

### 3. POSTRACCOLTA

Scheda realizzata da Luisa Ugolini (CREA CI); Luca Lazzeri (CREA CI); Sofia Mannelli (CVB) e Matteo Monni (ITABIA)

#### Difesa in fase di post-raccolta

##### 1. Premessa

*“La qualità sensoriale e nutrizionale di un frutto è il risultato della combinazione di numerosi fattori, non sempre riconducibili alla sola fase di produzione in campo, ma anzi relativi in forma rilevante alla corretta gestione del post-raccolta, dal campo fino alla tavola del consumatore. La conoscenza delle relazioni esistenti fra l’evoluzione dal processo di maturazione del frutto, dalla raccolta al consumatore finale prevedendo un successivo gradimento dello stesso, è quindi di fondamentale importanza per il successo commerciale del prodotto frutta” (73).*

##### 2. La conservazione dei prodotti ortofrutticoli

Durante la conservazione, i prodotti ortofrutticoli freschi possono subire l’attacco di microrganismi patogeni in grado di avviare processi di marcescenza, provocando ingenti perdite di prodotto con danni economici anche di rilievo. Le perdite in questa fase, infatti, oscillano da un minimo del 10-15%, nei paesi a tecnologia avanzata, ad oltre il 50% nei paesi in via di sviluppo. In Italia si aggirano mediamente intorno al 10% (73).

I fenomeni di maturazione/senescenza possono essere talvolta repentini, come nel caso dei lamponi o delle fragole, la cui shelf-life si valuta in ore (24-48), ma anche piuttosto lenti, come nel caso delle mele o delle arance, la cui durata è valutata nell’ordine delle settimane.

La tecnologia di conservazione refrigerata (definita nei suoi rapporti di durata, di temperatura, di tipo di atmosfera) riveste quindi un ruolo fondamentale per modulare i fenomeni di maturazione in post-raccolta e mantenere nel tempo un’elevata durabilità (shelf-life) delle produzioni, migliorandone la qualità merceologica ed organolettica nella fase di consumo.

Il controllo chimico delle derrate alimentari in fase di post raccolta è importante nella prevenzione del decadimento della qualità dei prodotti agricoli. In agricoltura convenzionale, fino a qualche anno fa, erano disponibili prodotti di sintesi (quali ad esempio l’anilinopyrimidine, il cyprodinil, il

phenylpyrrole e fludioxonil), che venivano applicati principalmente per il contenimento della muffa grigia nei prodotti ortofrutticoli. Questi prodotti generalmente svolgevano un'attività di inibitori sito specifici ma il continuo uso di queste molecole ha determinato crescenti fenomeni di resistenza (74) e la conseguente necessità di definire alternative sostenibili, in particolare nel settore dell'agricoltura biologica, dove i trattamenti fungicidi con prodotti di sintesi non sono ammessi.

Recentemente sono stati definiti alcuni metodi non convenzionali che hanno permesso di ottenere interessanti risultati, come ad esempio l'uso di composti naturali, induttori di resistenza - quali il chitosano (75), agenti microbici di biocontrollo (76) e metodi fisici, come ad esempio il pre-stoccaggio ipobarico (76) o il trattamento di bagnatura delle derrate con acqua a 45 °C per 15 minuti. (ad esempio, per la frutta fresca porzionata), anche se questa opzione è stata ad oggi ancora poco studiata ed applicata e solo alcuni studi hanno mostrato una limitata efficacia degli attuali prodotti naturali, ad esempio nel contenimento di *Botrytis cinerea* (responsabile della muffa grigia), su fragola. In questa categoria rientrano anche composti volatili con interessanti attività fungicide, tra i quali i composti bioattivi derivati dalle brassicacee (77).

In quest'ambito, molte sono le opportunità offerte dalla ricerca scientifica, in Italia molto attiva in questo settore, con risultati che vanno dalla definizione di nuovi additivi alimentari, già utilizzati nell'industria per la conservazione dei prodotti, ai trattamenti termici, alle radiazioni ultraviolette (UV), agli antagonisti microbici, ai prodotti antimicrobici naturali.

### 3. Prodotti, processi e contesto di applicazione

- **Additivi Alimentari**

Tra i prodotti alternativi ai mezzi chimici, sono da ricordare le sostanze definite come *Generally Regarded as Safe* (GRAS) dalla *US Food and Drug Administration* (FDA), comunemente utilizzate nell'industria alimentare: comprendono sia additivi per modificare colore, sapore, odore dei cibi, ma anche sostanze conservanti, per migliorare la conservabilità e la sicurezza igienica dei cibi, in quanto alcuni prodotti manifestano una significativa attività antimicrobica. La funzione di queste sostanze GRAS è di ritardare la germinazione delle spore dei patogeni soprattutto se in presenza di lesioni del tessuto vegetale, anche se non si può escludere un effetto di induzione di resistenza sull'ospite. Tra queste, i carbonati e bicarbonati di sodio e di potassio, i bicarbonati di ammonio e il sorbato di potassio hanno mostrato una buona attività nel contenimento di marciumi post-raccolta nei confronti di diverse specie ortofrutticole. In particolare, i bicarbonati di sodio e di potassio sono risultati efficaci nel ridurre i danni causati dai patogeni in agrumi, meloni, carote e peperone.

- **Trattamenti Termici**

I trattamenti post-raccolta con il calore su frutta e ortaggi al fine di controllare, non solo le alterazioni microbiologiche, ma anche le infestazioni dovute a larve di insetti sono stati utilizzati per molti anni, anche se solo recentemente sono tornati di interesse. L'approccio con il calore non lascia residui, è ben tollerato e può prevenire l'insorgenza anche di alterazioni di ordine fisiologico; per questo la tecnica della termoterapia è stata sviluppata per lavare e disinfettare simultaneamente prodotti freschi appena raccolti attraverso una veloce spazzolatura in acqua calda. Questo tipo di trattamento risulta particolarmente efficace nel contenimento dei funghi patogeni, in quanto le spore e/o il micelio che rimangono latenti negli strati cellulari più superficiali dei frutti si riattivano dopo un certo periodo di conservazione. Normalmente l'immersione ha breve durata e avviene a temperature relativamente elevate. Un ulteriore aspetto particolare della termoterapia è rappresentato dal condizionamento termico pre-conservazione, detto "curing", applicato a vari ortofrutticoli freschi, allo scopo di ridurre le infezioni da *Botrytis cinerea* (65-78).

Tale pratica consiste essenzialmente nel far sostare per un tempo specifico i frutti in aree ventilate a temperatura ambiente, che varierà in relazione alla temperatura esterna.

Il *curing*, oltre che a temperatura ambiente, può essere effettuato anche all'interno delle celle di conservazione a temperatura progressivamente decrescente.

La tecnologia prevede:

- a) lo stivaggio completo della cella con frutti anche appena sgocciolati dopo l'eventuale trattamento antibotritico,
- b) la gestione della temperatura per circa dieci giorni dalla raccolta come sotto specificato:
  1. 0 - 2° giorno: raccolta, trasporto, trattamento antibotritico (se previsto), stivaggio in cella con temperatura prefissata a 10°C e ventilazione continua, umidificatori (se presenti) fermi;
  2. 2° - 8° giorno: riduzione progressiva e graduale della temperatura da 8° a -0,5°C, ventilazione continua e umidificatori fermi.

- **Impiego delle radiazioni ultraviolette (UV)**

Da alcuni anni sono in corso ricerche sulla possibilità di utilizzare lampade ad emissione di UV-C come mezzo di lotta ai patogeni post-raccolta dei prodotti ortofrutticoli. È noto infatti che i microrganismi sono sensibili alle radiazioni ultraviolette, senza rilascio di residui a seguito della loro applicazione.

- **Atmosfera controllata**

Tra i fattori che possono influenzare il processo respiratorio del prodotto raccolto, particolare importanza assume la composizione atmosferica del luogo di conservazione. La sua modificazione permette di applicare un'atmosfera definita come controllata, generalmente con ridotti livelli di ossigeno e di anidride carbonica, in grado di consentire un significativo prolungamento della vita commerciale di un prodotto ortofrutticolo fresco, pur se con un costo più oneroso. Meno costoso e più semplice risulta l'utilizzo di un'atmosfera modificata al solo prodotto porzionato (79).

- **Antagonisti microbici**

Un'ulteriore alternativa all'uso dei prodotti di sintesi è rappresentata dagli antagonisti microbici (BCA, *Bio Control Agents*). Tra i BCA, in avanzata fase di studio sono alcuni lieviti e funghi lievitiforimi molto promettenti nel contenimento dei patogeni post-raccolta; infatti, presentano elevata azione antagonista, esplicata attraverso diversi meccanismi d'azione (produzione di molecole biologicamente attive, enzimi litici, competizione per spazio e nutrienti) e il loro impiego ha dato risultati positivi su più specie ortofrutticole (79).

La ricerca in questo settore vanta un numero considerevole di esperienze, sia su piccola scala che su scala più ampia, ed è giunta alla registrazione di prodotti commerciali definiti come biofungicidi (76).

- **Antimicrobici vegetali**

L'attività antifungina di alcuni composti presenti nelle componenti aromatiche dei prodotti vegetali o negli oli essenziali di spezie ed erbe comunemente usate per l'alimentazione umana sono considerati estremamente interessanti per la loro ridotta tossicità alle basse concentrazioni utilizzate. Inoltre, l'elevata volatilità unita alla scarsa solubilità in acqua rendono alcuni di questi composti particolarmente adatti a un'applicazione in fase di vapore (80).

Le piante sono infatti in grado di produrre diverse molecole bioattive ad azione antimicrobica, quali composti organici volatili, oli essenziali, prodotti di idrolisi dei glucosinolati, molecole ad azione antifungina, come quelle prodotte da *Chenopodium procerum*, *Citrus paradisi*, *Acacia nilotica* (81), *Pithecellobium dulce* (82), ecc..

Gli estratti vegetali contenenti molecole bioattive, quali la propoli, i jasmonati, i glucosinolati, gli oli essenziali, i composti fenolici e i composti volatili, rappresentano i prodotti ad azione antimicrobica maggiormente studiati.

Tra le sostanze antimicrobiche presenti nelle piante, gli isotiocianati, principali prodotti di idrolisi endogena dei metaboliti secondari glucosinolati, evidenziano interessanti prospettive di applicazione in post-raccolta. Questo gruppo di sostanze fitochimiche comprende una miscela di più di 130 differenti composti largamente presenti soprattutto nella famiglia delle Cruciferae (cavolfiori, cavoletti di Bruxelles, broccoli, ecc.) ma anche in quelle delle Capparaceae e delle Caricaceae (80).

L'attività antimicrobica dell'allil-isotiocianato (AITC) sui patogeni delle piante è ben nota ed è già stata dimostrata su fragola, sull'infezione da *Botrytis cinerea*, usando la tecnica della biofumigazione post-raccolta (84; 85).

Gli oli essenziali comprendono principalmente terpeni, aldeidi, chetoni, acidi grassi, fenoli, esteri ed alcoli e sono presenti in molte famiglie botaniche (Lamiales, Asterales, Rutales ed altre). Tali composti vegetali possono essere estratti da fiori, foglie, radici, legno, rizomi, frutti, corteccia, semi in quantità generalmente inferiore all'1% e mediamente dallo 0,01% al 2%. Le proprietà antimicrobiche sono generalmente correlate alla tossicità per contatto e per fumigazione con molecole bioattive.

L'attività biologica degli oli essenziali e dei loro costituenti può essere ad azione fungistatica e/o fungicida, a seconda della concentrazione impiegata e del tipo di patogeno. La minima concentrazione inibente (MIC) viene definita come la concentrazione della molecola bioattiva che determina un'azione fungistatica. Tale valore dipende da: specie microbiche, prodotti ortofrutticoli, specie/chemiotipo da cui viene estratto l'olio essenziale (diversa composizione chimica), solvente impiegato in fase di estrazione (86).

#### 4. Presenza di prodotti già disponibili sul mercato

- **Additivi Alimentari**

Additivi alimentari a base vegetale sono già disponibili sul mercato. La gommalacca (E904), ad esempio, è un polimero naturale caratterizzato da una composizione chimica simile a quella dei polimeri sintetici (è considerata quindi una bioplastica). Viene ottenuta dalla secrezione di un insetto, la *Kerria lacca*, che cresce nelle foreste thailandesi. Questo additivo alimentare (in passato era utilizzato per produrre i dischi per il grammofono), usato come agente lucidante per pillole e caramelle, viene anche applicata come rivestimento della frutta per limitare il deperimento dopo la raccolta.

L'acido sorbico (E200), un noto conservante di origine naturale, prodotto anche per via sintetica, presenta una ridotta tossicità ed è quindi considerato un conservante sicuro utilizzato in dosi ridotte (0,2 mg/kg). L'acido sorbico è infatti noto come inibitore di lieviti e muffe, utilizzato anche in pasticceria e, più in generale, in gastronomia, oltre che nei trattamenti post raccolta (86).

Il sorbato di potassio ed il benzoato di sodio sono risultati gli additivi maggiormente efficaci nel controllo del marciume bruno sulle nettarine.

Ampiamente utilizzato è anche l'acido ascorbico (prodotto presente anche nella lista dei

corroboranti, cfr. scheda 1.c), prodotto commerciabile in Italia sotto forma di “Cover foglia verde” della *Decco Natur*, composto da una miscela acido citrico e di additivi alimentari ([/www.deccoitalia.it/portfolio/ortive/](http://www.deccoitalia.it/portfolio/ortive/)).

Vi sono anche altri corroboranti ad azione antifungina da utilizzare in post-raccolta, come *Protege* della *Decco Natur*. *Protege* è a base di sale monosodico dell'acido carbonico e biossido di silicio, ed è indicato nei processi di lavorazione della frutta ([www.deccoitalia.it/portfolio/protege/](http://www.deccoitalia.it/portfolio/protege/)).

- **Microrganismi antagonisti**

A questa categoria si ascrivono molti prodotti commerciali e, tra questi, lo *Shemer*® (*AgroGreen*, Asgdod, Israele), a base del lievito *Metschnikovia fructicola*, commercializzato contro le malattie delle patate dolci e delle carote. In Canada, la *Neova Technologies* (Abbotsford, British Columbia) sta sviluppando un prodotto a base di *Candida saitoana*, le pomacee sono infatti altamente suscettibili alla decomposizione post-raccolta da parte di vari funghi. I decadimenti più comuni risultanti in importanti perdite economiche sono causate dal *Penicillium expansum*, dalla *Botrytis cinerea*, dalla *Monilinia fructicola*, dal *Colletotrichum spp.*, *Mucor piriformis* e *Rhizopus spp.* Inoltre alcuni agenti patogeni responsabili del decadimento (ad es. *P. expansum*) producono metaboliti secondari tossici che hanno effetti nocivi sulla salute umana. Fungicidi sintetici sono stati utilizzati per proteggere i frutti dagli agenti patogeni post-raccolta. Gli agenti di biocontrollo (BCA) sono un'alternativa promettente ai fungicidi chimici. Diversi batteri, lieviti e muffe tra cui membri del *Bacillus*, *Pantoea*, *Pseudomonas*, *Candida*, *Cryptococcus*, *Filobasidium*, *Kloeckera*, *Metschnikowia*, *Pichia*, *Rhodotorula*, *Sporobolomyces*, *Aureobasidium* e i generi *Trichoderma* hanno dimostrato di possedere attività di biocontrollo contro vari agenti patogeni post-raccolta. Combinazioni di BCA e l'applicazione di un BCA in seguito ad un altro trattamento hanno prodotto un aumento degli effetti protettivi contro gli agenti patogeni. In Italia esistono diversi formulati commerciali autorizzati e disponibili sul mercato, quali ad esempio: *AQ10*® (*Biogard*), a base del fungo *Ampelomyces quisqualis*, utilizzato per combattere l'oidio della vite; *Trianum-P*® (*Koppert*) a base del fungo *Trichoderma harzianum* T-22, utilizzato su diversi prodotti ortofrutticoli contro parassiti quali *Pythium spp.*, *Rhizoctonia spp.*, *Fusarium spp.*, *Cylindrocladium spp.*, *Thielaviopsis spp.*; *Botector*® (*Manica*), a base di *Aureobasidium pullulans*, contro la botrite di vite, fragola, piccoli frutti e pomodoro; *Amylo-x*® (*Biogard*) fungicida e battericida microbiologico a base di *Bacillus amyloliquefaciens* utilizzato su uva, fragola, pero e melo.

## 5. Limiti dell'applicazione

I limiti di applicazione dipendono largamente dal tipo di tecnica adottata, dal prodotto su cui viene applicato e dal patogeno target della tecnica. Le maggiori problematiche riguardano la possibile insorgenza di effetti fitotossici e l'alterazione delle proprietà organolettiche del prodotto trattato. Si rende quindi necessario porre particolare attenzione nell'ottimizzazione delle dosi dei composti bioattivi considerati, dei tempi di trattamento e della modalità di applicazione. Un approccio di tipo olistico e un programma di gestione integrato permettono di ottenere i risultati migliori in termini di riduzione delle perdite in post-raccolta e nello stesso tempo limitano gli effetti collaterali sui prodotti agricoli e la comparsa di fenomeni di resistenza da parte dei patogeni target.

## Bibliografia

- 73) Metodi innovativi di gestione dei frutti nella fase post-raccolta - rete interregionale per la ricerca Agraria, forestale, acquacoltura e pesca. Progetto Regione Emilia Romagna, Il progetto "Frutticoltura Post-raccolta" Paolo Bertolini - CRIOF, Università degli Studi di Bologna Daniele Missere - Centro Ricerche Produzioni Vegetali.
- 74) Resistance to Cyprodinil and Lack of Fludioxonil Resistance in Botrytis cinerea Isolates from Strawberry in North and South Carolina - Dolores Fernández-Ortuño, Fengping Chen, Guido Schnabel -Fecha de publicación 2013/1
- 75) Romanazzi G., Feliziani E., Santini M., Landi L., 2013. Effectiveness of postharvest treatment with chitosan and other resistance inducers in the control of storage decay of strawberry. *Postharvest Biology and Technology* 75, 24-27
- 76) Effect of chitosan and its derivatives as antifungal and preservative agents on postharvest green asparagus – Miao Qiu; Chu Wu; Gerui Ren; Xinle Liang; Xiangyang Wang and Jianying Huang - *Food Chemistry* Volume 155, 15 July 2014, Pages 105-111
- 77) Control of postharvest grey mould (*Botrytis cinerea* Per.: Fr.) on strawberries by glucosinolate-derived allyl-isothiocyanate treatments. Luisa Ugolini – Luca Lazzeri - Lorenzo D'Avino Marta Mari Camilla Martini - *Postharvest Biology and Technology* - Volume 90, April 2014, Pages 34-39
- 78) Delaquis, Pascal & Mazza, G. (1995). Antimicrobial properties of isothiocyanates in food preservation. *Food Technology*. 49. 73-84.
- 79) Postaraccolta dei prodotti ortofrutticoli freschi – Università di Bari. <http://www.agr.uniba.it/pdf/ortofrutticoli.pdf>
- 80) Accademia dei Georgofili. Marta Mari\*, Antonio Ippolito\*\* Malattie degli ortofrutticoli in post-raccolta. <http://www.georgofili.net/File/Get?c=25918261-0697-4eb2-a3b6-7ecb533707f6>.
- 81) Tripathi G, et al. (2002) Gcn4 co-ordinates morphogenetic and metabolic responses to amino acid starvation in *Candida albicans*. *EMBO J* 21(20):5448-56;
- 82) Bautista-Baños, Silvia & Hernández-López, Mónica & Bosquez-Molina, E. (2003). Growth Inhibition of Selected Fungi by Chitosan and Plant Extracts. *Mex. J. Phytopathol.* 22.
- 83) Postharvest application of brassica meal-derived allyl-isothiocyanate to kiwifruit: effect on fruit quality, nutraceutical parameters and physiological response. Luisa Ugolini<sup>1</sup> • Laura Righetti<sup>1</sup> • Katya Carbone<sup>2</sup> • Roberta Paris<sup>1</sup> • Lorena Malaguti<sup>1</sup> • Alessandra Di Francesco<sup>3</sup> • Laura Micheli<sup>4</sup> • Mariano Paliotta<sup>2</sup> • Marta Mari<sup>3</sup> • Luca Lazzeri
- 84) Brassica meal-derived allyl-isothiocyanate postharvest application: influence on strawberry nutraceutical and biochemical parameters - Running title: Allyl-isothiocyanate influence on strawberry nutraceutical and biochemical parameters Luisa Ugolini, Eleonora Pagnotta, Roberto Matteo, Lorena Malaguti, Alessandra Di Francesco, Luca Lazzeri.
- 85) Gli oli essenziali nella difesa in post-raccolta dei prodotti frutticoli Davide Spadaro, Jorge Giovanni Lopez-Reyes, Maria Lodovica Gullino, Angelo Garibaldi. <http://www.aipp.it/UserFiles/File/Incontri%20Fitoiatrici%202012/Incontri-fitoiatrici-2012-Spadaro-LopezReyes-Garibaldi-Gullino.pdf>
- 86) [www.gasbo.it/content/le-sostanze-usate-nei-trattamenti-post-raccolto](http://www.gasbo.it/content/le-sostanze-usate-nei-trattamenti-post-raccolto)