

Determinanti della qualità delle produzioni ortofrutticole

Bruno Mezzetti*¹, Cherubino Leonardi²

¹Dipartimento di Scienze Ambientali e delle Produzioni Vegetali, Università Politecnica delle Marche
Via Brece Bianche, 60100 Ancona

²Dipartimento di Ortoflorocarboricoltura e Tecnologie Agroalimentari, Università di Catania
Via Santa Sofia 98/C, 95123 Catania

SOI - Società di Orticola Italiana

Riassunto

L'obiettivo qualità rappresenta sicuramente uno dei cardini attorno cui ruota la produzione ortofrutticola moderna, che si mostra sempre più incline a produrre secondo elevati standard qualitativi. Alle caratteristiche qualitative "tradizionali" oggi, se ne affiancano altre, legate a nuove esigenze da parte dei consumatori che sono sempre più interessati ad una dieta basata sul consumo di ortofrutta senza residui di pesticidi e con un alto valore nutrizionale. Nell'ambito di un possibile programma di qualificazione delle produzioni ortofrutticole, risulta quindi fondamentale uno studio dei determinanti della qualità secondo un approccio euristico, idoneo ad individuare il contributo dei singoli fattori nel determinare la qualità del prodotto. Le conoscenze genetiche applicate a diverse tecniche di costituzione varietale rappresentano sicuramente la base per la creazione di variabilità utile al miglioramento della qualità senza però limitare la produttività colturale. Sotto il profilo agronomico, le opportunità offerte da una gestione sostenibile dei fattori della produzione, orientata verso il miglioramento di uno o più parametri di qualità, sono senz'altro numerose e riconducibili, ora al miglioramento della interazione pianta-ambiente, ora ad un più mirato input dei mezzi di produzione, ora alla induzione di condizioni di stress di natura diversa. Anche le tecniche del post-raccolta risultano ora sempre più importanti per garantire che la qualità ottenuta in campo sia garantita fino al consumatore. In considerazione di tale articolazione e facendo riferimento ad alcune colture modello si cercherà di delineare un quadro volto ad evidenziare, con riferimento ai principali determinanti, le potenzialità in tema di qualificazione delle corrispondenti produzioni.

Parole chiave: parametri di qualità, nutraceutica, genotipo, ambiente, sistemi di produzione.

Summary

QUALITY DETERMINANTS OF FRUIT AND VEGETABLES PRODUCTIONS

Nowadays, the main goal for modern horticultural production is the increase of quality. Furthermore, in consideration of the new consumer demand, always more attracted by a diet based on a larger consumption of fruit and vegetables without risks of pesticides residues and with increased nutritional value, new important features in addition to the traditional quality attributes are now requested. For a program of qualification and valorisation of modern horticultural productions, it is fundamental a study of the major quality determinants organized by following a heuristic approach useful to identify the contribution of each factor in defining the quality of the product.

The genetic knowledge applied to all available techniques useful for the creation of new genetic variability surely represent the most important starting point for the release of new varieties with increased nutritional quality without limitation in plant productivity. About agronomic practices, new opportunities are offered by the sustainable management of the production factors able to improve the plant-environment interaction, to well address the reduction of inputs needed for the production, and finally to induce specific stress conditions able to promote higher quality at reduced inputs. Much more attention is also addressed to the post-harvest technologies, this because of the increased needs to guarantee the preservation of the high quality obtained in the field until the consumer use. Taking in account such complexity of the horticultural production systems and examples of some major model crops, an outlook of the main determinants and potential valorisation of high quality horticultural products are attempted.

Key-words: quality parameters, nutraceuticals, genotype, environment, production system.

* Autore corrispondente: tel.: +39 071 2204933; fax: +39 071 2204933. Indirizzo e-mail: b.mezzetti@univpm.it

Introduzione

La qualità dei prodotti ortofrutticoli è comunemente definita come “l’insieme delle caratteristiche di un prodotto in grado di soddisfare le esigenze del consumatore determinandone il valore” (Peri, 2004). La qualità viene distinta tra “qualità strutturale e qualità funzionale”: la prima si riferisce alle caratteristiche intrinseche di un prodotto (es. contenuto zuccherino di un frutto); la seconda, riguarda l’esplicitazione di queste caratteristiche nei confronti dell’utilizzatore del prodotto (es. gusto dolce del frutto). Più recentemente si parla pure di “qualità globale”, espressione che racchiude molteplici significati in cui coesistono più aspetti riguardanti oltre che il prodotto, anche al processo.

La qualità, anche per i prodotti ortofrutticoli, rappresenta una problematica ampia e complessa, che coinvolge diverse figure. La questione andrebbe pertanto studiata e discussa con riferimento a tutti i fattori che concorrono alla sua estrinsecazione, tenendo in considerazione il punto di vista delle più importanti figure della filiera, all’interno della quale è possibile identificare: l’operatore agricolo, il commerciante/distributore ed il consumatore. Tali figure esprimono, com’è intuitivo, obiettivi e punti di vista talora contrastanti.

Il consumatore è comunque il soggetto economico maggiormente coinvolto nella fruizione della qualità; il soddisfacimento delle sue richieste rappresenta pertanto l’aspetto imprescindibile in una produzione che da *market oriented* è divenuta *consumer oriented*.

Per il consumatore il concetto di qualità coinvolge, oltre ai fattori prioritari per le altre figure della filiera (es. aspetto esteriore, integrità, ecc.), anche fattori derivanti da stimoli organolettici (es. sapore, tatto) o da aspettative salutistiche (reali o virtuali) associate ad una salubrità (es. produzioni biologiche) o al contenuto di sostanze nutraceutiche.

L’obiettivo qualità rappresenta comunque un aspetto che interessa sempre più le produzioni destinate al consumo moderno. Tale obiettivo può essere perseguito attraverso il miglioramento di uno o più attributi di qualità; la questione appare tuttavia assai complessa se si considera la rilevante articolazione che caratterizza il comparto ortofrutticolo dal punto di vista culturale, genetico, merceologico, pedoclimatico,

agronomico e tecnico. D’altra parte, le caratteristiche di qualità oggetto di attenzione, nel quadro della qualificazione delle produzioni, possono variare ed assumere un’importanza differente in funzione della destinazione del prodotto.

Le caratteristiche di qualità dei prodotti ortofrutticoli

I prodotti ortofrutticoli rappresentano un vasto gruppo di prodotti agricoli largamente utilizzati a scopo alimentare, soprattutto allo stato fresco. La loro qualità è espressa da differenti attributi che possono essere ricondotti alle caratteristiche: organolettiche, nutrizionali, igienico-sanitarie, commerciali (La Malfa, 1988).

Caratteristiche organolettiche. Riguardano tutte le proprietà percepibili dai nostri sensi; quelle di maggior rilievo sono rappresentate dal sapore e dalla consistenza. Il primo, nel caso dei frutti (es. pesche, melone, ecc.), è determinato essenzialmente dal contenuto in zuccheri ed acidi organici. Il sapore riassume in se anche la componente degli aromi tipici di ciascun prodotto percepiti direttamente, nel caso di composti volatili, ed anche attraverso l’olfatto; esso è sostenuto da sensazioni complesse e pertanto di difficile parametrizzazione. I composti responsabili dell’aroma (ne sono stati identificati circa 100) fanno riferimento ad idrocarburi, composti idrogenati, carbonili, acetali e chetali, acidi, esteri, lattoni, eteri, composti solforati, composti azotati e composti clorurati.

Il sapore tipico di diversi prodotti può essere determinato da un solo o da un numero ridotto di composti (es. cetriolo e cipolla). Alcuni composti, possono dar luogo a sapori ed aromi non desiderabili che quindi condizionano negativamente la qualità; esempi significativi sono il sapore amaro dei cetrioli per la presenza della cucurbitacina e la piccantezza del peperone per la presenza di capsicina.

La consistenza è una caratteristica complessa riconducibile ad un insieme d’attributi meccanici che possono essere divisi in primari (durezza, coesione, viscosità, elasticità, adesività) e secondari (friabilità, masticabilità, gommosità). Si tratta di attributi meccanici derivanti dai rapporti tra alcuni composti cellulari (es. enzimi, amido e fitina), dalla pressione di turgore, dal-

le proprietà della parete cellulare e dalla forza dei legami tra cellule contigue. Le conoscenze circa la consistenza degli ortaggi e dei prodotti vegetali in genere è di notevole interesse pratico anche per stabilirne il momento ottimale di raccolta, per verificarne il comportamento nella fase di conservazione, per valutarne l'attitudine alla manipolazione e la resistenza alle sollecitazioni meccaniche. Tra le caratteristiche organolettiche più importanti ai fini dell'accettabilità da parte del consumatore va richiamata, inoltre, la succosità, da cui dipende, in parte, la maneggevolezza e la serbevolezza dei frutti.

Caratteristiche nutrizionali. Fanno riferimento alla composizione chimica ed al contenuto in sostanze nutritive dei prodotti; non sono percepibili dal consumatore e di conseguenza scarsamente valutabili al momento dell'acquisto. Tradizionalmente la composizione ha assunto rilievo per la valutazione dei prodotti destinati alla lavorazione industriale. In passato, per il prodotto destinato al consumo allo stato fresco, solo occasionalmente le caratteristiche nutrizionali reali (es. carotene e carota) o presunte (es. ferro disponibile e spinacio) hanno orientato il consumo. Più recentemente esse sono state tenute in considerazione in rapporto alla crescente attenzione che è scaturita dalla consapevolezza dell'importanza dei prodotti ortofrutticoli per la regolazione dell'attività metabolica e per l'azione protettiva dovute alla presenza di sali minerali, di vitamine, di alcuni aminoacidi essenziali, di fibra grezza e di sostanze ad azione antiossidante.

Caratteristiche igienico-sanitarie. I prodotti ortofrutticoli, analogamente ad altri prodotti alimentari, possono essere destinati all'alimentazione soltanto se non determinano condizioni di danno o di rischio sanitario per il consumatore. Proprio per questo, le caratteristiche igienico-sanitarie hanno un'importanza fondamentale rispetto alle altre, poiché in questi ultimi tempi i prodotti ortofrutticoli, ritenuti da sempre alimenti genuini, sono sempre più frequentemente chiamati in causa per possibili alterazioni delle loro caratteristiche igienico-sanitarie conseguenti all'intensificazione del processo produttivo che caratterizza i sistemi di coltivazione e commercializzazione moderni. Per evitare danni o rischi sanitari per il consumatore, i prodot-

ti ortofrutticoli non devono veicolare fattori fisici, chimici e biologici dannosi, in quantità tali da determinare nell'uomo l'insorgenza di stati patologici. Le più frequenti condizioni di rischio igienico-sanitario, possono derivare dalla presenza di: microrganismi patogeni; residui di contaminanti presenti nell'atmosfera; costituenti naturali elaborati dalle piante; sostanze chimiche utilizzate nella coltivazione e relativi prodotti metabolici. A quest'ultimo riguardo va ricordata la presenza di residui di agrofarmaci e di nitrati e nitriti, in riferimento ai quali vi sono opportune normative che stabiliscono i residui massimi ammissibili sui diversi prodotti.

Caratteristiche commerciali. Comprendono tutti quei parametri presi in considerazione ai fini della classificazione mercantile dei prodotti secondo le norme definite a livello comunitario. Tranne rare eccezioni (es. solidi solubili nel melone), si tratta di parametri esteriori sulla base dei quali il prodotto viene classificato in categorie più o meno omogenee, che assumono importanza negli scambi commerciali.

Il potere antiossidante

Le aspettative del consumatore possono essere raggruppate in tre grandi categorie: una comprende l'aspetto e la presentazione dei prodotti, per i quali sono determinanti il *packaging*, l'omogeneità di presentazione, di pezzatura, di forma e di colore; un'altra riguarda il sapore e quindi le caratteristiche organolettiche; infine, una terza categoria riguarda la salubrità (Crisosto, 2002).

Come accennato, tra i consumatori vi è sempre più la consapevolezza che il consumo costante di frutta e verdura possa recare beneficio alla salute, soprattutto grazie alla spiccata attività antiossidante esercitata a livello cellulare (McGhie et al., 2002). È stato provato che una dieta ricca di frutta e verdura è in grado di offrire una fondamentale protezione contro alcune delle patologie più diffuse, quali malattie cardiovascolari, cancro e molte altre patologie di tipo degenerativo legate all'invecchiamento (Ames et al., 1993; World Cancer Research, 1997; World Health Organization, 1990; Willett, 1999).

Tali possibili benefici hanno stimolato la ricerca ad individuare ed esaltare le proprietà an-

tiossidanti di frutta e verdura. Le componenti antiossidanti più importanti, oltre la vitamina C, la vitamina E ed i carotenoidi, comprendono sostanze fenoliche, flavonoidi ed antociani. Alcuni minerali sono altrettanto importanti perché componenti essenziali di enzimi con azione antiradicalica (es. manganese, molibdeno, rame, selenio, zinco).

I composti ad azione antiossidante possono agire singolarmente o interagire fra loro producendo un effetto sinergico. In considerazione di ciò, l'attenzione della ricerca è stata di recente rivolta alla quantificazione della capacità antiossidante totale (CAT) (Benzie et al., 1996; Deighton et al., 2000; Finley, 2005; Re et al., 1999; Battino e Mezzetti, 2007). Il carattere CAT è fortemente influenzato dal tipo di frutto, dalla specie e dalla varietà, ma anche dalle condizioni di coltivazione, dalle condizioni ambientali, dalla durata e dalle tecniche di conservazione del frutto (Guo et al., 2003; Giorgi et al., 2005, Scalzo et al., 2005a). Ad esempio, tra le specie frutticole la capacità antiossidante è sicuramente più elevata nei piccoli frutti rispetto alle altre specie. Al riguardo il mirtillo, per l'elevato contenuto di antocianine che lo caratterizza, è assai noto per la sua capacità antiossidante (Prior et al., 1998; Ehlenfeldt e Prior, 2001). L'elevata capacità antiossidante della fragola di bosco, del lampone e della fragola coltivata, è un'ulteriore conferma del primato dei piccoli frutti rispetto alle altre specie da frutto. Per contro, i frutti per i quali vi è un consumo più significativo (es. l'albicocca, la pesca, la mela, il kiwi e la ciliegia) manifestano un potenziale antiossidante più contenuto (Pellegrini et al., 1999; Guo et al., 2003; Scalzo et al., 2005a).

Occorre tuttavia sottolineare che se da una parte la quantificazione della capacità antiossidante totale consente di definire i benefici di un determinato prodotto sulla salute, tale informazione non permette di chiarire le relazioni di causa ed effetto tra le varianti di processo ed il contenuto delle singole sostanze attive. Si tratta, infatti, di sostanze che sono contenute in misura variabile nei diversi prodotti ortofrutticoli (Brat et al., 2006; Guo et al., 2003; Halvorsen et al., 2002).

La qualità in funzione delle varianti di processo

I fattori che condizionano la qualità dei prodotti possono essere considerati tanti quanti quelli

che controllano il livello delle rese. Il loro effetto sui diversi parametri di qualità si può manifestare in maniera diversa e talora contrastante. Nell'ambito della medesima coltura la variabilità della qualità dei prodotti dipende da fattori di ordine genetico, da fattori ambientali, dalle agrotecniche e da fattori attinenti la fase di raccolta e di post raccolta. In generale si tratta di fattori che possono avere riflessi diretti o indiretti in rapporto alla loro influenza sui processi di assimilazione, sull'assorbimento idrico, sullo stato nutrizionale e sulla ripartizione dei fotosintati nelle porzioni eduli della pianta.

Fattori genetici

Per diverse colture ortofrutticole la scelta del genotipo ha da sempre costituito un aspetto di primaria importanza in rapporto ai riflessi sulle caratteristiche di qualità del prodotto che derivano dalla continua diffusione di nuove cultivar, dotate di un elevato potenziale produttivo o idonee a far fronte a specifiche condizioni di stress. L'elevato tasso di rinnovamento varietale, che interessa in misura più o meno rilevante le principali colture ortofrutticole, si traduce in genere in una significativa articolazione dell'assetto biologico che può comportare alcune difficoltà per il produttore nella fase di scelta e di gestione colturale dei diversi genotipi, ma soprattutto per il consumatore che è sempre più disorientato nel riconoscere il prodotto adeguato alle sue aspettative.

La variabilità del profilo qualitativo in funzione del genotipo ha sicuramente rappresentato una delle più immediate strategie per la produzione di genotipi dotati di caratteristiche di qualità più rispondenti alle specifiche esigenze espresse dai consumatori. Tuttavia, nell'ambito di un programma di miglioramento genetico, l'obiettivo qualità è considerato assai oneroso per la complessità dei caratteri che talvolta sono coinvolti. Nel caso di programmi rivolti ad esaltare la qualità nutrizionale, ad esempio, occorrerebbe in primo luogo conoscere i processi che determinano l'efficacia del/dei composto bioattivi, quindi occorre identificarli chimicamente e ancora risulta necessario verificare la loro stabilità nelle varie fasi di conservazione, eventuale trasformazione e commercializzazione del prodotto (Finley, 2005).

La qualità nutrizionale di diverse specie ortofrutticole può essere esaltata tramite un ap-

proccio di miglioramento genetico tradizionale solo se sono disponibili risorse genetiche in grado di fornire validi progressi nelle diverse generazioni d'incrocio. Al riguardo, per alcune specie quali mirtillo e lampone, esistono studi che dimostrano l'ereditabilità di caratteri legati alla capacità nutrizionale dei frutti, dipendente dal contenuto in polifenoli e antociani (Connor et al., 2002; Connor et al., 2005).

Nel caso delle piante arboree vi sono alcune difficoltà che rendono particolarmente lungo ed oneroso il perseguimento di obiettivi specifici che sono da ricondurre oltre che all'elevata eterozigosi e alla complessa biologia fiorale, anche alla durata del ciclo produttivo. Un approccio basato sull'ingegneria genetica, sebbene con le attuali riserve, può rappresentare una possibilità più immediata (Scalzo et al., 2005b; Gentile e Mezzetti, 2007). L'approccio transgenico è già stato applicato con successo per aumentare il valore nutrizionale di importanti specie coltivate, come ad esempio il riso (Paine et al., 2005) e il pomodoro (Davoluri et al., 2005). Si tratta però di miglioramenti della qualità che risultano talora associati ad alcuni effetti negativi (Gilberto et al., 2005). Questi risultati evidenziano quindi la possibilità di utilizzare tali tecnologie per aumentare il contenuto di specifiche componenti bioattive delle piante, tuttavia la manipolazione dei diversi metabolismi non è ancora così facile da realizzare anche in rapporto all'interferenza cui le piante sono sottoposte nel corso della fase di fruttificazione.

Fattori climatici

Il decorso e la variabilità delle condizioni climatiche che caratterizzano gli areali maggiormente interessati alle produzioni ortofrutticole rappresentano indubbiamente fattori determinanti il profilo qualitativo dei prodotti (Crisosto et al., 1984). Il processo di fruttificazione può infatti avere luogo in condizioni estremamente diversificate per ciò che attiene a quei fattori del clima che possono avere riflessi sui processi di assimilazione e sullo stato nutrizionale della pianta (per es. temperatura, luce, umidità, condizioni pedologiche) (Anttonen et al., 2006). La realizzazione di condizioni climatiche differenti può d'altra parte scaturire dalla coltivazione in ambiente protetto alla quale si fa ricorso ai fini della destagionalizzazione dei calendari produttivi, ma che può avere riflessi sul-

la qualità dei prodotti a seguito delle condizioni, talora sub ottimali, che si determinano all'interno degli apprestamenti di protezione nel corso della fase di fruttificazione.

Tra i fattori del clima, la temperatura e la luce controllano più degli altri i processi biochimici e quindi la composizione e il valore nutritivo dei prodotti (Wang et al., 2003). Gli effetti di questi due parametri sui processi di assimilazione si estrinsecano in direzione opposta, poiché elevati livelli del primo favoriscono l'accumulo di fotosintati, mentre temperature elevate ne accelerano la demolizione. Relativamente ai riflessi sulla qualità, l'influenza di questi due fattori va considerata in funzione dei diversi attributi di qualità e comunque non è riconducibile a schemi univoci. Estremi termici possono, ad esempio, avere riflessi sui processi di micro e macrosporogenesi (Subodh e Munshi, 2001), sull'assimilazione (Zhang et al., 2007), sulla sintesi e sulla demolizione dei pigmenti (Hamauzu, 1994).

Nel caso dei prodotti da foglia, per contro, la moderata luminosità può avere riflessi positivi su alcuni parametri di qualità (per es. elevata acquosità dei tessuti, attenuazione del colore verde, ecc.), mentre può comportare un peggioramento delle caratteristiche igienico sanitarie a motivo dell'accumulo di nitrati (Weightman et al., 2006).

L'umidità relativa e l'anidride carbonica rappresentano fattori ambientali che, in certe condizioni (per es. colture protette), possono determinare significative variazioni di alcuni attributi di qualità. L'influenza della prima si estrinseca attraverso il rallentamento o l'attivazione del ricambio idrico ed una diversa allocazione di acqua nelle porzioni eduli della pianta (Leonardi et al., 2000). Nel caso dell'anidride carbonica gli effetti sono da ricondurre ad un variabile contenuto di assimilati, determinato dall'influenza sul processo fotosintetico (Dorais et al., 2001).

Fattori tecnici

Le indicazioni riguardanti i riflessi delle principali varianti di processo sulle caratteristiche di qualità dei prodotti sono senz'altro numerose; un esame dettagliato risulta assai difficile poiché i singoli fattori possono agire talvolta in maniera opposta (La Malfa et al., 1995). Nel quadro dei rapporti tra qualità e fattori tecnici van-

no sicuramente chiamati in causa gli interventi volti al controllo dei fattori del clima, alla gestione degli equilibri vegeto-produttivi, alla gestione della nutrizione minerale e idrica.

Il controllo dei fattori del clima è per lo più da ricondurre alla coltivazione in ambiente protetto. Al di là delle varianti di processo che trovano applicazione esclusiva in tale contesto di coltivazione (per es. colture idroponiche), la questione va considerata con riferimento alle maggiori opportunità offerte dalla coltura protetta in termini di controllo attivo del clima, ma anche per ciò che attiene ai possibili riflessi sulla qualità del prodotto che possono semplicemente derivare dalla coltivazione in ambiente protetto rispetto alla coltivazione in pien'aria. Quest'ultimo aspetto assume importanza non trascurabile se si pensa alle riserve che spesso vengono avanzate dal consumatore nei confronti dei prodotti fuori stagione. D'altra parte appare difficile poter effettuare delle vere e proprie valutazioni comparative non potendosi spesso disporre contemporaneamente di prodotti provenienti dalla coltura protetta e da quella in pien'aria. In definitiva i riflessi sulla qualità del prodotto derivanti dalla coltivazione in ambiente confinato vanno ricondotti, come accennato in precedenza, alle specifiche condizioni micro-climatiche che si determinano nell'ambiente confinato, che derivano dall'andamento climatico esterno, dalle caratteristiche dell'apprestamento di protezione e dal controllo attivo del clima. Ad esempio, è stato dimostrato che utilizzando pacciamature con telo di colore bianco (*highly reflective*), nella fragola può essere indotto un aumento del contenuto totale di acido ellagico e acido ascorbico rispetto al controllo pacciamato con plastica nera (Atkinson et al., 2006). Ciò rappresenta un'esemplificazione di come le pratiche agronomiche e le conseguenti condizioni climatiche possono essere considerate lo strumento integrativo a quello genetico per implementare le caratteristiche qualitative dei prodotti.

Relativamente alla gestione dei rapporti vegeto-produttivi, le possibilità d'intervento ai fini del miglioramento della qualità del prodotto sono nella realtà operativa molteplici. Queste possibilità possono riguardare in primo luogo l'adozione di idonee forme d'allevamento e/o di corretti interventi di potatura.

L'influenza della forma d'allevamento è da

ricondurre agli effetti diretti dell'esposizione dei frutti alle radiazioni solari e attraverso la migliore intercettazione della luce da parte degli organi fotosintetizzanti. Studi effettuati su varietà di pesco allevate secondo forme diverse hanno portato alla conclusione che la produttività e la qualità nei frutteti allevati secondo varie architetture può risultare differente e, spesso, questo fatto dipende dalla diversa capacità di intercettazione e di distribuzione della luce all'interno della chioma stessa (Giuliani et al., 1999). Per alcuni autori (Robinson et al., 1991; Xiloyannis et al., 1996) la forma di allevamento ad Y trasversale comporta dei vantaggi produttivi, rispetto a forme a vaso, vantaggi che sono stati riscontrati in varie specie, tra cui melo, albicocco, pesco e susino; questo fenomeno è facilmente spiegabile con la maggiore capacità di intercettazione della luce da parte dell'Y trasversale rispetto a forme in parete o a vaso.

La regolazione della carica produttiva è indispensabile per il raggiungimento delle caratteristiche finali dei frutti più rispondenti; lo scopo per cui si esegue è di commisurare gli organi di accumulo alla capacità di sintesi; il risultato è quello di ottenere un miglioramento del calibro commerciale dei frutti lasciati e del loro contenuto in solidi solubili (Valantin-Morison et al., 2006). L'equilibrio vegeto-produttivo ottimale per il miglioramento della qualità dei frutti è solitamente ottenuto con il diradamento dei frutti (Costa e Vizzotto, 2000).

Effetti rilevanti sulla qualità dei prodotti ortofrutticoli sono esercitati dall'irrigazione e dalla concimazione (Ferrante et al., 2008; Zegbe e Behboudian, 2008). La regolare alimentazione idrica migliora in genere la qualità direttamente attraverso un incremento del contenuto d'acqua nelle porzioni eduli (per es. prodotti da organi vegetativi) e/o indirettamente determinando condizioni più favorevoli ai processi di assimilazione. L'elevato contenuto in acqua potrebbe, tuttavia, determinare effetti negativi sulla qualità, pregiudicando la serbevolezza dei prodotti o la sapidità degli stessi e la concentrazione relativa di zuccheri e di acidi. Sotto il profilo generale si può affermare che la qualità risulta compromessa dalla carenza di acqua per le specie da organi vegetativi e dagli eccessi per quelle da organi riproduttivi (La Malfa, 1988).

Relativamente all'irrigazione, una notazione a parte va fatta con riferimento all'impiego di

acque saline che, com'è noto, può avere riflessi sulle caratteristiche di qualità dei frutti (per es. pomodoro e melone), ma al contempo può comportare una significativa riduzione del livello delle rese (Leonardi et al., 2004).

Gli effetti della nutrizione minerale sono in primo luogo da ricondurre al ruolo che i diversi elementi minerali hanno sui diversi processi metabolici della pianta che stanno alla base della sintesi e traslocazione dei diversi composti biochimici. Laute concimazioni se da una parte possono rappresentare il presupposto per un miglioramento della qualità (per es. nutrizione potassica e qualità) dall'altra possono comportare l'accumulo di nitrati nelle porzioni eduli (Malaguti et al., 2001).

È all'assorbimento idrico e minerale, oltre che agli equilibri ormonali, che viene ricondotto l'effetto dell'innesto sulla qualità del prodotto (Sorce et al., 2001). La tecnica che in passato interessava solo le specie da frutto legnose, negli ultimi anni si sta sempre più diffondendo anche per le specie orticole appartenenti alla famiglia delle *Solanaceae* e *Cucurbitaceae*. L'influenza sembra possa essere ricondotta più al portinnesto adottato che alla tecnica in quanto tale (Leonardi e Romano, 2004). Al riguardo, la questione appare assai complessa in rapporto alla crescente disponibilità di nuovi portinnesti. Gli effetti sono da ricondurre all'interazione tra i due bionti, che è in grado di influenzare la qualità dei frutti soprattutto con riferimento al loro contenuto in zuccheri, acidi, sali minerali ed anche all'attività antiossidante (Caruso et al., 1996; Leonardi e Romano, 2004; DiVaio et al., 2001). In considerazione di ciò, l'interazione portinnesto-nesso può essere considerata un importante strumento ai fini del miglioramento quantitativo della produzione (Loreti e Massai, 1999; Wang et al., 1996, Giorgi et al., 2005; Tsiouridis et al., 2005).

Fattori attinenti la fase di raccolta e di post-raccolta

Tra i fattori che figurano nel determinare la qualità dei prodotti ortofrutticoli vi sono indubbiamente quelli relativi alla raccolta ed al post-raccolta. Nel primo caso ci si riferisce allo stadio di maturazione del prodotto ed alla modalità ed alle condizioni ambientali al momento della raccolta (Bonghi et al., 2001; Raffo et al., 2002). Nel corso della maturazione dei frut-

ti le modifiche più rilevanti riguardano il cambiamento di colore di fondo, l'accumulo degli zuccheri, la diminuzione degli acidi organici, l'evoluzione delle sostanze volatili e la perdita di consistenza della polpa. Nella scelta del momento della raccolta è necessario quindi realizzare un opportuno compromesso tra il raggiungimento delle caratteristiche organolettiche ottimali e la necessità di mantenere i frutti integri fino al consumo.

Per gran parte dei prodotti ortofrutticoli, le migliori caratteristiche qualitative vengono comunque raggiunte in corrispondenza della raccolta; nelle fasi successive vi è un progressivo decadimento della qualità del prodotto. Pertanto le condizioni di conservazione e le tecniche di lavorazione del prodotto in fase di post-raccolta possono assumere un'importanza assai significativa.

Relativamente alla post-raccolta, va precisato che i prodotti possono subire danni meccanici, attacchi di parassiti, nonché un decadimento qualitativo che è correlato con la normale attività metabolica del prodotto (Almirante e Colelli, 1994). Una notazione a parte va fatta con riferimento alle produzioni di tipo *fresh-cut* (a base di frutta o ortaggi), che, a fronte di un maggior contenuto in servizio, sono caratterizzati da un accentuato grado di deperibilità (Pernice et al., 2007).

Per quanto riguarda i sistemi di conservazione dei prodotti ortofrutticoli generalmente si fa riferimento, in primo luogo, alle problematiche relative alla gestione della catena del freddo, secondo i seguenti obiettivi prioritari (Colelli, 2001):

- valutare le esigenze specifiche dei singoli prodotti per rallentare il metabolismo al fine di migliorarne la qualità finale anche attraverso la pianificazione di opportuni cicli di condizionamento, caratterizzati da operazioni elementari adatte a ciascun prodotto;
- predisporre opportuni lay-out delle centrali ortofrutticole in modo da ottimizzare i tempi di utilizzazione dei diversi impianti e ridurre i costi di gestione;
- introdurre tecnologie impiantistiche di refrigerazione indiretta e mista che garantiscano la qualità finale del prodotto, contenendone i costi di gestione;
- utilizzare in maniera generalizzata la pratica della pre-refrigerazione con tecnologie più

- adeguate alle singole esigenze dei prodotti;
- applicare nuove tecnologie per l'atmosfera controllata in modo da ridurre i costi di gestione;
- estendere ad un numero crescente di prodotti la tecnica dell'imballaggio in atmosfera modificata, anche alla luce della disponibilità di diverse tipologie d'imballaggi innovativi;
- sviluppare linee di preparazione per il mercato sempre più automatizzate con controlli in linea per la selezione e lo scarto di prodotti indesiderati;
- implementare sistemi di automazione e controlli nella gestione delle centrali ortofrutticole, sia per consentire la tracciabilità e quindi la provenienza ed il percorso dei singoli prodotti, sia per il controllo anche a distanza della funzionalità dei singoli apparati impiantistici.

Il metabolismo del prodotto durante la fase di maturazione e/o senescenza si manifesta con fenomeni d'aumento della respirazione, della traspirazione e della produzione di etilene e, in maniera macroscopica, attraverso modificazioni nel colore, nella struttura e nella composizione, che comportano una rapida degradazione delle caratteristiche di accettabilità del prodotto. Tale degradazione è strettamente correlata con la temperatura a cui il prodotto viene conservato e con il tempo che intercorre tra la raccolta ed il consumo. Essa, inoltre, può essere accelerata da danni meccanici e da alterazioni di tipo fisiologico e/o patologico. Pertanto, la conoscenza e la corretta analisi di tali esigenze relative al prodotto rivestono una fondamentale importanza nella progettazione, realizzazione e gestione delle centrali ortofrutticole (Colelli, 2001).

Conclusioni

L'ortofrutticoltura mediterranea si trova di fronte alla necessità di un adeguamento della sua configurazione dal punto di vista tecnico, agronomico ed organizzativo, per corrispondere agli scenari che man mano si vanno delineando in termini di globalizzazione ed evoluzione delle aspettative dei consumatori. L'interesse nei confronti di tale adeguamento scaturisce dal fatto che per i prodotti ortofrutticoli si osserva un

progressivo cambiamento del concetto di qualità anche in rapporto alla diffusione di nuove tecnologie di produzione, al rinnovamento del sistema di distribuzione, alle mutate aspettative da parte dei consumatori i quali manifestano una crescente diffidenza nei confronti dei prodotti il cui processo produttivo si caratterizzi per un elevato grado di intensificazione. D'altra parte, il consumatore è sempre più attento ai prodotti salubri, ottenuti con metodi e tecniche eco-compatibili.

Tra i principali obiettivi da perseguire ai fini del mantenimento della competitività del comparto vi è, quindi, quello relativo alla qualificazione delle produzioni. Tale obiettivo potrà essere perseguito attraverso una scelta appropriata delle principali varianti del processo o attraverso l'introduzione di specifiche innovazioni che riguardano uno o più segmenti della filiera produttiva. Tali varianti sono comunque numerose e possono determinare effetti talora contrastanti sui diversi attributi di qualità. Occorre pertanto verificare preliminarmente il grado di compatibilità tecnica con le specificità che le diverse espressioni del comparto ortofrutticolo esprimono, sotto il profilo pedoclimatico, agronomico, organizzativo, ecc. D'altra parte, non va sottovalutata la notevole eterogeneità che caratterizza i prodotti ortofrutticoli, anche sotto il profilo delle caratteristiche che ne determinano la qualità.

Nel quadro della qualificazione dei prodotti ortofrutticoli la definizione di disciplinari di produzione potrebbe essere considerata uno strumento per i produttori, utile ai fini dell'ottenimento di prodotti più rispondenti e in grado, anche attraverso mirate certificazioni, di fornire al consumatore indicazioni più puntuali circa il prodotto ed il processo attraverso il quale esso è stato ottenuto. Gli elevati costi che le procedure per la certificazione richiedono rendono questa strategia accessibile soltanto alle aziende o genecooperative di produttori di idonee dimensioni.

In conclusione, appare evidente come i determinanti della qualità dei prodotti ortofrutticoli riguardanti la filiera produttiva siano numerosi e che le relazioni di causa ed effetto risultino sufficientemente conosciute solo in alcuni casi. La possibilità di ipotizzare percorsi innovativi riguardanti il processo, utili ai fini della qualificazione delle produzioni, risulta per-

tanto subordinata ad un ampliamento del quadro conoscitivo dei processi biofisiologici alla base del determinismo della qualità. I margini per un miglioramento della qualità dei prodotti risultano comunque significativi; occorre, tuttavia, preliminarmente verificare se gli oneri che ogni innovazione riguardante la filiera produttiva, possono comportare ai fini della qualificazione del prodotto, sono giustificati dalle maggiori opportunità di mercato.

Ringraziamenti

Lavoro parzialmente svolto nell'ambito del progetto finanziato dalla Regione Marche – LR27 – Valorizzazione biodiversità orticola autoctona.

Bibliografia

- Almirante P., Colelli G. 1994. Criteri costruttivi degli impianti di frigoconservazione in relazione alle esigenze post-raccolta dei prodotti. Atti del Convegno "Scelte Varietali e Aspetti Qualitativi della Frigoconservazione", Firenze, Italy, 129-169.
- Ames B.M., Shigen M.K., Hagen T.M. 1993. Oxidants, antioxidants and the degenerative diseases of aging. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 90:7915-7922.
- Anelli G., Favati F., Fiorentini R., Mencarelli F. 1984. Maturation e qualità dei prodotti ortofrutticoli. In: Ortofrutticoli freschi – aspetti della maturazione e post-raccolta, 11-43. Monografia n. 2. CNR-IPRA.
- Anttonen M., Hoppula K.I., Nestby R., Verheul M.J., Karjalainen R.O. 2006. Influence of fertilization, mulch color, early forcing, fruit order, planting date, shading, growing environment and genotype on the content of selected phenolics in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits. J. Agric. Food Chem., 54:2614-2620.
- Atkinson C.J., Dodds P.A., Ford Y.Y., Le Mière J., Taylor J.M., Blake P.S., Paul N. 2006. Effects of cultivar, fruit number and reflected photosynthetically active radiation on *Fragaria x ananassa* productivity and fruit ellagic acid and ascorbic acid concentrations. Ann. Bot., 97, 3:429-41.
- Battino M., Mezzetti B. 2007. Update on fruit antioxidant capacity: a key tool for Mediterranean diet. Public Health Nutrition, 1-6 DOI: 10.1017/ S1368980007668554.
- Benzie I.F.F., Strain J.J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: the FRAP assay. Anal. Biochem., 239:70-76.
- Bonghi C., Ramina A., Tonutti P. 2001. La fisiologia della maturazione dei frutti di pesco. Rivista di Frutticoltura, 4:85-88.
- Brat P., George S., Bellamy A., Du Chaffaut L., Scalbert A., Mennen L., Arnault N., Amiot M.J. 2006. Daily Polyphenol Intake in France from Fruit and Vegetables. J. Nutr., 136, 9:2368.
- Caruso T., Giovannini D., Liverani A. 1996. Rootstock influences the fruit mineral, sugar and organic acid content of a early ripening peach cultivar. Journal of Horticultural Science, 71, 6:931-937.
- Colelli G. 2001. Il condizionamento dei prodotti ortofrutticoli per il consumo fresco e per la IV gamma. In: G. Colelli (ed.): Linee guida per il condizionamento e la trasformazione dei prodotti ortofrutticoli, 9-37. Edizioni GAL "Terra dei Messapi", Mesagne, Italy.
- Connor A.M., McGhie T.M., Stephens M.J., Harvey K.H., Alspach P.A. 2005. Variation and Heritability Estimates of Anthocyanins and Their Relationship to Antioxidant Activity in a Red Raspberry Factorial Mating Design. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 130:534-542.
- Connor A.M., Luby J.J., Tong C.B.S. 2002. Variation and heritability estimates for antioxidant activity, total phenolic content and anthocyanin content in blueberry progenies. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 127:82-88.
- Costa G., Vizzotto G. 2000. Fruit thinning of peach trees. Plant Growth Regulation, 31:113-119.
- Crisosto C.H. 2002. How do we increase peach consumption? Acta Hort., 592:601-605.
- Crisosto C.H., Johnson R.S.M., DeJong T., Day K.R. 1997. Orchard factors affecting postharvest stone fruit quality. HortSci., 32:820-823.
- Crisosto G.U., Mitchell F.G., Arpaia M.L., Mayer G. 1984. The effect of growing location and harvest maturity on the storage performance and quality of "Hayward" kiwifruit. J. Am. Soc. Hort. Sci., 109:584-587.
- Davuluri G.R., Van Tuinen A., Fraser P.D., Manfredonia A., Newman R., Burgess D., Brummell D.A., King S.R., Palys J., Uhlig J., Bramely P.M., Pennings H.J., Bowler C. 2005. Fruit-specific RNAi-mediated suppression of *DETI* enhances carotenoid and flavonoids content in tomatoes. Nat. Biotechnol., 23:890-895.
- Deighton N., Brennan R., Finn C., Davies H.V. 2000. Antioxidant properties of domesticated and wild *Rubus* species. J. Sci. Food Agric., 80:1307-1313.
- Di Vaio C., Buccheri M., Graziani G., Ritieni A., Scalfi L. 2001. Attività antiossidante di frutti di pesco (cv. Maycrest). Rivista di Frutticoltura e di Ortofrutticoltura, 7-8:83-86.
- Dorais M., Papadopoulos A.P., Gosselin A. 2001. Greenhouse tomato fruit quality. Horticultural Reviews, 26:239-319.
- Ehlenfeldt M.K., Prior R.L. 2001. Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) and Phenolic and Anthocyanin Concentration in Fruit and Leaf Tissue of Highbush Blueberry. J. Sci. Food Agric., 49:2222-2227.
- Ferrante A., Spinardi A., Maggiore T., Testoni A., Gallina P.M. 2008. Effect of nitrogen fertilisation levels on

- melon fruit quality at the harvest time and during storage. *J. Sci. Food and Agriculture*, 88, 4:707-713.
- Finley J.W. 2005. Proposed Criteria for Assessing the Efficacy of Cancer Reduction by Plant Foods Enriched in Carotenoids, Glucosinolates, Polyphenols and Seleno compounds. *Annals of Botany*, 95:1075-1096.
- Gentile A., Mezzetti B. 2007. Biotecnologie OGM: quali prospettive per le piante da frutto? In: Sansavini S. (ed.): Nuove Frontiere dell'arboricoltura Italiana, 339-353. Ed. Oasi Perdisa.
- Gilberto L., Perrotta G., Pallara P., Weller J.L., Fraser P.D., Bramley P.M., Fiore A., Tavazza M., Giuliano G. 2005. Manipulation of the blue light photoreceptor cryptochrome 2 in tomato affects vegetative development, flowering time, and fruit antioxidant content. *Plant Physiol.*, 137:199-208.
- Giorgi M., Capocasa F., Scalzo J., Murri G., Battino M., Mezzetti B. 2005. The Rootstock effects on plant adaptability and production, and fruit quality and nutrition, in the peach (cv. Suncrest). *Scientia Hort.*, 107:36-42.
- Giuliani R., Magnanini E., Corelli Grappadelli L. 1999. Relazioni tra scambi gassosi e intercettazione luminosa in chiome di pesco allevate secondo tre forme. *Frutticoltura*, 3:65-69.
- Guo C., Yang, J., Wei J., Li Y., Jiang Y. 2003. Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition Research*, 50:1719-1716.
- Halvorsen B.L., Holte K., Myhrstad M.C.W., Barikmo I., Hvattum E., Remberg S.F., Wold A.B., Haffner K., Baugerød H., Andersen L.F., Moskaug J., Jacobs D.R., Blomhoff R. 2002. A Systematic Screening of Total Antioxidants in Dietary Plants. *American Society for Nutritional Sciences*, 461-471.
- Hamazu Y., Miyamoto Y., Chachin K. 1994. Effect of high temperatures on the change of carotenoid contents in tomato fruit after harvest. *J. Jap. Soc. Hortic. Sci.*, 63, 3:675-684.
- La Malfa G. 1988. La qualità degli ortaggi destinati al consumo allo stato fresco. Consiglio nazionale delle ricerche. Progetto strategico: Nuovi orientamenti dei consumi e delle produzioni alimentari.
- La Malfa G., Leonardi C., Romano D. 1995. Changes in some qualità parameters of greenhouse tomatoes in relation to thermal levels and auxin sprays. *Agr. Med.*, 125:404-412.
- Leonardi C., Guichard S., Bertin N. 2000. High vapour pressure deficit influences growth, transpiration and quality of tomato fruits. *Scientia Hort.*, 84, 3-4: 285-296.
- Leonardi C., Martorana M., Giuffrida F., Fogliano V., Pernice R. 2004. Tomato fruit quality in relation to the content of sodium chlorine in the nutrient solution. *Acta Hort.*, 659:769-774.
- Leonardi C., Romano D. 2004. Recent issues on vegetable grafting. *Acta Hort.*, 631:163-174.
- Loreti F., Massai R. 1999. I portinnesti del pesco. *Informatore Agrario*, 6, suppl.:39-44.
- Malaguti D., Millard P., Wendler R., Hepburn A., Tagliavini M. 2001. Translocation of amino acids in the xylem of apple (*Malus domestica* Borkh.) trees in spring as a consequence of both N remobilization and root uptake. *J. Exp. Bot.*, 52, 361:1665-71.
- McGhie T.K., Hall H.K., Ainge G.D., Mowat A.D. 2002. Breeding Rubus cultivars for high anthocyanin content and high antioxidant capacity. *Acta Hort.*, 585:495-500.
- Paine A., Shipton C.A., Chaggar S., Howells R.M., Kennedy M.J., Vernon G., Wright S.Y., Hinchliffe E., Adams J.L., Silverstone A.L., Drake R. 2005. Improving the nutritional value of Golden Rice through increased pro-vitamin A content. *Nat. Biotechnol.*, 23:482-487.
- Pellegrini N., Re R., Yang M., Rice-Evans C.A. 1999. Screening of dietary carotenoids and carotenoid-rich fruit extracts for antioxidant activities applying the ABTS⁺ radical cation decolorization assay. *Meth. Enzymol.*, 299:589-603.
- Peri C. 2004. Qualità nelle aziende e nelle filiere agroalimentari. Hoepli, Milano.
- Pernice R., Scuderi D., Napolitano A., Fogliano V., Leonardi C. 2007. Polyphenol composition and qualitative characteristics of fresh-cut lettuce in relation to cultivar, mulching and storage. *Journal Horticultural Science and Biotechnology*, 82, 3:420-427.
- Prior R.L., Cao G., Martin A., Sofic E., McEwen J., O'Brien C., Lischner N., Ehlenfeldt M., Kalt W., Krewer G., Mainland M. 1998. Antioxidant capacity is influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity and variety of *Vaccinium* species. *J. Agric. Food Chem.*, 46:2686-2693.
- Raffo A., Leonardi C., Fogliano V., Ambrosino P., Salucci M., Gennaro L., Bugianesi R., Giuffrida F., Quaglia G. 2002. Nutritional value of cherry tomatoes (cv. Naomi F1) harvested at different ripening stages. *J. of Agric. and Food Chem.*, 50:6550-6556
- Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.*, 26:1231-1237.
- Robinson T.L., Lakso A.N. 1991. Bases of yield e production efficiency in apple orchards systems. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 116:188-194.
- Scalzo J., Politi A., Pellegrini N., Mezzetti B., Battino M. 2005a. Plant genotype affects total Antioxidant Capacity and Phenolic Content in fruit. *Nutrition*, 21:207-213.
- Scalzo J., Mezzetti B., Battino M. 2005b. Total antioxidant capacity evaluation: Critical steps for assaying berry antioxidant features. *Biofactors*, 23, 4:221-7.
- Sorce S., Massai R., Picciarelli P., Lorenzi R. 2001. Hormonal relationship in xilem sap of grafted and ungrafted *Prunus* rootstocks. *Scientia Hort.*, 93:333-342.

- Subodh J., Munshi A.D. 2001. Capsicum germplasm with fruiting ability under high temperature stress. Capsicum and Eggplant Newsletter, 20:27-30.
- Tsipouridis C., Thomidis T., Bladenopoulou S. 2005. Rhizogenesis of GF677, Early Crest, May Crest and Arm King stem cuttings during the year in relation to carbohydrate and natural hormone content. Scientia Hort., 108, 2:200-204.
- Valantin-Morison M., Vaissiere B.E., Gary C., Robin P. 2006. Source-sink balance affects reproductive development and fruit quality in cantaloupe melon (*Cucumis melo* L.). J. Hort.Sci.Biotech., 81, 1:105-117.
- Wang H., Cao G., Prior R.L. 1996. Total antioxidant capacity of fruits. J. Agric. Food Chem., 44:701-705.
- Wang S.Y., Zeng W., Maas J.L. 2003. High plant growth temperatures increases antioxidant capacities in strawberry fruits. Act. Hort., 626:57-63.
- Weightman R.M., Dyer C., Buxton J., Farrington D.S. 2006. Effects of light level, time of harvest and position within field on the variability of tissue nitrate concentration in commercial crops of lettuce (*Lactuca sativa*) and endive (*Cichorium endiva*). Food Additives and Contaminants, 23, 5:462-469.
- Willett W.C. 1999. Goals for nutrition in the year 2000. CA. Cancer. J. Clin., 49: 331-352.
- World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research, 1997. Food, Nutrition and the Prevention of Cancer: A Global Perspective. American Institute for Cancer Research, Washington, DC.
- World Health Organization, 1990. Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases: Report of a WHO Study Group – Technical Report Series 797. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- Xiloyannis C., Nuzzo V., Dichio B., Biasi R. 1996. Effetto della forma di allevamento sull'evoluzione dell'area fogliare, sulla produzione e sulla qualità dei frutti di albicocco (cultivar *Tyrinthos*). Atti MacFruit: Agro. Bio. Fruit. Cesena, 10-11 maggio, 162-163.
- Zhang Jie, Li TianLai, Xu Jing 2007. Effect of daytime sub-high temperature on metabolism of photosynthates in tomato leaf and fruit after flowering. Plant Physiology Communications, 43, 4:673-677.