il prodotto commercializzato con tutto il substrato di coltivazione si deve garantire comunque un'ottima qualità igienico sanitaria, pur non trattandosi di microortaggi di IV gamma. In tal caso il punto critico consiste nel disporre di un substrato dotato di una buona riserva idrica, in modo tale da permettere la sopravvivenza delle piantine per tempi più lunghi (Di Gioia *et al.*, 2015b).

A livello amatoriale i microortaggi possono essere coltivati utilizzando sistemi molto diversi tra loro ma comunque riconducibili alle tipologie già descritte per la produzione a livello commerciale. Tuttavia, avendo a disposizione meno mezzi tecnici e minori conoscenze tecniche, può essere preferibile usare substrati di coltivazione organici, dotati di nutrienti, in modo da utilizzare esclusivamente acqua per l'irrigazione. È importante sottolineare come la possibilità di produrre i microortaggi in maniera molto semplice, senza l'apporto di fertilizzanti e fitofarmaci, anche in spazi piccolissimi, come quello di un balcone o del davanzale di una finestra, rappresenta una vera rivoluzione per il crescente numero di persone desiderose di autoprodursi il cibo che consumano "a basso costo" ed "a metro zero" (Di Gioia *et al.*, 2015b).

### Qualità e sicurezza alimentare

Il concetto di qualità non è statico ma si evolve in relazione ai progressivi mutamenti dei gusti, degli stili di vita e delle esigenze dei consumatori (Santamaria *et al.*, 2009). Prendendo come riferimento la norma ISO 8402:1994, la qualità può essere definita come «l'insieme delle caratteristiche di un'entità che ne determinano la capacità di soddisfare esigenze espresse, implicite o obbligatorie». In tale definizione, quindi, sono compresi sia gli aspetti oggettivi, legati alle caratteristiche racchiuse in sé dal prodotto, sia gli aspetti soggettivi, cioè quelli che sono funzione delle esigenze specifiche dell'utilizzatore, nonché quelle caratteristiche imposte da norme.

Per i germogli risultano di primaria importanza gli aspetti inerenti l'ipocotile, come l'eziolatura, la lunghezza e lo spessore, tralasciando altri aspetti legati alla parte radicale ed ai cotiledoni (Price, 1988). A tal riguardo, già negli anni '80 Buescher e Chang (1982) indicavano che, al fine di avere germogli "ideali" di fagiolo Mung, fosse necessario avere un ipocotile con una spessore di almeno 2 mm ed una lunghezza superiore a 5 cm, trascurando la lunghezza

della radice. Altra caratteristica importante è la capacità del germoglio di conservare il turgore durante tutto il periodo di conservazione (Price, 1988), al fine di preservarne la consistenza al palato. È importante sottolineare che i germogli sono considerati alimenti di IV gamma, potenzialmente consumabili senza cottura o altro trattamento in grado di ridurre ad un livello accettabile il rischio associato alla trasmissione di tossinfezioni alimentari. Pertanto, le caratteristiche igienico-sanitarie dei germogli assumono un'importanza primaria nel concorrere alla qualità complessiva del prodotto. L'Autorità europea per la sicurezza alimentare (EFSA, 2011) ha adottato un parere scientifico sui rischi connessi all'*Escherichia coli* produttore di tossine Shiga (STEC) e ad altri batteri patogeni presenti nei germogli. Nel suddetto parere, l'EFSA afferma che, visto il tasso elevato di umidità e la temperatura favorevole durante il processo di germinazione, i batteri patogeni presenti nei semi essiccati si possono moltiplicare, costituendo un rischio per la salute pubblica. Pertanto, gli operatori del settore che producono semi germogliati dovrebbero cercare di mettere in atto misure aggiuntive di gestione della sicurezza alimentare all'interno di tutta la catena di produzione dei semi germogliati.

La qualità dei microortaggi è notevolmente influenzata dalle caratteristiche organolettiche, intese come l'insieme degli attributi percepiti attraverso il gusto e l'olfatto e le sensazioni conseguenti alla masticazione. In tale gruppo di caratteristiche possono rientrare gli attributi comunque rilevabili tramite gli organi sensoriali e quindi con il tatto (consistenza) e la vista (ad esempio, colore, forma, dimensione) (Santamaria *et al.*, 2009). Per i microortaggi, così come per i germogli, anche le caratteristiche nutrizionali rivestono un ruolo primario nell'identificazione del profilo di qualità. Tuttavia, avendo già discusso in precedenza delle caratteristiche nutrizionali per entrambe le tipologie di prodotto, appare opportuno identificare altri aspetti che possono contribuire all'identificazione delle caratteristiche qualitative dei microortaggi.

Il colore è una caratteristica fondamentale legata alla qualità degli ortaggi ed influisce fortemente sulle scelte del consumatore all'atto dell'acquisto di un prodotto. Nel caso dei microortaggi il colore, sia dello stelo sia dei cotiledoni e/o delle prime foglie vere, assume importanza primaria tanto che alcuni produttori propongono linee di prodotti eterogenei dal punto di vista cromatico oltre a denominare alcuni prodotti con nomi di fantasia che richiamano uno specifico colore (Koppert Cress, 2016b). A differenza dei germogli, un aspetto che rende i microortaggi particolar-

mente interessanti, anche dal punto di vista organolettico e gastronomico, è la possibilità di utilizzare specie e varietà caratterizzate da un'ampia gamma di forme e colori (verde, giallo, rosso, viola) sia delle foglie cotiledonari sia delle prime foglie vere (Di Gioia *et al.*, 2015). In alcuni casi, la contemporanea presenza dei cotiledoni e delle prime foglie vere si traduce in un aspetto visivo peculiare di alcune specie di microortaggi, come conseguenza della variegata presenza di forme e colori. Ad esempio, nel micro-basilico rosso i cotiledoni hanno la forma tipica delle Lamiaceae, inizialmente color porpora, che tendono a virare al verde con sfumature color porpora; le foglie vere hanno forma differente da quella del basilico comune ed assumono colorazioni variabili dal verde al porpora (fig. 1). Altro esempio sono i microortaggi o *shoots* di pisello contraddistinti da uno stelo cilindrico con foglie sessili, opposte e di colore verde con piccole screziature; in quasi tutte le varietà, le foglie sono accompagnate anche da piccoli viticci che rendono le plantule di pisello particolarmente eleganti (fig. 2).

Anche sapore, odore e consistenza sono fondamentali per l'accettabilità da parte del consumatore, tanto che le aziende che producono e commercializzano microortaggi sono costantemente alla ricerca di



Fig. 1 - Microortaggi di basilico rosso (*Ocimum basilicum* L.).  
Crediti fotografici: Di Gioia Francesco.

Fig. 1 - Microgreens of red basil (*Ocimum basilicum* L.). Photo credit: Di Gioia Francesco.



Fig. 2 - Microortaggi di pisello (*Pisum sativum* L.). Crediti fotografici: Di Gioia Francesco.

Fig. 2 - Microgreens or shoots of pea (*Pisum sativum* L.). Photo credit: Di Gioia Francesco.

nuove specie da coltivare, caratterizzate da sapori nuovi e particolari (Di Gioia *et al.*, 2015a).

Come per i germogli, anche per i microortaggi è importante assicurare elevati standard igienico-sanitari a partire dalla fase di coltivazione e fino al consumo del prodotto.

## Prospettive

Germogli e microortaggi, in quanto ricchi di sostanze nutritive altamente biodisponibili, ed essendo utilizzati prevalentemente crudi, rappresentano una tipologia di prodotto in grado di soddisfare le esigenze salutistiche dei consumatori più esigenti. Inoltre, soprattutto i microortaggi, nel loro “piccolo”, potrebbero contribuire alla salvaguardia e alla valorizzazione di molte varietà locali a rischio di erosione genetica attraverso la loro messa a coltura per la produzione di questa nuova categoria di prodotti, la cui coltivazione non richiede l'utilizzo di ibridi o varietà migliorate. Infatti, sebbene in commercio siano disponibili semi di ecotipi e varietà locali appositamente selezionati per produrre microortaggi, le specie e le varietà locali potenzialmente utilizzabili sono numerosissime ed il vasto patrimonio di agro-biodiversità di ogni area geografica rappresenta una risorsa enorme, tutta da esplorare, soprattutto per la produzione di microortaggi ad elevato valore nutrizionale (Di Gioia e Santamaria, 2015). Bisogna poi considerare che negli ultimi decenni, la selezione di varietà migliorate di ortaggi, per caratteristiche come l'elevata produttività, la qualità estetica e la durata post-raccolta, ha condotto ad un'indesiderata riduzione del sapore e del contenuto di nutrienti essenziali in diverse specie di ortaggi (Davis *et al.*, 2004; Ebert, 2015). Studi recenti hanno invece dimostrato che le varietà locali di ortaggi tradizionali, nonché le specie spontanee, sono spesso caratterizzate da una più elevata densità di nutrienti rispetto alle varietà commerciali, migliorate e diffuse a livello globale, e rappresentano una buona fonte di vitamine, micronutrienti essenziali ed altri fitonutrienti (Davis, 2009; Yang e Keding, 2009; Boari *et al.*, 2013). Pertanto, la produzione di germogli e microortaggi, a partire da varietà locali e specie spontanee, oltre a valorizzare risorse genetiche neglette ed a rischio di erosione genetica, potrebbe consentire l'ottenimento di nuovi alimenti freschi e ad alta densità di nutrienti (Ebert, 2014), in grado di soddisfare da una parte la richiesta di nuovi prodotti e di innovazione del settore agroalimentare e dall'altra le esigenze dei consumatori moderni sempre più attenti alla qualità e alle proprietà nutraceutiche degli alimenti (Di Gioia *et al.*, 2015). Non è da trascurare l'incre-

mento di consumatori che praticano un'alimentazione vegana o vegetariana, per i quali nuove referenze a base di germogli e microortaggi rappresenterebbero una maggiore disponibilità di alimenti in grado di scongiurare carenze vitaminiche.

Infine, ma non per minore importanza, occorre sottolineare che per la produzione di germogli e microortaggi occorrono elevate quantità di semi di buona germinabilità e costo ridotto, ed il seme delle varietà locali spesso ha queste caratteristiche.

## Conclusioni

Germogli e microortaggi rappresentano due ulteriori espressioni della biodiversità in orticoltura, che si aggiungono a quelle legate alla diversità genetica (inter e intraspecifica) e alla diversità degli agroecosistemi. Considerando la crescente domanda di mercato di nuovi prodotti, ed anche il continuo sviluppo dell'orticoltura urbana, germogli e microortaggi hanno notevole potenzialità di sviluppo. Ulteriori attività di ricerca sono necessarie al fine di approfondire e confrontare le caratteristiche nutrizionali di germogli e microortaggi, anche con l'obiettivo di esaltare alcune di queste caratteristiche e soddisfare soggetti con particolari esigenze dietetiche. Ad esempio, germogli e microortaggi potrebbero essere consigliati a chi ha la necessità di limitare il consumo di fibra alimentare senza impedire un'adeguata assunzione di vitamine, elementi minerali ed altri composti bioattivi utili per l'organismo umano. Inoltre, soprattutto per i microortaggi, le attività di ricerca potrebbero riguardare la sperimentazione di idonee tecniche colturali finalizzate all'arricchimento in determinati elementi minerali, con lo scopo di ottenere alimenti vegetali biofortificati, idonei per determinate categorie di persone. Se poi si considera l'aspetto altamente innovativo dei microortaggi commercializzati con tutto il substrato di coltivazione, ci si rende conto della scarsa presenza di informazioni in letteratura e della conseguente necessità di effettuare attività di ricerca per diversi aspetti: dalla scelta del più idoneo substrato di coltivazione che tenga conto, contemporaneamente, delle esigenze della plantula e della sicurezza igienico-sanitaria, fino all'uso di idonei materiali per il confezionamento e l'applicazione di processi di conservazione tali da garantire un'adeguata *shelf life*.

## Riassunto

Germogli e microortaggi rappresentano due espressioni della biodiversità in orticoltura, che si

aggiungono a quelle legate alla diversità genetica (inter- e intra-specifica) e alla diversità degli agroecosistemi. Sono due categorie di prodotti orticoli con peculiari caratteristiche organolettiche e nutrizionali che, tuttavia, si distinguono sia dal punto di vista biologico, sia per quanto concerne l'inquadramento merceologico. Dopo un'introduzione di carattere generale, in questo contributo vengono illustrate le specie utilizzate per la produzione di germogli e micro ortaggi, le caratteristiche nutrizionali, la tecnica di produzione, la qualità e la sicurezza alimentare, nonché le prospettive di ricerca e sviluppo di tali prodotti nel settore orticolo, con particolare riferimento al potenziale di salvaguardia e valorizzazione delle varietà locali e specie eduli spontanee.

**Parole chiave:** alimenti funzionali, coltura senza suolo, qualità nutrizionale, IV gamma, specie spontanee.

## Bibliografia

- ABAD M., NOGUERA P., BURES S., 2001. *National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: Case study in Spain*. Bioresource Technology 77:197-200.
- BOARI F., CEFOLA M., DI GIOIA F., PACE B., SERIO F., CANTORE V., 2013. *Effect of cooking methods on antioxidant activity and nitrate content of selected wild Mediterranean plants*. International Journal of Food Science and Nutrition 64: 870-876.
- BUESCHER R. W., CHANG J. S., 1982. *Production of mung bean sprouts*. Arkansas Farm Research 31(1): 13.
- CACCIOLA G., 2014. *L'orto dei germogli*. LSWR (Milano), pp. 208.
- COMMISSIONE EUROPEA, 2013. *Regolamento di esecuzione (UE) N. 208/2013 della Commissione dell'11 marzo 2013 recante le prescrizioni in materia di rintracciabilità per i germogli e i semi destinati alla produzione di germogli*. Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea 12.03.2013.
- COMMISSIONE EUROPEA, 2013a. *Regolamento (UE) N. 209/2013 della Commissione dell'11 marzo 2013 che modifica il regolamento (CE) n. 2073/2005 per quanto riguarda i criteri microbiologici applicabili ai germogli e le norme di campionamento per le carcasse di pollame e la carne fresca di pollame*. Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea 12.03.2013.
- COMMISSIONE EUROPEA, 2013b. *Regolamento (UE) N. 210/2013 della Commissione dell'11 marzo 2013 sul riconoscimento a norma del regolamento (CE) n. 852/2004 del Parlamento europeo e del Consiglio degli stabilimenti che producono germogli*. Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea 12.03.2013.
- COMMISSIONE EUROPEA, 2013c. *Regolamento (UE) N. 211/2013 della Commissione dell'11 marzo 2013 relativo alle prescrizioni in tema di certificazione per l'importazione nell'Unione di germogli e semi destinati alla produzione di germogli*. Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea 12.03.2013.
- DAVIS D. R., 2009. *Declining fruit and vegetable nutrient composition: what is the evidence?* HortScience 44: 15-19.
- DAVIS D. R., EPP M. D., RIORDAN H. D., 2004. *Changes in USDA food composition data for 43 garden crops, 1950 to 1999*. The Journal of the American College of Nutrition 23: 669-682.
- DI GIOIA F., MININNI C., SANTAMARIA P., 2015. *Ortaggi di Puglia, tra biodiversità e innovazione: il caso dei micro-ortaggi*. In: Il Giardino Mediterraneo (Volume II), Mario Adda Editore (Bari): 158-164.
- DI GIOIA F., LEONI B., SANTAMARIA P., 2015a. *La scelta delle specie da coltivare*. In: F. Di Gioia & P. Santamaria (Eds.), Microgreens, Eco-logica editore (Bari): 25-39.
- DI GIOIA F., MININNI C., SANTAMARIA P., 2015b. *Come coltivare micro-ortaggi*. In: F. Di Gioia & P. Santamaria (Eds.), Microgreens, Eco-logica editore (Bari): 51-79.
- DI GIOIA F., SANTAMARIA P., 2015a. *Micro-ortaggi, agro-biodiversità e sicurezza alimentare*. In: F. Di Gioia & P. Santamaria (Eds.), Microgreens, Eco-logica editore (Bari): 7-23.
- DI GIOIA F., SANTAMARIA P., 2015b. *Le proprietà nutrizionali dei micro-ortaggi*. In: F. Di Gioia & P. Santamaria (Eds.), Microgreens, Eco-logica editore (Bari): 41-47.
- DING H., FU T. J., SMITH M. A., 2013. *Microbial contamination in sprouts: how effective is seed disinfection treatment?* Journal of Food Science 78: 495-501.
- EBERT A.W., 2012. *Sprouts, microgreens, and edible flowers: the potential for high value specialty produce in Asia*. SEAVEG 2012 High Value Vegetables in Southeast Asia: Production, Supply and Demand, 216.
- EBERT A. W., 2014. *Potential of underutilized traditional vegetables and legume crops to contribute to food and nutritional security, income and more sustainable production systems*. Sustainability 6: 319-335.
- EBERT A.W., 2015. *High value specialty vegetable produce*. In: Handbook of Vegetables, Studium Press LLC (USA): 119-143.
- HELWEG R., 2011. *The Complete Guide to Growing and Using Sprouts: Everything You Need to Know Explained Simply: Including Easy to Make Recipes*. Atlantic Publishing Company, Ocala, FL (USA), pp. 288.
- HOAGLAND D. R., ARNON D. I., 1950. *The water-culture method for growing plants without soil*. California Agricultural Experiment Station, pp. 347.
- KOPSELL D. A., SAMS C.E., 2013. *Increases in shoot tissue pigments, glucosinolates, and mineral elements in sprouting broccoli after exposure to short-duration blue light from light emitting diodes*. Journal of the American Society for Horticultural Science 138:31-37.
- LA MALFA G., BIANCO V. V., 2006. *Agrobiodiversità nel settore orticolo: espressioni e nuove esigenze*. Italus Hortus 13 (2): 31-44.
- MARTON M., MÁNDOKI Z., CSAPO-KISS Z., CSAPO J., 2010. *The role of sprouts in human nutrition. A review*. Acta Universitatis Sapientiae 3:81-117.
- MBITHI S., VAN CAMP J., RODRIGUEZ R., HUYGHEBAERT A., 2001. *Effects of sprouting on nutrient and antinutrient composition of kidney beans (Phaseolus vulgaris var. Rose coco)*. European Food Research and Technology 212(2):188-191.
- MEYEROWITZ S., 2010. *Sprouts, the miracle food: the complete guide to sprouting*. Sproutman Publication (USA), pp. 204.
- MURPHY C. J., PILL W. G., 2010. *Cultural practices to speed the growth of microgreen arugula (roquette: Eruca vesicaria subsp. sativa)*. Journal of Horticultural Science & Biotechnology 85: 171-176.
- NAKAMURA Y., KAIHARA A., YOSHII K., TSUMURA Y., LSHIMITSU S., TONOGAI Y., 2001. *Content and composition of isoflavonoids in mature or immature beans and bean sprouts consumed in Japan*. Journal Health Science 47(4): 394-396.
- PRICE T. V., 1988. *Seed sprout production for human consumption - a review*. Canadian Institute of Food Science and Technology Journal 21(1): 57-65.
- SANTAMARIA P., SERIO F., VALENZANO V., 2009. *La qualità degli ortaggi*. In: Orticoltura, Centro di Ricerca e Sperimentazione in Agricoltura "Basile Caramia", Locorotondo (BA): 137-148.

- SAMOULIENĖ G., BRAZAITYTĖ A., SIRTAUTAS R., VIRŠILĖ A., SAKALAUŠKAITĖ J., SAKALAUŠKIENĖ S., DUCHOVSKIS P., 2013. *LED illumination affects bioactive compounds in Romaine baby leaf lettuce*. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 93:3286-3291
- SUN-LIM K., SUNG-KOOK K., CHEOL-HO P., 2003. *Introduction and nutritional evaluation of buckwheat sprouts as a new vegetable*. *Food Research International* 37:319-327.
- VAN HOFSTEN B., 1979. *Legume sprouts as a source of protein and other nutrients*. *Journal of the American Oil Chemistry Society* 56:382.
- XIAO Z., LESTER G. E., LUO Y., WANG Q., 2012. *Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens*. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 60: 7644-7651.
- XIAO Z., LESTER G. E., PARK E., SAFTNER R. A., LUO Y., WANG Q., 2015. *Evaluation and correlation of sensory attributes and chemical compositions of emerging fresh produce: Microgreens*. *Postharvest Biology and Technology* 110:140-148.
- YANG R.Y., KEDING G. B., 2009. *Nutritional contributions of important African indigenous vegetables*. In: *African indigenous vegetables in urban agriculture*, Earthscan (London): 105-144.
- Sitografia**
- A.VOGEL, 2016. BioSnacky. [http://www.avogel.it/ricerca-prodotti/prodotti/settore\\_alimenti/bio-snacky\\_germogliatore.php](http://www.avogel.it/ricerca-prodotti/prodotti/settore_alimenti/bio-snacky_germogliatore.php) (ultimo accesso 8 marzo 2016)
- EASYGREEN, 2016. Sprouters. [https://store.easygreen.com/Wheatgrass-Grower--Model-WP\\_p\\_132](https://store.easygreen.com/Wheatgrass-Grower--Model-WP_p_132). (ultimo accesso 8 marzo 2016)
- EFSA, 2011. *Parere scientifico sui rischi connessi all'Escherichia coli produttore di tossine Shiga (STEC) e ad altri batteri patogeni presenti nei semi e nei semi germogliati*. [http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/scientific\\_output/files/main\\_documents/2424.pdf](http://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/scientific_output/files/main_documents/2424.pdf) (ultimo accesso 9 marzo 2016)
- FRESH ORIGINS, 2016. <http://www.freshorigins.com/> (ultimo accesso 6 febbraio 2016)
- FRESH SPROUTS, 2016. GEO Sprouter. <http://freshsprouts.dk/geo-sprouter> (ultimo accesso 8 marzo 2016)
- FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, 1999. *Guidance for industry: Reducing microbial food safety hazards for sprouted seeds*. <http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/GuidanceDocumentsRegulatoryInformation/ProducePlantProducts/ucm120244.htm>. (ultimo accesso 7 marzo 2016)
- GERMOGLIVIVO, 2016. Prodotti. <http://www.germoglivivo.it/prodotti/> (ultimo accesso 5 febbraio 2016)
- GRAZE GREEN, 2016. FodderKing. <http://www.grazegreen.com/photos.html> (ultimo accesso 8 marzo 2016)
- KOPPERT CRESS, 2016. <http://greatbritain.koppertcress.com/> (ultimo accesso 6 febbraio 2016)
- KOPPERT CRESS, 2016a. [http://italy.koppertcress.com/sites/default/files/scarlet\\_cress\\_it\\_0.pdf](http://italy.koppertcress.com/sites/default/files/scarlet_cress_it_0.pdf) (ultimo accesso 10 marzo 2016)
- MR. FOTHERGILLIS, 2016. Kitchen Seed Sprouter. <http://www.mrfothergillis.com.au/sprouts-microgreens/kitchen-seed-sprouter.html> (ultimo accesso 8 marzo 2016)
- SPROUTMAN, 2016. Freshlife 3000 Automatic Sprouter. <https://sproutman.com/shop/sprouters/freshlife-3000-automatic-sprouter/> (ultimo accesso 8 marzo 2016)
- THE GUARDIAN, 2015. <http://www.theguardian.com/business/2015/sep/13/the-innovators-london-air-raid-shelters-sprout-a-growing-concern> (ultimo accesso 8 marzo 2016)
- TREADWELL D. D., HOCHMUTH R., LANDRUM L., LAUGHLIN W., 2010. *Microgreens: A new specialty crop*. University of Florida, IFAS, EDIS publ. HS1164. <https://edis.ifas.ufl.edu/hs1164> (ultimo accesso 6 febbraio 2016)
- USDA, 2016. National Nutrient Database for Standard Reference Release 28. [http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods?qllookup=sprouts&fgcd=Vegetables+and+Vegetable+Products&manu=&SYNCHRONIZER\\_TOKEN=8f3a7f5-0dc5-4c80-a725-c7d06e451c04&SYNCHRONIZER\\_URI=%2Fndb%2Ffoods](http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods?qllookup=sprouts&fgcd=Vegetables+and+Vegetable+Products&manu=&SYNCHRONIZER_TOKEN=8f3a7f5-0dc5-4c80-a725-c7d06e451c04&SYNCHRONIZER_URI=%2Fndb%2Ffoods)