



**UNIVERSITÀ DI PISA
FACOLTÀ DI AGRARIA**

**CORSO DI LAUREA SPECIALISTICA IN
AGRICOLTURA BIOLOGICA E MULTIFUNZIONALE**

CURRICULUM “AGRICOLTURA MULTIFUNZIONALE”

**STUDIO DI ALCUNI FATTORI CHE DETERMINANO
LA QUALITÀ E IL VALORE SALUTISTICO
DELL’ACTINIDIA**

RELATORI

CANDIDATA

PROF. ROSSANO MASSAI

IRENE VOLPONI

DOTT. DAMIANO REMORINI

ANNO ACCADEMICO 2004/2005

RIASSUNTO.....	II
ABSTRACT.....	IV
INTRODUZIONE.....	1
Origini e caratteristiche botaniche	1
Importanza economica e distribuzione.....	2
Definizione di qualità.....	6
Qualità merceologica e/o percepita dal consumatore	9
Strumenti per la misura della qualità	10
Metodi distruttivi	10
Metodi non distruttivi.....	12
Densità dei frutti	20
Analisi sensoriali.....	20
Definizione di qualità in Actinidia.....	24
Strumenti di determinazione della qualità	24
Qualità salutistica della frutta fresca	40
Proprietà antiossidanti dei frutti	40
Principali composti ad attività antiossidante nei frutti.....	49
Effetti delle componenti ambientali sulle caratteristiche salutistiche dei frutti	53
Proprietà antiossidanti del kiwi.....	64
Effetti delle tecniche colturali sulle caratteristiche salutistiche dei frutti di actinidia ...	66
MATERIALI E METODI.....	74
Determinazione della pezzatura	75
Determinazione del residuo secco rifrattometrico (RSR)	75
Determinazione consistenza della polpa	76
Determinazione caratteristiche ottiche	76
Determinazione delle clorofille a e b e dei carotenoidi.....	77
Determinazione del contenuto in acido ascorbico e deidroascorbico	77
Determinazione della capacità antiossidante	79
Determinazione dei fenoli	80
Analisi statistica	80
EFFETTO DELLA POSIZIONE DEI FRUTTI ALL'INTERNO DELLA CHIOMA	81
Risultati	81
Peso dei frutti	81
Consistenza della polpa.....	82
Residuo secco rifrattometrico (RSR)	83
Clorofille a e b:	83
Determinazione ASA tot:	86
Discussione.....	87
EFFETTO DELL'EPOCA DI RACCOLTA.....	88
Risultati e Discussione.....	88
MISURA DELLE CARATTERISTICHE OTTICHE DELL'EPIDERMIDE (NIR)	94
CONCLUSIONI	97
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	99

RIASSUNTO

Negli ultimi anni il cibo ha assunto lo status di "cibo funzionale", cioè in grado di conferire, oltre alle componenti nutritive di base, ulteriori benefici fisiologici e biochimici, quali la prevenzione e/o cura di una vasta gamma di patologie. In particolare, i prodotti ortofrutticoli rappresentano alimenti eccellenti dal punto di vista salutistico: al basso contenuto in calorie si unisce un'elevata presenza di sostanze antiossidanti e prodotti fitochimici.

Tra i prodotti ortofrutticoli che il consumatore ha a disposizione, il kiwi rappresenta certamente uno dei più interessanti. Si tratta, infatti, di un frutto mediamente calorico che contiene invece elevate quantità di vitamina C (acido L-ascorbico e L-deidroascorbico). Il potere antiossidante dei frutti non è però costante, ma dipende da numerosi fattori ambientali e colturali e tra questi anche l'epoca di raccolta svolge un ruolo chiave nella concentrazione dei composti ad azione antiossidante.

Il lavoro è finalizzato allo studio delle caratteristiche qualitative dell'actinidia [*Actinidia deliciosa* (A.Chev.) C.F.Liang & A.R.Ferguson, cv. Hayward] in funzione dell'epoca di raccolta e della posizione dei frutti all'interno della pianta. I frutti sono stati raccolti in due momenti differenti (alla maturazione commerciale e dopo prolungamento della permanenza del frutto sulla pianta) e da tre diverse porzioni della chioma. Oltre ai classici parametri qualitativi (pezzatura, contenuto in solidi solubili e consistenza della polpa) è stata valutata anche la capacità antiossidante e il contenuto in acido ascorbico. I caratteri qualitativi misurati sono stati, inoltre, confrontati con una tecnica non distruttiva (riflettanza dell'epidermide dei frutti nella regione del vicino infrarosso). Infine, è stato

valutato l'esito della conservazione a temperatura ambiente dopo un prolungato periodo (5 mesi) di conservazione in atmosfera controllata.

Dai risultati ottenuti appare evidente come i principali fattori esaminati, posizione dei frutti all'interno della chioma e momento della raccolta, influenzino le caratteristiche qualitative dei frutti al momento del consumo. In particolare, il contenuto in vitamina C si riduce significativamente nei frutti a raccolta tardiva ed aumenta a seguito della conservazione, mentre i frutti provenienti da porzioni della chioma maggiormente soleggiate mostrano anche un più elevato contenuto di clorofilla. Infine il metodo non distruttivo testato per valutare la qualità dei frutti ha mostrato una buona correlazione con le metodologie distruttive.

STUDY ON SOME FACTORS WHICH DETERMINE QUALITY AND HEALTH VALUE OF KIWI FRUIT

Abstract

During last years food achieved the status of "functional food", that means it can give further physiological and biochemical benefits than just basic nutritional components; for example it can prevent from a wide range of diseases. In particular, fruit and vegetables represent excellent nourishment because of the low calories content together with a high presence of antioxidants components and phytochemical products.

Among fruit and vegetable products available to the customers, kiwi certainly represents one of the most interesting of all: it's a fruit with an average content of calories and a very high presence of vitamin C (L-ascorbic acid and L-deidroascorbic acid). Antioxidant capacity of the fruits is not constant, but it depends on many environmental factors and on cultivation methods. Harvesting timing also has a key-role in fruits antioxidant compounds concentration.

The aim of this work is the study of quality aspects of actinidia [*Actinidia deliciosa* (A.Chev.) C.F.Liang & A.R.Ferguson, cv. Hayward], depending on the time of the harvesting and on fruits position on the plant. Fruits have been harvested during two different periods of time (trade ripening and after a long period of tree-life of the fruit) and they were taken from three different areas of the plant. In addition to standard

quality parameters (size, soluble solid content and pulp density) antioxidant ability has been estimated as well as acid ascorbic content. Furthermore, quality aspects have been compared using a non-destructive methods (NIR).

Finally, the results of exposure to room temperature after a long period (5 months) of storage in controlled air have been valued.

The results we achieved clearly show that the main examined factors, such as fruit position on the plant and time of harvesting, influence fruits quality aspects at the moment of eating. In particular, vitamin C content has a substantial reduction in late harvested fruits and increases after storage, meanwhile fruits taken from plant areas very exposed to sunlight, have a higher chlorophyll content. Non-destructive method we tested showed a good correlation with destructive methods.

INTRODUZIONE

Origini e caratteristiche botaniche

Il kiwi è stato a lungo riconosciuto come *Actinidia chinensis* ed era collocato nella famiglia delle Dilleniaceae; adesso è stato classificato separatamente nelle Actinidiaceae che includono soltanto altri due generi. Nel 1986 la rivista Hortscience pubblicò l'annuncio che la Cina aveva deciso di mantenere il nome *Actinidia chinensis* solo per le varietà glabre, mentre le altre sarebbero state rinominate *A. deliciosa*.

Il nome cinese yang tao che vuol dire "pesca-fragola" fu rimpiazzato dagli europei con il termine gooseberry ("uva-spina") a causa sia del sapore, sia del colore della buccia.

Nel 1962 gli agricoltori della Nuova Zelanda iniziarono a chiamare questo frutto "kiwi" per renderlo più accattivante a livello commerciale e questo nome è stato largamente accettato e pubblicizzato nonostante fosse un nome di fantasia e non tradizionale. Successivamente, nel 1974, è stato adottato definitivamente come nome commerciale. Attualmente esistono pochi altri nomi usati informalmente come gooseberry ("uva-spina"), monkey peach ("pesca delle scimmie") e sheep peach ("pesca-pecora") (Morton, 1987).

Il genere *Actinidia* è di origine puramente asiatica; le prime piante sono state trovate nella fascia che va dal nord est dell'India, che attraversa la Cina e il Java ed arriva fino ai freddi climi della Manciuria, del Giappone e della Siberia orientale.

Oltre alla *A. deliciosa* esistono altre specie che sono comunque di interesse per la commestibilità dei frutti: *A. chinensis*, *A. arguta*, *A. kolomikta*, *A. poligama* e *A. eriantha*. Fra queste forse la più conosciuta è *A. arguta*, una pianta che è venduta frequentemente

negli Stati Uniti grazie alla sua resistenza al freddo (riesce a tollerare temperature inferiori a -5°C) (Crisosto e Kader, 1999).

A livello botanico, il frutto del kiwi è una bacca con numerosi loculi riempiti da molti semi, piccoli, morbidi e neri. La polpa di colore verde (la porzione edule) è composta da tre regioni: il pericarpo esterno, il pericarpo interno e la columella, che è di un verde più chiaro rispetto ai tessuti del pericarpo. La buccia marrone e sottile include un periderma (piuttosto che un'epidermide) e delle cellule ipodermali. Non si osservano stomi sulla superficie del frutto, ma altre aperture forniscono un adeguato scambio gassoso dove sono rimossi i tricomi.

I frutti del kiwi hanno sulla superficie dei peli grandi e piccoli (tricomi); quelli piccoli possono subire un precoce arresto dello sviluppo rispetto ai peli più grandi i quali sono multicellulari e talvolta ramificati. La maggior parte dei piccoli peli unicellulari sulla superficie dei frutti maturi sono schiacciati o rimossi a seguito delle operazioni di raccolta e post raccolta (Crisosto e Kader, 1999).

Importanza economica e distribuzione

La coltivazione dell'actinidia si è diffusa nel nostro Paese a partire dall'inizio degli anni '80, anche se i primi impianti vengono fatti risalire alla fine degli anni '60. Il primo dato registrato dalla banca dati FAO è relativo al 1984: in quell'anno risultavano investiti meno di 1900 ettari per una produzione complessiva pari a poco più di 23mila tonnellate (figura 1). La crescita degli investimenti è stata esponenziale fino ai primi anni '90. Nel biennio 1992-'94 si sono toccati i picchi di tale crescita: le superfici coltivate ad actinidia hanno sfiorato i 21 mila ettari, di cui 19 mila ettari in produzione. Nello stesso periodo, spinte da

rese in netta crescita, anche le produzioni hanno segnato un trend decisamente positivo, fino a raggiungere un raccolto vicino alle 380 mila tonnellate nel 1992.

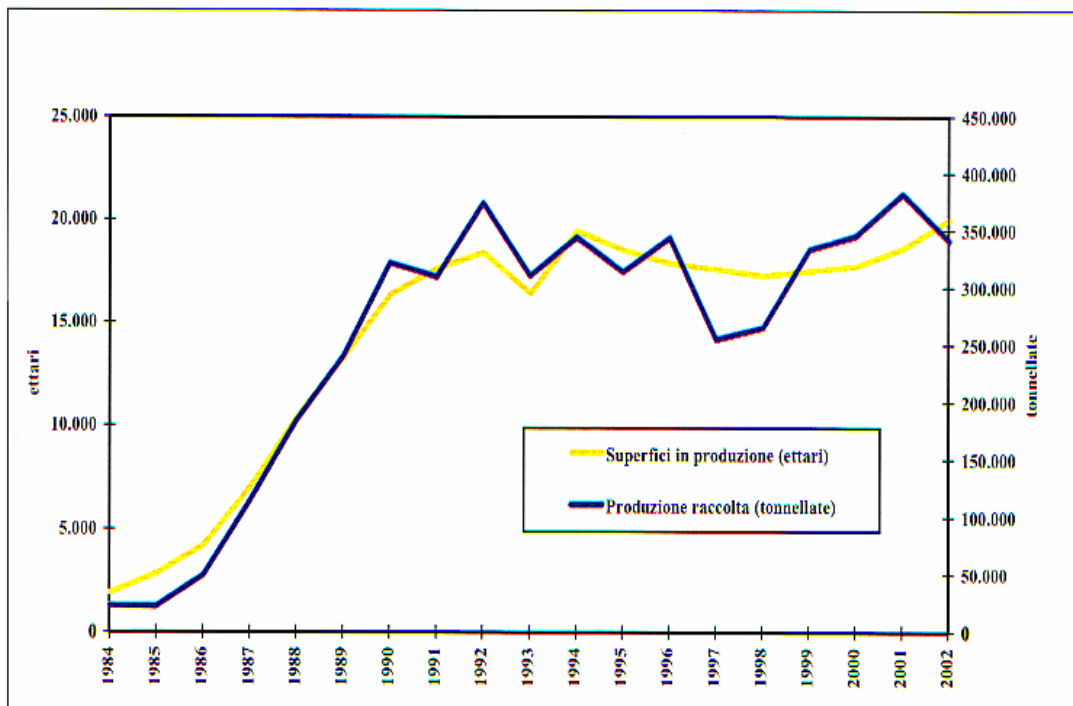


Fig. 1:Italia: superfici in produzione e produzione raccolta.

Con la metà degli anni '90 è iniziata una fase che potremo definire di maturità, in cui l'actinidia sembrava aver raggiunto la saturazione del suo potenziale di crescita. Era indubbiamente finito il periodo d'oro del "Kiwi", quello in cui si registravano incrementi annui degli investimenti superiori al 50% e produzioni più che raddoppiate tra una stagione e la successiva. I riscontri economici non più così brillanti e comunque non pari alle aspettative dei frutticoltori hanno indotto diversi produttori a ridurre l'entità degli impianti. Recenti indagini (IHA Italia SpA per CSO 2002) mostrano come vi siano ampi strati della popolazione nei quali l'indice di penetrazione del kiwi risulta essere ancora piuttosto basso. Il consumo di tale frutto è, per esempio, poco diffuso nelle zone meridionali del Paese e nei grandi centri abitati e non rientra facilmente nel paniere di

beni delle famiglie con bambini. Inoltre, il consumo di actinidia è scarsamente diffuso tra i giovani, che nel 31% dei casi non lo acquistano affatto. E' necessario quindi incentivare nuove ricerche di mercato volte all'analisi dei bisogni del consumatore, in particolare per l'individuazione delle principali motivazioni che si trovano all'origine dello scarso consumo in alcuni segmenti di mercato. Un'esigenza che sin d'ora può essere evidenziata è quella di recuperare presso il nostro consumatore l'immagine del prodotto e mettere in atto strategie di comunicazione in grado di rilanciare il consumo di un frutto che da un punto di vista delle qualità nutrizionali, ad esempio per il contenuto di vitamina C, può giovare di buoni punti di forza. Va da sé che strategie di marketing e di comunicazione possono ottenere un effetto duraturo solo se accompagnate da un'effettiva garanzia in termini di qualità del prodotto, intesa come riconoscibilità, costanza e sicurezza delle performance per le quali si sono create delle aspettative.

Sin dal momento della sua introduzione nel nostro paese, le caratteristiche qualitative e salutistiche del frutto di actinidia ne hanno accompagnato le diverse fasi della promozione e della commercializzazione. Negli anni '70 infatti l'actinidia veniva denominata "frutto dell'amore" o "frutto della salute". Sull'onda del successo economico che il frutto incontrava, la commercializzazione nei primi anni riguardava i frutti (non solo quelli appartenenti alla cv. Hayward) indipendentemente dalla loro reale qualità organolettica e stadio di maturazione. Il forte calo del prezzo corrisposto agli actinidicoltori, verso la fine degli anni '80, impose una maggiore attenzione alla qualità dei frutti che venivano commercializzati. L'actinidia, è noto, è un frutto a forte concorrenza internazionale, la maggior parte della produzione viene collocata sul mercato europeo, da sempre appetito per i prezzi che corrisponde. Di conseguenza il raggiungimento di elevati standard qualitativi da parte dei frutti è condizione indispensabile per una facile

commercializzazione. In un momento in cui la certificazione della qualità e la rintracciabilità sono diventati aspetti importanti nel marketing dei frutti, essere in grado di offrire garanzie maggiori agli acquirenti può essere una carta aggiuntiva se non vincente, da poter giocare. La definizione di parametri di qualità che meglio rispondono alle esigenze e alle richieste dei consumatori è sicuramente importante. Per altro, oggi la definizione della qualità dei frutti viene effettuata ricorrendo a parametri (solidi solubili, durezza della polpa) che sono influenzati da diversi fattori, colturali, ambientali ed anche strumentali. Sicuramente la praticità di tali determinazioni gli hanno resi vincenti ma non va trascurata l'elevata variabilità che caratterizza queste tecniche ed i frutti stessi, anche quando appartengono ad un' unica pianta.

Definizione di qualità

La qualità può essere definita come "l'insieme delle caratteristiche di un prodotto o di un servizio che conferiscono ad esso la capacità di soddisfare esigenze espresse o implicite" (norme ISO 9000).

Le esigenze, quando si parla di un alimento, riguardano vari aspetti: nutrizionale, salutistico, igienico-sanitario, organolettico, economico, ambientale (Casamenti et al., 2000a).

La qualità, dunque, non è un termine assoluto di paragone, ma è relativo alle esigenze e ai bisogni dei fruitori dei beni a cui essa si riferisce e ai vari anelli della filiera. Per il produttore è fondamentale il controllo dei parametri "costi" e "produttività", per la struttura di lavorazione è importante la facilità di manipolazione, per il magazzino è prioritaria l'attitudine alla conservazione, per la distribuzione è basilare l'omogeneità del prodotto.

La semplice somma di questi criteri specifici non garantisce un frutto di buona qualità al consumo: l'obiettivo di ogni anello della filiera è diverso da quello degli altri, e se il prodotto finito corrisponde alle necessità "tecniche" degli operatori della filiera questa non è una condizione sufficiente perché riesca anche a soddisfare le esigenze del consumatore. In definitiva il successo di un prodotto e la sua "qualità" dipende dal conseguimento degli obiettivi richiesti dal consumatore e non tanto da quelli perseguiti dagli altri operatori della filiera stessa.

La poca attenzione che il comparto ortofrutticolo ha manifestato nei confronti delle esigenze qualitative del consumatore è uno dei motivi che spiegano la crisi che si è diffusa nel settore frutticolo italiano. Tuttavia gli insuccessi con cui il comparto riesce a volte a soddisfare le esigenze qualitative del consumatore non sono sempre dovuti alla

disattenzione o alle negligenze degli operatori, quanto all'effettiva difficoltà che gli stessi hanno nello stabilire quale sia l'effettiva qualità da perseguire e all'oggettiva complessità che manifestano nel tentativo di misurarla. Inoltre, alcuni parametri qualitativi vengono imposti dalla "grande distribuzione organizzata" (GDO) che condiziona in modo pesante le scelte sia dei produttori che dei consumatori.

La continua evoluzione del concetto di qualità porta a considerare con grande attenzione numerosi aspetti, spesso trascurati o sottovalutati; infatti, i parametri che influenzano la qualità sono numerosi ed in gran parte indipendenti dal semplice aspetto fisico del prodotto. Il consumatore pretende sempre più un'elevata qualità organolettica e sensoriale, ed un frutto con queste caratteristiche scadenti, genera insoddisfazione e conseguente tendenza alla riduzione al consumo del prodotto. La filiera ortofrutticola si trova dunque di fronte alla necessità di andare incontro ai gusti e alle richieste del consumatore (Shewfelt, 1999).

Se a livello commerciale il valore qualitativo di un prodotto frutticolo è principalmente determinato dalle sue caratteristiche estrinseche, come pezzatura, peso, intensità ed uniformità di colorazione, resistenza alle manipolazioni e attitudine alla conservazione, l'attenzione dell'intera filiera si sta spostando sempre di più verso caratteristiche che potremmo definire intrinseche. Con queste ultime si intendono tutti quei caratteri che non risultano determinabili immediatamente, ma che rappresentano i parametri per una valutazione sensoriale della qualità come il contenuto zuccherino, la concentrazione dei componenti responsabili dell'acidità ed il livello dei composti volatili che concorrono a definire l'aroma.

La qualità ricercata dal consumatore non si esaurisce di fronte ad un prodotto ben appetibile, sia dal punto di vista visivo che gustativo. In questi ultimi anni è aumentata

considerevolmente la sensibilità del consumatore di fronte a prodotti "sani", soprattutto da un punto di vista igienico sanitario e ambientale, e si tendono a valorizzare alcune caratteristiche del prodotto che interessano l'opinione pubblica in misura sempre maggiore.

Ricapitolando, la qualità dei frutti può essere determinata a quattro livelli: commerciale (pezzatura, colore, resistenza alle manipolazioni, attitudine alla conservazione), nutrizionale (composizione chimica del prodotto con particolare riferimento al contenuto in vitamine ed elementi minerali), sanitario (assenza di residui chimici derivanti da interventi fertilizzanti o fitosanitari) e sensoriale (grado di soddisfazione del consumatore) (Hilaire et al., 2000).

Tutti questi caratteri qualitativi possono essere suddivisi in due gruppi: caratteri intrinseci ed estrinseci. Al primo gruppo appartengono tutti i caratteri non visibili, e in ogni caso non determinabili immediatamente, al secondo le caratteristiche del frutto facilmente determinabili anche dal consumatore. In definitiva le tecniche di produzione dei frutti, per soddisfare anche l'ultimo anello della filiera, devono tenere in considerazione anche le problematiche ambientali, attraverso un razionale impiego di prodotti chimici e di risorse non sempre rinnovabili come gli apporti idrici. Prima di esaminare tutti i fattori che influiscono, positivamente o negativamente, sulla qualità delle produzioni è necessario approfondire come le attuali metodologie consentano di misurare i parametri che definiscono la qualità dei frutti. Infatti, nonostante l'unico giudizio vincolante sull'effettiva qualità del prodotto sia quello del consumatore, il mondo della ricerca scientifica e tutti gli operatori del settore frutticolo necessitano di strumenti capaci di misurare le caratteristiche del frutto strettamente correlate con la qualità (Abbot, 1999; Shewfelt, 1999).

Qualità merceologica e/o percepita dal consumatore

La qualità può essere espressa in diversi modi, per cui stabilire quali caratteristiche determinare e come misurarle può rivestire una notevole importanza qualora si voglia stabilire un framework di parametri e di valori per la determinazione della qualità dei frutti. Non va trascurato che, per i frutti che, come l'actinidia, sono inseriti in un circuito commerciale, la qualità viene definita da alcuni parametri affinché possa essere utilizzata ed avere la stessa rispondenza per tutti quelli che ricorrono ad una commercializzazione per via telematica. È per altro interessante notare dalla pagina-video che serve per effettuare l'acquisto che non sono richieste informazioni su parametri biochimici che indicano la qualità intrinseca dei frutti.

Chi consuma il frutto usa i sensi (sapore, olfatto, tatto, vista, udito) per valutare il frutto e la soddisfazione che ha nel consumarlo ed integra le diverse sensazioni in un giudizio finale sulla accettabilità. Per indicare nella stessa maniera una determinata qualità, le persone interessate alla definizione delle caratteristiche di qualità, per scopi di ricerca o di marketing o per altre ragioni, debbono trovare un unico linguaggio. Le strumentazioni diventano così essenziali per la riduzione della variabilità offrendo anche dati precisi ed obiettivi. . A fronte di tutto ciò, peraltro, la qualità dei frutti alla raccolta, durante il periodo di frigoconservazione e al momento del consumo è determinata attraverso un numero limitato di parametri (solidi solubili e durezza della polpa dei frutti soprattutto in actinidia, ed in alcuni casi anche acidità e contenuto in sostanza secca) che, al di là della possibilità di rappresentare realmente la qualità intrinseca dei frutti, sono ampiamente impiegati perché di pratica applicazione.

Dopo avere descritto quale sia il concetto di qualità per i diversi anelli della filiera, è importante capire quali siano gli strumenti per determinarla.

Strumenti per la misura della qualità

In generale i metodi per la determinazione oggettiva dei parametri qualitativi attualmente utilizzati possono essere distinti in metodi distruttivi e non distruttivi. I primi sono da sempre i più impiegati per l'analisi dei frutti e prevedono la distruzione degli stessi.

Metodi distruttivi

Tra i metodi distruttivi i più utilizzati sono quelli che richiedono la foratura dei frutti per determinare, attraverso un dinamometro, la durezza della polpa, oppure la distruzione del frutto al fine di poter estrarre il succo da sottoporre ad analisi del tenore zuccherino o dell'acidità titolabile.

La durezza della polpa si misura facilmente attraverso un particolare dinamometro, detto penetrometro, che registra la forza massima necessaria alla penetrazione di un puntale, di 8 o 11 mm di diametro, dopo aver tolto una porzione di epidermide, nella polpa del frutto. Con il procedere della maturazione si registra un intenerimento della polpa fino ad arrivare ad un valore di durezza che, al momento del consumo, dovrebbe attestarsi sui 2-3 kg di pressione.

Il tenore zuccherino di un frutto può essere facilmente determinato utilizzando un rifrattometro, strumento che misura la sostanza secca solubile (residuo secco rifrattometrico), sfruttando la proprietà di un succo zuccherino di deviare la luce (rifrazione). Il contenuto in sostanza secca solubile è assunto come misura approssimativa del contenuto in zuccheri, essendo questi i maggiori componenti della sostanza secca solubile dei frutti in corrispondenza della maturazione. Dal campione sottoposto ad analisi

sono prelevati due spicchi opposti del frutto dai quali è estratto il succo su cui effettuare la misura. Lo strumento di lettura, manuale o digitale, fornisce direttamente valori che corrispondono all'indice rifrattometrico (Ir) o residuo secco rifrattometrico (Rsr) espressi come °Brix.

Sul succo estratto dal frutto può essere determinata analiticamente anche l'acidità titolabile o acidità libera totale. Questo tipo di determinazione analitica si basa sulla neutralizzazione con una soluzione basica (idrossido di sodio) degli acidi presenti nel frutto. Il grado di neutralizzazione può essere osservato attraverso un pHmetro, un normale indicatore come per esempio la fenoftaleina, o utilizzando titolatori automatici.

L'attenzione crescente rivolta alla definizione di qualità ha portato alla messa a punto di strumentazioni più o meno automatiche che, accorpando diversi tipi di analisi, portano ad una notevole semplificazione delle procedure. Un secondo vantaggio di queste strumentazioni, oltre al risparmio di manodopera specializzata nell'effettuare i rilievi, è quello di rendere più uniformi e confrontabili i valori analitici. Un esempio di strumento completamente automatizzato, denominato "Pimprenelle" consente di misurare peso, durezza, residuo secco rifrattometrico, acidità e succosità su un campione di 30 frutti e di sintetizzare i risultati in un indice finale denominato "Indice Top". La crescente diffusione di questo strumento ha permesso di uniformare le misure e di renderle completamente confrontabili superando le diversità dovute all'utilizzo di strumenti non sempre identici e, in ogni caso, manuali.

La raccolta dei frutti di actinidia dovrebbe avvenire al di sopra di 6.2 °Brix. Anche per questa specie le misure possono essere effettuate tramite il Pimprenelle che negli ultimi anni è stato adottato in diversi magazzini italiani, soprattutto per stabilire il momento idoneo alla commercializzazione dei frutti.

Metodi non distruttivi

I metodi di rilevamento precedentemente illustrati prevedono, per l'effettuazione dell'analisi, il danneggiamento o la completa distruzione del campione, e quindi la perdita di un certo numero di frutti. Inoltre queste tecniche risultano particolarmente limitate tutte le volte che ci troviamo di fronte ad un'elevata variabilità di frutti (Smith et al., 1994). Da alcuni anni sono in corso ricerche e studi per la messa a punto di metodi che permettano la valutazione e l'analisi dei frutti senza danneggiarli e che, in alcuni casi, consentano di monitorare ogni singolo frutto.

Insieme alla durezza della polpa, il grado zuccherino e l'acidità titolabile, generalmente, e da alcuni anni, si può procedere alla misura del colore dell'epidermide del frutto, indice non distruttivo in questo caso, con l'obiettivo di individuare il momento ottimale per la raccolta dei frutti. A questo scopo sono state messe a punto delle carte colorimetriche per le diverse specie frutticole e, all'interno di queste, per le diverse varietà (Vaysse e Reynier, 2001). L'utilizzo di queste carte può fornire un'indicazione oggettiva del colore dei frutti anche se non sempre questo è strettamente correlato all'effettivo stato di maturazione (Abbott, 1999). Purtroppo, anche per quest'ultimo motivo, l'utilizzo delle carte colorimetriche è poco diffuso in campagna a causa della discostante considerazione che il colore, o sopraccolore, dei frutti assume, in fase di commercializzazione. Talvolta non si riscontrano differenziazioni nella liquidazione commerciale di prodotti che tengono conto di caratteristiche qualitative differenti dal calibro e dall'assenza di difetti e quasi mai risulta evidenziato se il prodotto deriva dalla prima o dalle successive raccolte. Per il rilievo del colore ci si può avvalere anche di strumenti quali i colorimetri e gli spettrofotometri.

Diversamente dalla colorazione del frutto, la ricerca ha messo a punto analisi molto più accurate, ed anche più complicate, individuando specifiche correlazioni tra alcune caratteristiche interne del frutto, rilevabili strumentalmente dall'esterno, ed i parametri qualitativi da analizzare (Abbott, 1999).

Le ricerche effettuate e pubblicate in questi anni sono state numerose e sono basate sull'applicazione di tecnologie elettromagnetiche, meccaniche ed elettrochimiche (Watada, 1995; Abbott, 1997; Abbott, 1999).

Tecnologie elettromagnetiche

Tra le nuove tecnologie per la misurazione della qualità dei prodotti ortofrutticoli, le più studiate dal mondo scientifico sono queste. Tra le varie tecnologie possiamo annoverare tecniche che studiano le caratteristiche ottiche dei frutti, principalmente utilizzando la riflettanza, ma anche tecniche che prevedono l'applicazione di fluorescenza, raggi X, raggi gamma, risonanza magnetica e proprietà dielettriche del frutto. All'interno di questo gruppo di nuove tecnologie applicate alla valutazione non distruttiva della qualità dei frutti le più studiate sono quelle che prevedono lo studio delle caratteristiche ottiche. In particolare la metodologia basata sulla riflettanza nella regione dell'infrarosso vicino (Near Infra-Red: NIR), per la determinazione dei solidi solubili, è giunta a risultati molto promettenti su frutti di diverse specie frutticole (Peiris, 1999): pesco (Peiris, 1998; Costa, 2001), albicocco (Carlini, 1998), ciliegio (Lu, 2001), actinidia (McGlone e Kawano, 1998; Schaare e Fraser, 2000), melo (Lammertyn, 1997; Ventura, 1998; Peirs, 2001; McGlone, 2002 a), mandarino (Kawano, 1993), lime (Greensill e Newman, 2001), datteri (Schmilovitch, 1999), avocado (Schmilovitch, 1997), mango e ananas (Guthrie e Walsh, 1997; Schmilovitch, 2000).

Lo studio delle caratteristiche ottiche del frutto nasce come applicazione di studi effettuati sulle caratteristiche ottiche delle foglie. Quest'ultime, e con alcuni accorgimenti anche quelle del frutto, sono rappresentate dalla percentuale di radiazione incidente che è riflessa (riflettanza), assorbita (assorbanza) e trasmessa (trasmittanza) dalla superficie fogliare o dall'epidermide del frutto. Gli spettri che si ottengono misurando le caratteristiche ottiche, per mezzo di uno spettroradiometro accoppiato ad una sfera integrante, lungo uno spettro generalmente compreso tra 400 e 1100 nm di lunghezza d'onda, sono caratterizzati da andamenti diversi sia per le differenti specie sia nelle eterogenee condizioni colturali, ed eventualmente di stress, imposte alle piante. La radiazione incidente utilizzata normalmente comprende le lunghezze d'onda del visibile (400-700 nm), dell'infrarosso (700-2500 nm) e, talvolta, di parte dell'ultravioletto (4-400 nm) (Abbott, 1999). I numerosi studi effettuati su moltissime specie erbacee, orticole ed arboree negli ultimi anni hanno evidenziato una strettissima correlazione tra le percentuali di riflettanza, assorbanza e trasmittanza e le caratteristiche delle foglie in diverse condizioni colturali. Numerosi studi hanno dimostrato che, nel caso di spettri fogliari, l'alterazione della riflettanza nel visibile (400-720 nm) dipende dalla sensibilità della clorofilla a stress di varia origine, mentre l'aumento della riflettanza nel rosso lontano (690-720 nm; Far-Red) rappresenta una generica risposta a situazioni di stress. La riflettanza nel visibile aumenta in seguito alla diminuzione della disponibilità di nutrienti, all'eccesso di salinità nel suolo, agli attacchi di insetti, alla competizione tra le piante. Tra 600 e 700 nm sono state rilevate differenti percentuali di riflettanza in risposta all'ozono, alle piogge acide, alla perdita di acqua, all'insufficiente infezione delle radici da parte di ectomicorrize e ad altri agenti di stress (Carter, 1993; Carter e Young, 1993; Carter e Knapp, 2001). Gli studi effettuati in questo campo hanno portato alla definizione di alcuni

indici, derivanti da rapporti tra riflettanza a determinate lunghezze d'onda, particolarmente efficaci nel descrivere situazioni di stress. Per esempio, il rapporto tra la riflettanza a 698 nm e quella a 760 nm è strettamente correlato alla concentrazione di clorofilla (Moran et al., 2000), mentre i rapporti tra le riflettanze misurate rispettivamente a 695 e 420 nm e a 695 e 760 nm sono strettamente correlati con varie situazioni di stress dovute a erbicidi, patogeni vari, danni da ozono, senescenza fogliare e disidratazione dei tessuti (Carter, 1994). Molti altri indici sono strettamente correlati con altre caratteristiche delle foglie, tra le quali: contenuto di antociani (Gamon e Surfus, 1999), nutrizione azotata (Sembiring et al., 2000), rapporti carotenoidi/clorofilla (Penuelas et al., 1995), efficienza d'uso della radiazione fotosintetica (Penuelas e Filella, 1998; Carter e Knapp, 2001) e contenuto idrico (Penuelas e Inoue, 1999).

Diversamente dagli studi effettuati sulle foglie, per le caratteristiche ottiche del frutto la ricerca scientifica ha utilizzato prevalentemente lunghezze d'onda nella regione dell'infrarosso vicino (Near Infrared Reflectance: NIR) comprese tra 800 e 2500 nm. Come nel caso precedente il metodo consiste nella misurazione della quantità di luce assorbita dal frutto attraversato da fasci luminosi di lunghezza d'onda specifica. Infatti, quando il frutto è illuminato, la luce penetra per alcuni millimetri oltre la buccia e una piccola parte dell'energia è riflessa tornando verso l'esterno. I legami chimici delle molecole presenti nel frutto assorbono l'energia associata a specifiche lunghezze d'onda proporzionalmente alla quantità di molecole presenti, pertanto questa quantità può essere ricavata dalla misura dell'assorbimento di energia (Ventura e De Jager, 1997). Questa tecnologia è stata utilizzata con soddisfacenti risultati per stabilire una relazione tra gli spettri ottenuti ed alcuni parametri qualitativi come acidità, contenuto in solidi solubili, consistenza della polpa e difetti presenti sull'epidermide dei frutti (Lammertyn et al., 2000; McGlone et al.,

2002a; McGlone et al., 2002b). Recentemente questa tecnologia è stata valutata positivamente anche per esaminare la presenza di marciumi interni nelle mele (Eccher Zerbini et al., 2002; Clark et al., 2003). Utilizzando la tecnologia NIR è stato possibile, infine, determinare il contenuto in olio di noce e avocado (Abbott, 1999).

Un altro metodo non distruttivo per rilevare la qualità di un frutto consiste nell'applicazione di misure di fluorescenza e di fluorescenza ritardata. La fluorescenza è la capacità che hanno i pigmenti che partecipano alla fotosintesi di perdere l'energia di eccitazione, dovuta all'assorbimento di luce ad alta energia, con una combinazione di calore e produzione di fluorescenza (sviluppo di luce ad energia più bassa, lunghezza d'onda più lunga, in concomitanza con la rapida caduta di energia dell'elettrone eccitato). Nel caso della fluorescenza ritardata (DLE: Delayed Light Emission), la clorofilla è eccitata tramite una reazione inversa degli intermediari della via fotosintetica. L'eccitazione e l'emissione degli spettri sono molto simili nei due casi, quello che cambia è il tempo che intercorre tra l'eccitazione e l'emissione dello spettro. Nel caso della fluorescenza l'emissione dello spettro avviene pochi istanti dopo l'eccitazione (da pochi nanosecondi fino a 5 secondi) mentre per la DLE l'emissione può durare fino ad un'ora (Abbott et al., 1997; Abbott, 1999). Le misure di fluorescenza sono comunemente utilizzate per studiare l'attività fotosintetica delle foglie; in generale, il contenuto di clorofilla e la sua attività fotosintetica risultano strettamente correlati alla maturità dell'organo vegetale e alla presenza di anomalie. Con il procedere della maturazione il contenuto di clorofilla dei frutti diminuisce progressivamente, per questo motivo la fluorescenza è stata utilizzata come possibile metodologia per misurare la maturazione dei frutti che vengono raccolti prima dell'invasatura (Abbott et al., 1997; Abbott, 1999).

I raggi X e γ possono essere utilizzati per esaminare l'interno di molti prodotti agricoli. Entrambi sono radiazioni elettromagnetiche caratterizzate da lunghezze d'onda corta. I raggi X hanno origine dalla perdita di energia di un orbitale eccitato di un elettrone, mentre i raggi gamma sono il prodotto di una trasformazione nucleare. L'intensità di energia che esce dal prodotto è dipendente dall'energia incidente, dal coefficiente di assorbimento, dalla densità e dalle dimensioni del prodotto. L'alto contenuto di acqua nei frutti e nei vegetali influenza l'assorbimento di raggi X. Mutamenti fisiologici e anatomici all'interno dei tessuti vegetali dovuti, per esempio, alla morte di cellule, a situazioni di stress idrico o ad attacchi di patogeni hanno effetti negativi sulla qualità dei frutti. Queste mutazioni sono facilmente determinabili per mezzo dei raggi X.

La risonanza magnetica si basa sul fatto che alcuni nuclei (H, C, P, Na) interagiscono con le radiazioni elettromagnetiche delle frequenze radio in presenza di un campo magnetico esterno. Questa tecnica non distruttiva è stata applicata con successo per studiare il flusso dell'acqua nelle piante, la presenza di infezioni fungine, la presenza di insetti, l'umidità del suolo, la presenza di cambiamenti nei tessuti vegetali durante la maturazione o in presenza di stress termici e idrici (Abbott, 1999). I pochi studi effettuati sui frutti mostrano come la valutazione reologica delle immagini consenta di identificare le alterazioni fisiologiche dei frutti, valutare il grado di mobilità dell'acqua, la tessitura e l'indice di maturazione. Inoltre la tecnica permette l'individuazione della presenza di semi, di fisiopatie ed infezioni latenti (Costa et al., 2002).

Tecnologie meccaniche

Queste tecnologie sono, rispetto alle precedenti, meno utilizzate anche nell'ambito della ricerca; tuttavia, negli ultimi anni, ricercatori hanno sviluppato e messo a punto tecniche

che sfruttano le proprietà meccaniche correlate con la tessitura dei tessuti vegetali. I frutti e gli altri tessuti, presentano una risposta visco-elastica, sotto la pressione di forze meccaniche, che dipende dalla forza applicata e dalla velocità con la quale essa è impressa. Per comodità pratica la risposta è presunta essere sempre elastica e la velocità di applicazione della forza è generalmente ignorata. Molte nuove tecniche, basate sulle misure dei coefficienti di elasticità e sulle frequenze di risonanza, sono state studiate negli ultimi anni e, molto spesso, comparate con i risultati ottenibili con il classico penetrometro (Hung et al., 1999). Nonostante il metodo classico sia distruttivo, i nuovi metodi non sempre riescono a stimare con la stessa efficienza la consistenza della polpa: lavori di comparazione tra i vari metodi sono stati eseguiti su melo ed actinidia con risultati differenti. Mentre per l'actinidia i risultati ottenuti con i nuovi metodi non distruttivi risultavano strettamente correlati con le misure ottenute con il penetrometro, nel caso del melo i risultati discostavano enormemente (Abbott et al., 1997; Abbott e Massie, 1998). Per questo motivo alcuni Autori hanno proposto di utilizzare il coefficiente di elasticità come un parametro a sé stante, introducendolo negli standard di riferimento varietali (Magnanini et al., 2001).

Tecnologie elettrochimiche

Le ultime tecnologie non distruttive, in termini temporali, sono quelle elettrochimiche, più complesse e che necessitano più delle altre di un supplemento di ricerca.

Queste tecnologie si basano sulla capacità che hanno particolari "nasi elettronici" di riconoscere alcuni composti volatili. La loro concentrazione aumenta con la maturazione di un frutto e il rilascio di questi composti nell'atmosfera circostante è responsabile dell'aroma. Questi composti volatili possono essere sia aromatici che non aromatici e

comprendono etilene, esteri etilici, acetaldeide, etanolo ed esteri acetati. I rilevatori di gas sfruttano la diversa conducibilità elettrica di alcuni semiconduttori, basati su differenti polimeri ed ossidi metallici, in presenza di determinati composti volatili. Tuttavia questi rilevatori non sono specifici per un particolare composto volatile ma in genere ogni semiconduttore è sensibile ad una particolare classe di composti. Una batteria di rilevatori può costituire un "naso elettronico" che può dare una misura della maturità del frutto o della presenza di difetti. Questa tecnica si è recentemente affacciata nell'industria agroalimentare e nel comparto della frutta fresca. Il naso elettronico mima il funzionamento di un naso naturale ed ha il pregio di offrire dati scevri da ogni interpretazione soggettiva (Di Natale et alii, 1997). Le principali differenze tra il naso elettronico e quello umano risiedono nel fatto che, mentre le informazioni che derivano dal naso elettronico possono essere adeguatamente elaborate, espresse, memorizzate e comunicate completamente quelle ottenute dal naso e dalla lingua umana sono vaghe, difficili da descrivere e memorizzare. Il naso elettronico è rappresentato fondamentalmente da tre elementi: un array di sensori esposti al flusso di aria contenente le sostanze da esaminare, sistemi di conversione dei segnali raccolti dai sensori in una forma grafica ed un software per l'elaborazione statistica dei dati raccolti. Esistono diversi tipi di nasi elettronici che sostanzialmente impiegano lo stesso principio di funzionamento e che differiscono per il tipo di sensori impiegati (trasduttori di massa, chemi-resistori oppure che utilizzano strategie ibride). Allo stato attuale il naso elettronico è stato testato su mele, mirtilli, meloni e fragole (Simon et al., 1996).

Densità dei frutti

Questa può essere utilizzata come indice non distruttivo della qualità e della maturazione, essendo strettamente correlata con quest'ultima. Infatti, durante la fase di maturazione, e successivamente alla raccolta per i frutti climaterici, la densità dei frutti tende a diminuire. Questa diminuzione è il risultato di modifiche nella struttura cellulare (soprattutto della parete), nel contenuto in solidi solubili e nell'idratazione dei tessuti. Inoltre, la variazione di densità nei frutti può essere causata da alterazioni dovute a malattie o danni meccanici. Sono molte le applicazioni pratiche, e teoriche, che permettono di sfruttare questa caratteristica. Tra queste la più importante è, sicuramente, quella che sfrutta la diversa capacità di galleggiamento dei frutti in base alla loro differente densità, all'interno di vasche opportunamente riempite di un liquido a densità adeguatamente scelta in funzione della specie e della varietà. In questo modo i frutti possono essere facilmente suddivisi e selezionati (Abbott et al., 1997). Purtroppo la densità dei frutti varia notevolmente non soltanto tra le diverse specie, ma anche tra le differenti cultivar. Questa caratteristica rende la tecnologia non sempre di facile utilizzo in tutte quelle situazioni in cui le varietà utilizzate sono molteplici. Al contrario, la densità è utilizzata con successo nel caso dell'actinidia grazie al fatto che, in pratica, l'unica varietà commerciale coltivata è l'Hayward. Studi recenti hanno dimostrato che la densità dei frutti è strettamente correlata con la sostanza secca e con la concentrazione degli zuccheri e dell'amido nei frutti (Jordan et al., 2000).

Analisi sensoriali

Oltre alle analisi che cercano di quantificare oggettivamente i parametri legati alla qualità dei frutti è necessario accennare ad alcune metodologie che permettono una definizione

della qualità strettamente correlata alle aspettative del consumatore. Quest'ultimo, infatti, associa strettamente la qualità alle caratteristiche gustative del frutto più che alle altre caratteristiche oggettive quali calibro, aspetto esteriore, assenza di difetti. Con questo scopo è stata messa a punto una metodologia scientifica, basata su analisi sensoriali descrittive (*panel test*), con il fine di identificare ed analizzare le caratteristiche organolettiche dei frutti attraverso i sensi umani. Nell'impiego delle analisi sensoriali è, innanzitutto, necessario stabilire lo scopo da perseguire poiché, in funzione dello scopo, cambiano radicalmente i metodi da adottare e cambia anche la scelta degli assaggiatori da impiegare.

La valutazione delle caratteristiche gustative della frutta è affidata ad un gruppo di assaggiatori che descrivono il prodotto quantificando l'intensità di vari parametri gustativi. Gli assaggiatori (in numero di 10-20) sono selezionati sulla base delle loro capacità di distinguere le caratteristiche sensoriali, di valutarne l'intensità e di esprimere giudizi costanti e ripetibili. In genere, quando si valuta un alimento si prendono in considerazione quattro sapori fondamentali: dolce, acido, amaro e salato; nel caso della frutta risultano importanti soltanto i primi tre gusti base, che spesso sono intimamente legati tra loro e la percezione dell'uno è fortemente condizionata dalla presenza dell'altro. Oltre alle analisi sensoriali descrittive è possibile, modificando il criterio di selezione degli assaggiatori, effettuare anche analisi sensoriali edonistiche. Questo test aiuta nell'individuazione dei parametri che più influenzano il consumatore e ne misurano il grado di soddisfazione. In questo caso gli assaggiatori possono essere anche inesperti purché siano molto numerosi (da 100 fino a 1000) e rappresentativi della popolazione a cui il prodotto è rivolto. Il principale vantaggio derivante dall'utilizzazione di queste analisi sensoriali è la possibilità di

individuare e misurare le sensazioni percepite dal consumatore, in modo da avere una stima del gradimento, della soddisfazione e dell'accettabilità del prodotto.

L'utilizzo di queste analisi è, tuttavia, limitato da due importanti fattori. In primo luogo è necessario che sia stabilita una metodologia standard, supportata da rigorosi metodi statistici, in grado di convalidarne i risultati. Inoltre, questo tipo di analisi risulta effettivamente significativo soltanto quando esiste una stretta corrispondenza tra il campione analizzato ed il lotto commercializzabile. Purtroppo, ogni singolo frutto è diverso dall'altro e quelli esaminati, per quanto rappresentativi, non avranno mai le stesse caratteristiche del lotto posto in vendita (Casamenti et al., 2000a).

Per una valutazione completa delle caratteristiche gustative del frutto è necessario stabilire una relazione tra le misure chimico-fisiche oggettivamente misurate ed i risultati delle analisi sensoriali, evidenziando quali parametri strumentali siano maggiormente correlati ad una qualità effettivamente rilevabile al consumo. Molteplici esperienze hanno evidenziato numerosi aspetti riguardanti vari parametri qualitativi. La misura del contenuto in zuccheri (Indice rifrattometrico) non sempre è associata all'intensità del gusto dolce percepito dagli assaggiatori; nel caso di pesche molto acide esistono numerose difficoltà a percepire il gusto dolce che risulta quindi fortemente mascherato dall'effetto dell'acidità. La percezione del gusto dolce, da parte del consumatore, è la stessa sia con pesche a basso tenore in zuccheri e acidità (10.5°Brix e 8 meq/100 ml) sia con valori decisamente più alti per entrambi i parametri (12°Brix e 13 meq/100 ml) (Scandella e Kraeutler, 1996). Quest'ultima constatazione ha portato a considerare la stretta correlazione tra il rapporto "indice rifrattometrico/acidità totale" e il sapore dei frutti, rilevabile sensorialmente. In albicocco, quest'ultimo parametro è stato trovato strettamente correlato con il sapore dei frutti (Guerriero et al., 2001). La misura dell'acidità, al contrario, è un ottimo indicatore

delle caratteristiche di succosità e di tessitura rilevate dall'assaggiatore. Infine, l'intensità del profumo percepita dagli assaggiatori non è correlata in maniera significativa con alcun parametro chimico fisico misurabile per via strumentale (Casamenti et al., 2000 a).

Definizione di qualità in Actinidia

Strumenti di determinazione della qualità

Nell'actinidia, l'epoca di raccolta dei frutti così come le "caratteristiche organolettiche" sono tradizionalmente determinate tramite il contenuto in solidi solubili (determinato con il rifrattometro) e la durezza della polpa (determinata con il penetrometro)(Testolin et al., 1994; Costa et al., 1999a; Andreotti et al., 2000; Costa et al., 2003). L'actinidia purtroppo non si avvale di altri indicatori al pari di quanto accade per altri frutti. La pezzatura non presenta variazioni significative negli ultimi due mesi circa prima della raccolta né tantomeno la colorazione dell'epidermide del frutto può essere assunta come possibile ulteriore parametro per la definizione dell'epoca di raccolta o di significative modificazioni che avvengono durante il processo di maturazione. L'indice rifrattometrico è attualmente il parametro più importante per stabilire il momento della raccolta (sotto i 6,2° Brix infatti non sarebbe consentito iniziarla) mentre la durezza della polpa è il parametro importante per la durata della frigoconservazione; infatti quando la durezza della polpa raggiunge valori intorno a 2,5 Kg/cm² i frutti debbono essere rapidamente commercializzati. Queste determinazioni vengono anche eseguite in modo semiautomatico attraverso l'impiego di una attrezzatura denominata Pemprinelle e che è stata adottata abbastanza diffusamente in diversi magazzini in Italia negli ultimi anni.

Questi parametri sono determinati con metodologie di tipo distruttivo, e di conseguenza, il numero di frutti che viene campionato per le analisi, può non essere rappresentativo della totalità dei frutti esaminata. A complicare il quadro va tenuto presente che esistono risultati di sperimentazioni specifiche che indicano che i frutti di una stessa pianta sono caratterizzati da una ampissima variabilità (Smith et al., 1994) e ciò può rendere ancora più difficoltosa la scelta del campione di frutti da esaminare.

È possibile suddividere i frutti in base alla loro maturazione impiegando l'indice penetrometrico e rifrattometrico? I risultati di una recente indagine rivolta ad esaminare l'influenza di raccolte effettuate anticipatamente, prima che i frutti avessero raggiunto i 6,2° Brix, sulle caratteristiche della qualità dei frutti ha evidenziato che sulla base degli indici citati non si riesce a formare campioni di frutti omogenei per raccolta e che vi sono evidenti limiti. Dall'esame della figura 2 si evince infatti che solo i frutti delle raccolte più precoci si distinguono da quelli delle raccolte più tardive mentre non è chiaramente possibile distinguere i frutti derivanti dalle tre raccolte intermedie.

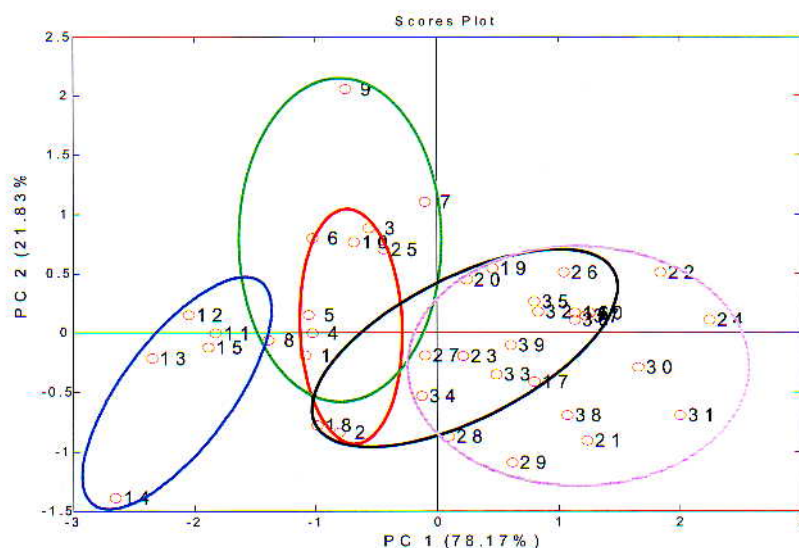


Fig. 2- Riconoscimento dei frutti delle diverse epoche di raccolta in base alle tradizionali analisi distruttive (durezza e SSC). Ogni colore rappresenta una diversa epoca di raccolta.

Recentemente la Nuova Zelanda ha proposto nuovi criteri per stabilire il momento più opportuno per effettuare la raccolta. Il nuovo metodo denominato "Kiwistart" impone che la raccolta inizi 140 giorni dopo la piena fioritura, richiede che il residuo secco rifrattometrico raggiunto dai frutti raggiunga i 5,5° Brix di media con nessun frutto

inferiore a 5° Brix e che il contenuto in sostanza secca raggiunga il 15,5% con nessun frutto inferiore ad un valore del 15%; i semi inoltre devono essere caratterizzati da un colore scuro. Tale metodo, proposto anche per rispondere alla concorrenza delle produzioni più precoci di Hayward del Cile, vuole assicurare un adeguato livello di qualità dei frutti di Hayward. Peraltro questi parametri non si adattano bene ai frutti di Hayward coltivati nelle condizioni pedoclimatiche italiane: non vi sono differenze per quanto riguarda il colore dei semi, 140 giorni dalla piena fioritura sono pochi per garantire un'adeguata qualità dei frutti né il parametro che poteva apparire più interessante, la sostanza secca, risponde da solo a migliorare la definizione dell'epoca di raccolta. Infatti esistono differenze sostanziali nell'evoluzione dell'accumulo della sostanza secca nei frutti della Nuova Zelanda rispetto a quello che accade nei frutti italiani. Come si evince dalla figura 3, mentre in Nuova Zelanda la sostanza secca cresce significativamente nell'ultimo periodo, nelle nostre condizioni colturali non vi sono modificazioni importanti nel contenuto della sostanza secca che consentano l'utilizzo di solo questo parametro per la determinazione più accurata dell'epoca di raccolta.

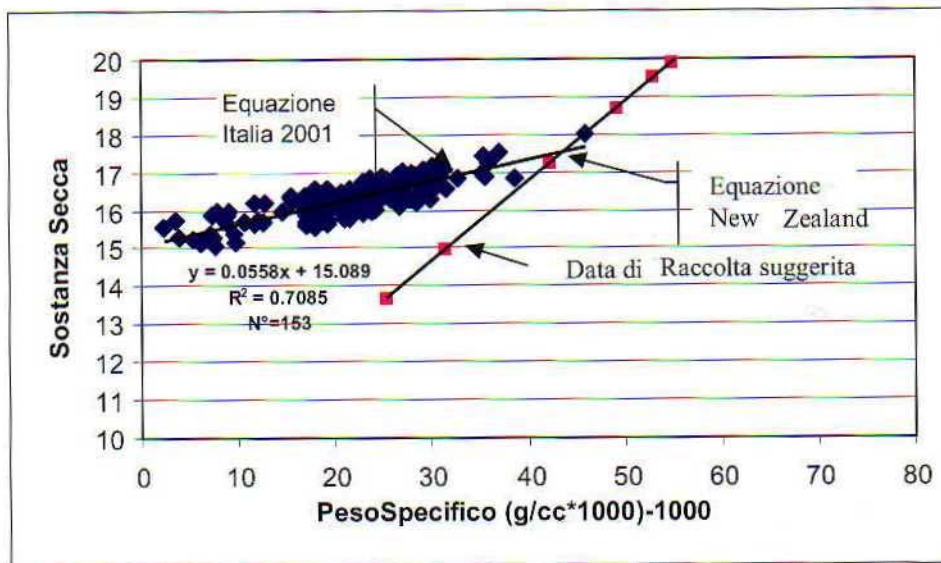
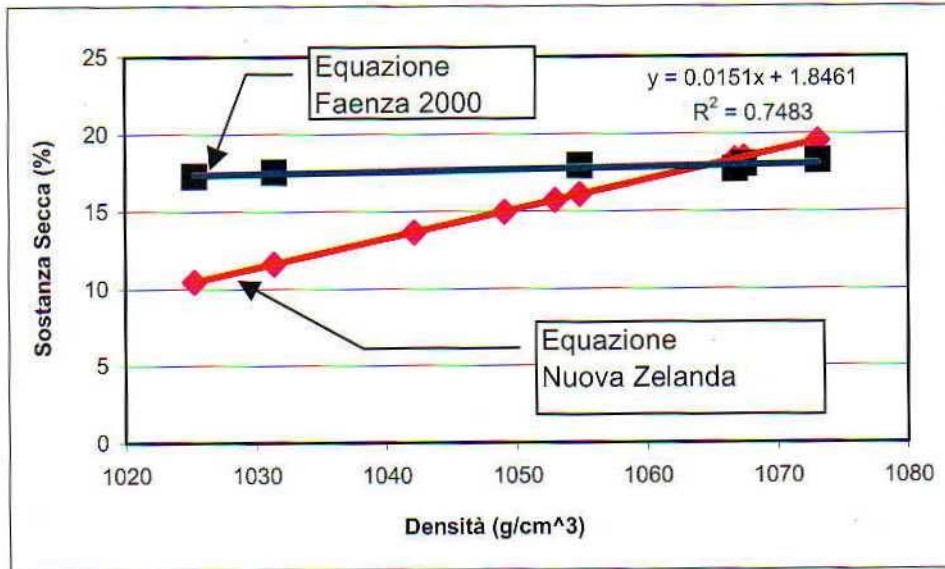


Fig. 3- Scatterplot relativo alla sostanza secca dei frutti in funzione del peso specifico: confronto tra l'equazione ottenuta in Italia nel 2001 e quelle ottenute in Nuova Zelanda (Jordan et al., 2001).

Recentemente sono stati proposti metodi non distruttivi capaci di valutare attraverso lo studio delle proprietà chimiche, fisiche e chimico-fisiche dei frutti le caratteristiche esterne ed interne dei prodotti ortofrutticoli. Questi sistemi si basano su principi elettromagnetici (NIRs – spettroscopia nell'infrarosso vicino -, NMR – risonanza magnetica -, analisi di immagini di fluorescenza), elettrochimici (naso elettronico) ed elettromeccanici (impatto). Questi sistemi, non prevedendo la distruzione dei campioni, offrono la possibilità di esaminare i campioni molto numerosi, o addirittura di tutta la partita di frutti esaminata, consentono di determinare diversi parametri con una unica lettura e quindi di aumentare il numero di utili informazioni sullo specifico fenomeno studiato. In specifiche prove condotte con il NIRs (figura 4) è stato infatti possibile determinare, oltre al contenuto in solidi solubili e alla durezza della polpa, anche altri parametri, tra cui gli zuccheri e gli acidi organici con una accettabile precisione in tempi estremamente rapidi con una sola lettura: l'impiego di queste strumentazioni unirebbe quindi alla possibilità di leggere parametri precisi una buona rapidità di esecuzione. Alcune di queste strumentazioni inoltre consentono di ripetere verifiche sullo stesso campione di frutti anche in condizioni di pieno campo offrendo così la possibilità di monitorare sulla pianta l'evoluzione di alcuni parametri di maturazione e di stabilire con precisione il momento più opportuno nel quale effettuare la raccolta.

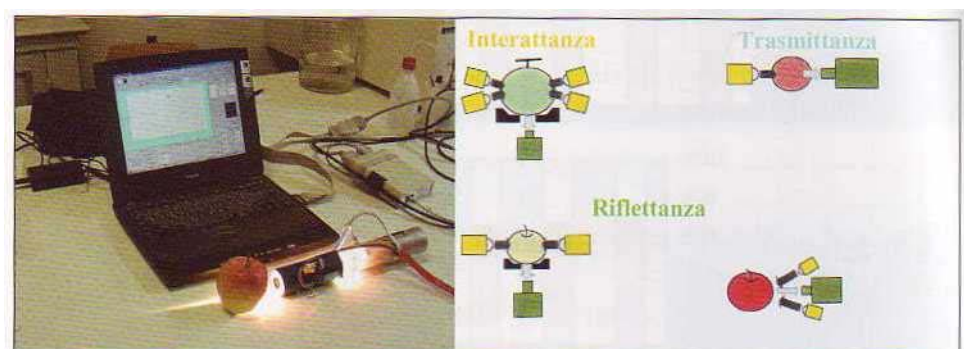


Fig. 4- Strumentazione portatile NIRs. Le strumentazioni impiegate lavorano in tre sistemi: "riflettanza", "trasmittanza" e "interattanza" a seconda che il detector sia posizionato dalla stessa parte dell'origine della sorgente luminosa o dalla parte opposta oltre al frutto da esaminare.

I metodi fluorimetrici usati classicamente per quantificare il contenuto in clorofilla consistono nel misurare l'intensità, fotodiodi opportunamente filtrati, della fluorescenza stimolata dall'illuminazione del campione con una luce (luce attinica) avente lunghezza d'onda in una delle due bande di assorbimento. Poiché durante il processo di maturazione si ha una progressiva riduzione del contenuto di clorofilla, si assume questa riduzione nella misura della fluorescenza della clorofilla come indicatore del livello di maturazione del frutto (Guidetti et al., 1998). Le applicazioni su actinidia di questa tecnica potrebbero consentire la determinazione del mutamento del colore della polpa del frutto. Ciò può essere rilevante sia per la Hayward, dove l'intensità del colore verde può rappresentare un ulteriore indice di qualità del frutto ed anche nella cultivar Zespri Gold, dove la raccolta deve essere effettuata quando avviene un determinato viraggio del colore della polpa del frutto dal verde al giallo, affinché il frutto sia in grado di raggiungere elevati livelli di qualità (figura 5).

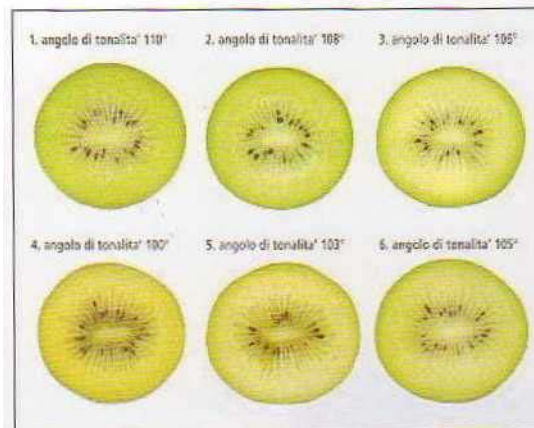


Fig. 5- Modificazioni del colore della polpa della cv Zespri Gold. Il momento della raccolta viene scelto anche sulla base del colore. I frutti vengono considerati maturi quando la polpa è gialla. La raccolta viene eseguita quando la totale colorazione gialla ha un angolo di circa 100°, ma frutti con un valore di 105° sono accettabili.

La tecnologia sfrutta le onde sonore che vengono emesse quando il frutto cade su di un trasduttore oppure quando il trasduttore impatta il frutto. Il tracciato forza/tempo o forza/frequenza di queste onde, che può essere trasmesso riflesso, rifratto o diffratto dall'impatto viene registrato. Il frutto vibra con diversa energia quando eccitato evidenziando ampiezze diverse dei picchi registrati (risonanza), e la risonanza è correlata all'elasticità, agli attriti interni, alla forma, alla pezzatura ed alla densità (Lu e Abbott, 1997; Abbott, 1999). Anche questa attrezzatura potrebbe essere utilmente impiegata su actinidia, per valutare la durezza della polpa, parametro questo che è di difficile lettura sia con le strumentazioni di tipo distruttivo-penetrometriche sia con altre di tipo non distruttivo. I valori raggiunti dal frutto al momento della raccolta sono infatti molto elevati, di difficile lettura e in alcune situazioni poco indicativi. I primi studi condotti con la tecnica NIRs su actinidia risalgono alla fine degli anni '90. Gli studi furono effettuati in primo luogo per evidenziare la possibilità di operare anche su actinidia con questa tecnica. Il contenuto in solidi solubili e la durezza della polpa sono stati i primi parametri presi in considerazione

in quanto rappresentavano i parametri più utilizzati, erano una facile misura di riferimento per le correlazioni, rapida da ottenere con i metodi distruttivi ed inoltre potevano essere determinati in numero elevato. I risultati ottenuti indicarono che le equazioni di calibrazione ottenute consentivano una predizione interessante: lo scatter plot ed i risultati dell'analisi statistica effettuata (regressione multipla lineare – forward stepwise) per contenuto in solidi solubili indica la bontà del risultato ottenuto.

I tradizionali sistemi di valutazione del frutto di actinidia sono basati sulla stima delle caratteristiche esterne, come il peso e l'aspetto. Di solito si richiede una selezione manuale eseguita da operatori per eliminare frutti deformi, con presenza di macchie, ammaccature, infezioni fungine e da litofagi. Gli operatori addetti al confezionamento, inoltre, garantiscono che i frutti di una stessa cassetta siano di aspetto uniforme. Per selezionare i frutti sulla base di dimensione, colore, forma e presenza di macchie, sono stati sviluppati degli strumenti ottici costituiti da macchine fotografiche provviste di dispositivi a coppie elettriche (Kawano, 1994). La dimensione del frutto è ricavata dal diametro o dalla lunghezza, il colore dalla media dei colori degli istogrammi di tutti i pixel, e la superficie dell'epidermide danneggiata è calcolata dal numero di pixels che ha un'intensità di luce riflessa più bassa di quella limite.

La variabilità nell'ambito della pianta è per lo più attribuibile alla posizione che il frutto occupa nella chioma. La differente posizione dei frutti su un singolo germoglio è responsabile di oltre il 56% delle variazioni totali. Nonostante la considerevole variabilità sul tralcio, si possono creare facilmente, a livello della chioma, modelli attendibili riguardanti le caratteristiche dei frutti (Smith et al., 1994). La maggior parte dei frutti con caratteristiche superiori (dimensioni appropriate, forma, solidi solubili e Sali minerali) è prodotta nella parte più fogliosa della chioma, vicino al cordone (tab. 1 e 2).

Tab. 1 – Posizione dei frutti commerciabili nella chioma di piante allevate a doppia pergoleta

Posizione dei frutti nella chioma	Frutti di qualità superiore ⁽¹⁾ (%)	Frutti di qualità mista ⁽²⁾ (%)
Ovest inferiore	5	63
Ovest medio	10	56
Cordone	17	44
Est superiore	11	56
Est inferiore	7	63

¹Frutti di peso compreso tra 71 e 165 g, non deformi, SSC>12,9 °Brix, durezza della polpa >3,1 Kg;

²Frutti di peso compreso tra 71 e 165 g, non deformi, ma con valori medi di contenuto in solidi solubili e/o durezza della polpa inferiori a quelli elencati al punto ⁽¹⁾

Tab. 2 – Posizione dei frutti commerciabili nella chioma di piante allevate a tendone.

Posizione dei frutti nella chioma	Frutti di qualità superiore ⁽¹⁾ (%)	Frutti di qualità mista ⁽²⁾ (%)
Ovest esterno	16	56
Ovest interno	21	46
Cordone	27	41
Est esterno	22	51
Est interno	16	55

¹Frutti di peso compreso tra 71 e 165 g, non deformi, SSC >12,9 °Brix, durezza della polpa >3,1 Kg;

²Frutti di peso compreso tra 71 e 165 g, non deformi, ma con valori medi di contenuto in solidi solubili e/o durezza della polpa inferiori a quelli elencati al punto ⁽¹⁾

Frutti con caratteristiche meno desiderabili sono prodotti all'estremità della chioma, dove il LAI è minore. Recenti ricerche sull'analisi sensoriale dei frutti confermano che quelli provenienti da chiome fitte possiedono aromi più gradevoli rispetto a quelli di chiome meno dense (McMath, 1992). Il grado di variabilità delle caratteristiche dei frutti all'interno della chioma diventa ancora più rilevante in relazione al metodo di campionamento per stabilire la maturazione del frutto e quindi la data di raccolta. Attraverso l'analisi spaziale della chioma Smith et al (1994) hanno potuto dimostrare che il metodo di campionamento standard di Harman (1981) è influenzato dalle caratteristiche sistematiche dei frutti. Ad esempio, scegliendo i frutti solo da una piccola zona della parte superiore della chioma i solidi solubili sono stati sovrastimati di circa il 95% quando rapportati all'intera pianta.

Per ovviare a questo inconveniente, è stato messo a punto un metodo di rilevamento che consiste nella campionatura sistematica dei frutti basata sulla loro posizione gerarchica all'interno della pianta (Miles et al., 1996). Diversamente dallo schema standard di campionamento, in cui i frutti sono scelti in una specifica zona della chioma, il metodo proposto tiene conto della variabilità entro l'intera pianta, in modo da fornire una stima più rappresentativa delle caratteristiche medie dei frutti testati.

I tradizionali sistemi di valutazione del frutto di actinidia sono basati sulla stima delle caratteristiche esterne, come il peso e l'aspetto. Di solito si richiede una selezione manuale eseguita da operatori per eliminare frutti deformi, con presenza di macchie, ammaccature, infezioni fungine e da litofagi. Gli operatori addetti al confezionamento, inoltre, garantiscono che i frutti di una stessa cassetta siano di aspetto uniforme. Per selezionare i frutti sulla base di dimensione, colore, forma e presenza di macchie, sono stati sviluppati degli strumenti ottici costituiti da macchine fotografiche provviste di dispositivi a coppie elettriche (Kawano, 1994). La dimensione del frutto è ricavata dal diametro o dalla lunghezza, il colore dalla media dei colori degli istogrammi di tutti i pixel, e la superficie dell'epidermide danneggiata è calcolata dal numero di pixels che ha un'intensità di luce riflessa più bassa di quella limite. Per riconoscere macchie, ammaccature e danni da insetti presenti sul frutto è stata utilizzata la riflettanza dell'epidermide nella fascia dell'infrarosso vicino al visibile (350-1200 nm) (Miller e Delwiche, 1991). La lavorazione manuale dei frutti conservati è usata spesso per rimuovere frutti maturi o teneri e quelli con presenza di infezioni fungine. Allo scopo di abbassare i costi di lavorazione, sono state testate alcune tecniche automatizzate per la determinazione della durezza dei frutti. (Ohmori e Takao, 1991) hanno messo a punto un dispositivo che misura, tramite un trasduttore lineare, il grado di deformazione dei frutti provocato da una forza comprimente. Inoltre,

come analisi non distruttive della durezza, è stata misurata la forza d'impatto di un frutto che incontra una superficie rigida (Delwiche, 1987). Un altro rilevatore di durezza basato sulla misura delle forze di impatto è stato studiato per la lavorazione dei frutti di actinidia alla fine della conservazione (McGlone e Schaare, 1996). Il rilevatore di durezza si è dimostrato simile a quello manuale per rapidità e precisione, ma richiede meno della metà delle unità di lavoro. Per estendere ad un livello più ampio, come quello del mercato dell'actinidia, l'utilizzo delle caratteristiche interne dei frutti è necessario sviluppare dei metodi non distruttivi (Monnot, 1990). Di solito vengono utilizzate tecniche di campionamento distruttive per valutare la maturazione e la qualità interna dei frutti nelle fasi di lavorazione in post conservazione. Comunque, queste tecniche hanno un'applicazione limitata quando la variabilità dei frutti è elevata (Smith et al., 1994). La diffusione di tecniche non distruttive per il controllo dei frutti fornisce un'opportunità per valutare ogni singolo frutto in una linea produttiva prima della distribuzione e della vendita. Nel frutto di actinidia, il contenuto in solidi solubili è determinato sulla pianta prima della raccolta, sebbene il contenuto finale raggiunga il suo massimo valore alla fine del periodo di conservazione, quando il contenuto in amido è minimo. Anche il peso specifico dei frutti di actinidia è stato usato alla raccolta come metodo non distruttivo per determinare il contenuto finale in solidi solubili dei frutti maturi (Asami et al., 1988). Una strumentazione per la determinazione del contenuto in zuccheri del frutto tramite infrarosso vicino è stata progettata e diffusa commercialmente per misure sulla linea di lavorazione (Kawano, 1994). Inoltre, la diffusione di strumenti portatili a infrarosso vicino permetterebbe la stima del grado di maturazione del frutto in campo, prima della raccolta (Stafford et al., 1989).

Raccolte selettive e posticipate sono pratiche comunemente usate per i frutti come le mele e le pesche per ridurre gli effetti di variazioni della qualità dei frutti che si presentano all'interno di singole piante. Al contrario, il frutto di actinidia è una delle poche colture dal punto di vista commerciale in cui i frutti vengono staccati dalla pianta con un'unica raccolta. Allo scopo di verificare se ci sia un qualche vantaggio raccogliendo in maniera selettiva il frutto di actinidia, Smith et al (1993) hanno confrontato frutti raccolti a differenti epoche e da differenti parti della pianta con quelli che sono stati raccolti in una singola occasione. Le caratteristiche medie di conservazione dei frutti che sono stati scelti nella parte superiore della chioma erano di qualità superiore rispetto a quelli raccolti in un'unica volta. I frutti provenienti dalla parte superiore della chioma erano più duri e con un contenuto in solidi solubili più alto dei frutti raccolti nella parte più bassa della chioma (tab. 3 e 4).

Tab. 3 – Media della durezza della polpa e del contenuto in solidi solubili di frutti prodotti da piante allevate a doppia pergoletta e conservati per vari periodi a 0°C. I frutti sono stati raccolti selettivamente da varie parti della pianta o raccolti in un'unica occasione.

Periodo di frigoconservazione	Su frutti raccolti in un'unica occasione	Su frutti raccolti da:	
		Parte alta	Parte bassa
0-9 settimane			
Durezza (Kg)	3,26	3,38	3,35
Solidi solubili (°Brix)	10,60	11,70	10,90
10-24 settimane			
Durezza (Kg)	1,05	1,02	1,04
Solidi solubili (°Brix)	12,30	12,80	11,90

Tab. 4 – Media della durezza della polpa e del contenuto in solidi solubili di frutti prodotti da piante allevate a tendone e conservati per vari intervalli di tempo a 0°C. I frutti sono stati raccolti selettivamente da varie parti della pianta o raccolti in un'unica occasione.

Periodo di frigoconservazione	Su frutti raccolti in un'unica occasione	Su frutti raccolti selettivamente da:		
		Interno Chioma	Cordone	Esterno Chioma
0-9 settimane				
Durezza (Kg)	3,20	3,26	3,16	3,29
Solidi solubili (°Brix)	11,30	11,60	11,70	11,50
10-24 settimane				
Durezza (Kg)	0,88	0,89	0,85	0,89
Solidi solubili (°Brix)	12,50	12,90	12,60	12,90

Comunque, la maggior parte degli effetti dovuti alla posizione è sparita dopo che i frutti sono stati in frigoconservazione per più di 10 settimane. Ritardando la raccolta dei frutti della parte inferiore della chioma di due settimane, si ottiene, durante la conservazione, una durezza della polpa leggermente superiore ed un più alto contenuto in solidi solubili. Dopo 10 settimane di conservazione, comunque, non c'erano più differenze nella durezza tra i frutti delle raccolte anticipate, mentre si è mantenuta la differenza nel contenuto in solidi solubili.

Un'indagine recente sostiene che il bilancio del carbonio nelle piante di actinidia può essere limitato per quasi l'intera stagione vegetativa (Buwada e Smith, 1990a,b). Questa limitazione è ampiamente collegata al lento sviluppo della capacità fotosintetica in primavera e all'inizio dell'estate. Il picco fotosintetico non si raggiunge fino a quando il LAI non supera i $3\text{m}^2\text{m}^{-2}$, cioè 100 giorni circa dopo il germogliamento (Buwada e Smith, 1990a). Da questo stadio dello sviluppo, la pianta è sottoposta ad una serie di fasi di crescita fondamentali, quali il germogliamento, lo sviluppo della chioma, l'antesi e l'accrescimento iniziale dei frutti (Buwada e Smith, 1994). L'approvvigionamento di carbonio per questa crescita iniziale deriva per lo più dalle riserve di amido accumulate dalla pianta durante la stagione precedente (Smith et al., 1992). Un lavoro di Tombesi et al (1994) ha anche studiato gli effetti dei differenti LAI sull'accrescimento dei frutti e sulla qualità interna dei frutti. È stato dimostrato che era necessario un LAI superiore a 3 per sostenere la crescita della pianta e la produzione dei frutti, così come per ottenere la massima pezzatura ed il più alto contenuto in solidi solubili. Una riduzione del LAI sotto 2,6 riduce drasticamente sia la produzione che il peso medio dei frutti; anche le concentrazioni in solidi solubili vengono ridotte significativamente. L'ampia variabilità all'interno della pianta delle caratteristiche interne ed esterne dei frutti dimostra che,

almeno in alcune parti della chioma, le risorse per lo sviluppo dei frutti sono limitate. Sebbene gli effetti della limitata assimilazione di carbonio possano non essere necessariamente immediati, la produzione nel lungo periodo può essere molto influenzata da piccole variazioni del LAI. Spesso, queste modificazioni si riflettono nella produzione di fiori nella stagione seguente (Buwalda e Smith, 1990a, Tombesi et al., 1994). Comunque, quando la limitazione dell'assimilazione di carbonio nell'ambito di una stagione è abbastanza severa, specialmente durante le primissime settimane dopo l'allegagione, l'accrescimento dei frutti può essere influenzato direttamente, come indicato dalla minor pezzatura media dei frutti conseguente ad una riduzione dell'area fogliare totale (Buwalda e Smith, 1990a; Cooper e Marshall, 1991). Quindi, è importante mantenere un elevato sviluppo della chioma in primavera, evitando la potatura verde durante i primi 100 giorni dopo il germogliamento.

Qualità salutistica della frutta fresca

Proprietà antiossidanti dei frutti

Vari studi hanno dimostrato che i radicali liberi nell'organismo umano causano danni ossidativi a diverse molecole, come i lipidi, le proteine e gli acidi nucleici e sono anche coinvolti nella fase iniziale di alcune malattie degenerative. Di conseguenza, quei composti antiossidanti che sono capaci di neutralizzare i radicali liberi, possono ricoprire un ruolo di primaria importanza nella prevenzione di certi tipi di malattie, come il cancro, la cataratta, le patologie cerebrali e l'artrite reumatoide (Clifford, 1995).

Frutta e verdura contengono vari tipi di composti antiossidanti, come la vitamina C, la vitamina E ed i carotenoidi, la cui attività è stata scoperta negli ultimi anni. Tuttavia, questi composti non sono gli unici che contribuiscono all'azione antiossidante della frutta e della verdura. Studi recenti mostrano che la presenza di composti polifenolici, come i flavonoidi, contribuiscono ai fini degli effetti benefici di questo gruppo di cibi (Bors et al., 1990; Clifford, 1995; Hertog et al., 1993-1995). Oltre alle loro proprietà biologiche, i flavonoidi sono interessanti anche per le industrie dei settori alimentare, cosmetico e farmaceutico; infatti possono essere usati anche come sostituti degli antiossidanti sintetici.

I flavonoidi sono una famiglia di composti caratterizzati da una struttura scheletrica C6-C3-C6. Flavanoli, flavonoli ed antociani sono compresi in questo gruppo. Tutti questi si trovano ovunque nel regno vegetale ed hanno mostrato di possedere un'azione antiossidante, che dipende principalmente dal numero e dalla posizione dei gruppi idrossilici all'interno della loro struttura. Tra i flavanoli i più comuni nei frutti sono le catechine e le gallocatechine e possono esistere in forma monomeriche o polimeriche, dando origine ai tannini condensati oppure proantocianidine. (Garcia-Alonso, de Pascual-Teresa et al., 2004)

Al giorno d'oggi esiste un interesse senza precedenti da parte dei consumatori, delle organizzazioni sanitarie pubbliche e della comunità medica per migliorare il benessere e la salute tramite una corretta alimentazione. Questo interesse emerge maggiormente in seguito all'aumento della frequenza delle malattie derivanti da una alimentazione non corretta, come l'obesità, il diabete tardivo e le malattie cardiovascolari, nei paesi occidentali e dei costi a carico della società. Allo stesso tempo, la nostra conoscenza del ruolo che il consumo di frutta e verdura può giocare nel preservare la salute umana e nel ridurre il rischio di malattie sta crescendo. Oltre all'evidenza epidemiologica dell'associazione positiva tra il consumo di frutta e verdura e la riduzione del rischio di certe condizioni degenerative (Ames et al., 1993; Hertog et al., 1995; Steinmetz e Potter 1996), da studi *in vitro*, *in vivo* e clinici, sta diventando sempre più evidente che i *fitochimica* della frutta e della verdura possano influenzare specifici processi fisiologici a beneficio della salute umana. In particolare, si pensa che i fitochimici che possiedono caratteristiche antiossidanti possano contribuire al generale effetto benefico per la salute di frutta e verdura dato che gli antiossidanti possono mitigare le conseguenze dello stress ossidativo che si manifesta nello sviluppo della malattia e durante l'invecchiamento (Ames et al., 1993, Joseph et al., 2000; Meydani 2001).

Lo stress ossidativo che può condurre al danno molecolare dei lipidi, delle proteine e del DNA, è una conseguenza inevitabile della vita in un ambiente aerobico. La respirazione mitocondriale contribuisce in maniera persistente e significativa allo stress ossidativo. Durante il trasporto elettronico mitocondriale, dal 3 al 5% dell'ossigeno consumato può essere rilasciato prima che avvenga una completa riduzione di quattro elettroni in acqua. La riduzione non completa dell'ossigeno, che si ritiene avvenga al coenzimaQ, genera specie reattive all'ossigeno, come gli anioni superossidi e il perossido di idrogeno (Jackson,

2000). Il danno ossidativo alle molecole biologiche è collegato alla eziologia ed alla patofisiologia di molte condizioni di salute socialmente significative, incluse le malattie cardiovascolari (Steinberg, 1997), alcuni tipi di cancro (Ames et al., 1993), malattie neurodegenerative (Joseph et al., 2000), diabete (Laaksonen e Sen, 2000), le artriti reumatoidi (Jawed et al., 2000), la cataratta (Taylor, 1992) e altre. I fattori collegati allo stile di vita, come il fumo, l'esposizione all'inquinamento ambientale, e l'irradiazione solare può esacerbare il livello basale dello stress ossidativo nel corpo.

L'accumulo di lesioni ossidative nelle molecole biologiche è ritenuto responsabile del processo degenerativo che caratterizza l'invecchiamento (Maydani, 2001). Esiste una consistente e crescente evidenza che gli antiossidanti contenuti in frutta e verdura possano incrementare le difese antiossidanti endogene nel corpo, mitigando, in questa maniera, i danni ossidativi e gli associati impatti negativi sulla salute. (Hertog et al., 1995, Steinmentz e Potter, 1996, Aviram et al., 2004).

I tipi più abbondanti di antiossidanti contenuti in frutta e verdura includono la vitamina C, i carotenoidi ed i fenoli. I tocoferoli ed i tocotrienoli sono anch'essi antiossidanti fitochimici importanti, ma sono scarsamente presenti nella frutta e nella verdura, se paragonati ai livelli delle noci e delle granaglie. Per la loro natura, gli antiossidanti fitochimici sono ossidati prevalentemente da specie ossido reattive, proteggendo così l'integrità strutturale e funzionale delle molecole e dei sistemi biologici contro i danni ossidativi.

Le proprietà antiossidanti della vitamina C, dei carotenoidi e dei fenoli deriva dalla loro struttura ricca di elettroni nella forma a doppi legami ossidativi e dai gruppi idrossilici. Gruppi idrossilici vicini presenti in alcuni antiossidanti fenolici possono chelare cationi metallici liberi, come il rame ed il ferro, che sono dei potenti pro-ossidanti nella loro forma non chelata. Gli antiossidanti della frutta e della verdura sono chimicamente diversi e si

trovano in differenti localizzazioni e forme nei tessuti e nelle cellule della pianta; essi differiscono anche per dimensione, per la solubilità in acqua e la tendenza ad ossidarsi. I maggiori antiossidanti sono assorbiti e metabolizzati nel corpo in una varietà di modi diversi, ed alcuni antiossidanti sono più disponibili in natura di altri (Schwedhelm et al., 2003). Tutti questi fattori influenzano la funzionalità degli antiossidanti nella pianta stessa, nei cibi e nel corpo. A causa della diversità nelle loro proprietà chimiche, nei meccanismi antiossidanti e negli effetti fisiologici, si considera in generale, ma non è ben provato, che gli antiossidanti forniscano una protezione più efficace quando sono presenti diversi tipi nei siti dove la protezione antiossidante è necessaria.

I fitochimica che hanno proprietà antiossidanti fanno parte di un sofisticato insieme di composti secondari che si sono evoluti per aiutare le piante a sopravvivere. Come organismi sessili, la capacità delle piante di sopravvivere e moltiplicarsi in condizioni ambientali mutevoli dipende dall'efficacia con cui riescono ad usare i loro meccanismi fitochimici. Perciò, il livello costitutivo dei fitochimici, inclusi quelli con proprietà antiossidanti, dipende dal loro specifico ruolo nella pianta, dall'età della pianta, dallo stato riproduttivo e da vari fattori ambientali. I fitochimici servono a vari scopi nella pianta, che spesso implica un ruolo nella proteggere e segnalare. Per esempio, il potente antiossidante fenolico resveratrolo che è una fitoalessina protettiva nella vite, gioca un ruolo di difesa contro i funghi patogeni. L'antiossidante carotenoide licopene aumenta drasticamente quando i frutti ed i semi del pomodoro maturano; questo fornisce un indizio visivo della maturazione ed aiuta definitivamente la dispersione dei semi. Il rapido incremento del contenuto di antociani durante la maturazione di molte specie da frutto è un indizio importante per segnalare che i frutti sono maturi e pronti per il consumo. Alcuni antiossidanti contribuiscono alla difesa della pianta contro lo stress ossidativo. Le piante

sono soggette ad un consistente stress ossidativo in condizioni di elevata radiazione luminosa a causa del cambiamento dell'ossigeno nei cloroplasti durante la fotosintesi. Oltre allo stress ossidativo causato dalla fotosintesi, molti degli stress biotici ed abiotici incontrati dalle piante, prima e dopo la raccolta, derivano fondamentalmente da stress ossidativi (Hodges, 2001).

Frutta e verdura sono raccolti, trasportati ed immagazzinati con metodi che possono causare stress fisiologici che portano a cambiamenti negativi nella qualità, nell'aspetto e sotto il profilo chimico. Manipolare il cibo, sia a livello commerciale che familiare, causa effetti drastici sull'integrità strutturale della frutta e della verdura.

Fattori genetici

Senza ombra di dubbio, il fattore più importante che determina il contenuto di antiossidanti nella dieta è la scelta del cibo. I consumatori hanno accesso a varie informazioni relative al contenuto di nutrienti presenti nei cibi; l'USDA (United States Dept. of Agriculture) è uno dei database più ampio e autorevole riguardo al contenuto di antiossidanti in frutta e verdura fresca e trasformata.

Vitamina C

I cibi di origine vegetale hanno un contenuto di vitamina C molto alto. Per esempio, alcune crucifere come i broccoli hanno un alto contenuto di vitamina C (acido ascorbico + acido deidroascorbico). Tra i frutti più comuni, gli agrumi, le fragole ed i lamponi sono noti per l'alto contenuto di vitamina C. Tuttavia, ha grande importanza la differenza tra il contenuto di vitamina C ed altri antiossidanti presenti in frutta e ortaggi. In un'indagine condotta su

50 varietà di broccoli è stato visto che il contenuto di acido ascorbico variava in un range tra 56 e 120 mg/100 g di peso fresco (Kurilich et al., 1999). Tra 308 varietà di fragole il contenuto di acido ascorbico variava da 32 a 99 mg/100 g di peso fresco (Maas et al., 1995). Due varietà di mele differiscono per più di 2 volte nel loro contenuto di acido ascorbico (Lachman et al., 2000).

Carotenoidi

Come per la vitamina C, il contenuto di carotenoidi varia considerevolmente a seconda della specie. Il cavolo (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*, *medullosa*, *ramosa*, *sabellica*). è particolarmente ricco di carotenoidi, in particolare quelli con un'attività della pro-vitamina A. Gli spinaci, le carote ed i pomodori hanno un contenuto di carotenoidi relativamente alto, sebbene sia inferiore a quello del cavolo. Tuttavia, dal momento che gli spinaci, le carote ed i pomodori sono consumati più frequentemente rispetto al cavolo, sono fonti più importanti di carotenoidi all'interno delle diete. Il contenuto totale di carotenoidi in 6 varietà di spinaci variava di 1.3 volte (Kidmose et al., 2001). Nelle carote, la composizione di β -carotene varia dal 45% all'80% dei carotenoidi totali presenti. In un'indagine condotta su 19 cultivar di carote il contenuto in β -carotene variava oltre i 2.2 volte con un basso contenuto di 6300 μg / 100 g di peso fresco.

Grazie alla loro alta frequenza nella dieta, i pomodori sono una risorsa importante di carotenoidi, in particolar modo di licopene. Tra i diversi tipi fenologici di pomodori, il contenuto in carotenoidi variava di oltre 20 volte. In un confronto tra 12 varietà di pomodori da insalata, il contenuto di carotenoidi totali variava di 1.5 volte. Tra le 12 varietà, il licopene, è presente per oltre il 75% dei carotenoidi contenuti nei pomodori

maturi, varia di 1.6 volte. L'altro carotenoide predominante, il β -carotene, varia di 2 volte, mentre la luteina varia per più di 4 volte (Abushita et al., 2000).

Fenoli

Comuni tipi di frutto ed ortaggi che contengono antiossidanti fenolici in abbondanza includono la maggior parte dei frutti a bacca, molti frutti e le cipolle. È stato riscontrato che le mele, le cipolle ed il tè danno il maggiore contributo di flavonoidi antiossidanti alla dieta dell'Europa Occidentale, grazie al loro contenuto ed alla loro diffusione nelle abitudini alimentari (Hertog et al., 1993).

Numerose indagini rivelano il contenuto di fenoli e la capacità antiossidante dei frutti a bacca (Kalt et al., 1999; Wang e Lin 2000; Moyer et al., 2002; Garcia-Alonso et al., 2004). Nonostante l'alto contenuto di vitamina C in alcuni frutti a bacca, tipicamente è il contenuto fenolico, non quello di vitamina C, ad essere positivamente correlato alla capacità antiossidante (Kalt et al., 1999). Naturalmente, i fenoli differiscono quantitativamente e qualitativamente fra le varie specie di frutti a bacca e fra i fenotipi all'interno delle stesse specie.

I frutti molto colorati che hanno un alto livello di antociani, come i ribes neri, le bacche di sambuco, ed i mirtilli, possiedono tipicamente un'alta capacità antiossidante. Per migliorare la qualità del colore di alcuni frutti, come i mirtilli e le mele a buccia rossa, sono stati effettuati programmi di incrocio per aumentare il contenuto di antociani.

Più di recente, alcuni programmi di incrocio hanno incluso dei criteri di ricerca relativi ai composti antiossidanti, ed in alcuni casi è stato introdotto un nuovo germoplasma nel tentativo di aumentare il contenuto antiossidante. La capacità antiossidante delle specie *Rubus*, sia quella domestica che quella selvatica, è stata valutata e messa in relazione al

contenuto totale di fenoli ed antociani. Fra i genotipi studiati, è stato rilevato che una specie selvatica, *R.caucasis*, sia quella con la più alta capacità antiossidante ed il più alto contenuto di fenoli, ma con un contenuto di antociani medio (Deighton et al., 2000). Così, sebbene i frutti molto colorati con un alto contenuto di antociani abbiano generalmente un'alta capacità antiossidante, anche i fenoli non colorati contribuiscono ai fini della capacità antiossidante degli alimenti. Le proprietà sensoriali di alcuni fenoli, come i tannini, limitano il loro contenuto all'interno dei frutti dato che questo gruppo di composti contribuisce all'astringenza.

Due specie di *Vaccinium*, mirtilli domestica a cespuglio alto e selvatica a cespuglio basso, sono state analizzate sotto l'aspetto del loro contenuto totale di fenoli, di antociani e della loro capacità antiossidante (Kalt et al., 2001). Tra i 135 genotipi di mirtilli selvatici e gli 80 genotipi domestici, la capacità antiossidante (misurata come capacità di assorbimento radicale dell'ossigeno) spazia in un raggio di 1.75 volte, mentre gli antociani ed il contenuto totale di fenoli variano, rispettivamente, entro un raggio di 1.60 e 1.25 volte. Un raggio più ampio di valori può essere stato atteso dalle specie selvatiche, dato che questi fenotipi non sono stati selezionati artificialmente.

I principali componenti fenolici delle mele sono stati individuati e, come per le altre coltivazioni, il loro contenuto varia sensibilmente fra le varie cultivar. In una gamma di dieci cultivar di mele, il range relativo al contenuto totale di fenoli è stato di 1.6 volte. L'acido clorogenico è stato il principale componente fenolico e la sua variazione è stata maggiore di 10 volte fra le varie cultivar (Podsdek et al., 2000). In una ricerca condotta su 46 varietà di mele verdi, l'acido clorogenico, l'epicatechina e la procianidina B2 costituiscono circa l'80% dei fenoli inclusi nell'analisi. Fra le cultivar, l'acido clorogenico varia tra 21 a 351 mg/L, l'epicatechina da 0 a 206 mg/L e la procianidina B2 da 0 a 247

mg/L. Il contenuto totale di fenoli varia in un raggio di 10 volte (Mangas et al., 1999). Fra un numero di campioni ottenuti da quattro cultivar *dessert*, il contenuto di procianidina variava più di 2 volte, con la *red delicious* che aveva il contenuto più alto e la *golden delicious* il più basso (Hammerstone et al., 2000).

L'antiossidante fenolico resveratrol ed i suoi isomeri sono di grande interesse date le loro potenti capacità antiossidanti, i loro effetti cardio-protettivi e la miriade di effetti emersi durante ricerche condotte sul cancro (per una retrospettiva, vedere Pevais 2003). Il resveratrol, meglio studiato nella vite e nel vino, è stato nella buccia dei frutti sia nelle uve rosse che bianche e nei vini rossi.

Localizzazione degli antiossidanti

Nei vari tipi di frutta e di verdura, le parti in cui sono contenuti i composti antiossidanti sono localizzate diversamente nelle varie strutture, come cellule e organuli. Questa diversità di localizzazione diventa importante quando i frutti sono trasformati in prodotti come succhi di frutta e verdura oppure in vino. La vitamina C si trova nell'apoplasto, nel citosol, nei mitocondri, nel vacuolo e nei plastidi (cloroplasti e cromoplasti) delle cellule vegetali. Alcuni antiossidanti, come gli antociani ed i vari carotenoidi, essendo colorati, sono più semplici da riconoscere quando sono localizzati nella frutta e nella verdura fresche.

Gli antociani si trovano tipicamente nella buccia dei frutti, sebbene le varie specie e cultivar possono differire sotto questo aspetto. Un buon esempio della potenziale variazione della distribuzione degli antociani si trova nelle fragole. Le fragole mature hanno un livello significativo di antociani, ma questi pigmenti possono o meno essere presenti nei loro tessuti interni. Inoltre, i tipi specifici di antociani possono differire tra i

tessuti interni ed esterni (Holcroft e Kader, 1999). Nella coltivazione del melo e di frutti a bacca, gli antociani, i flavonoli ed i proantocianidi si trovano in concentrazioni più alte nella buccia, nella quale gli acidi idrossicinnamici, come l'acido clorogenico, sono più abbondanti che nella polpa (Golding et al., 2001). I proantocianidi sono molto abbondanti nella buccia e, soprattutto, nei semi delle specie a bacca. Un altro potente antiossidante fenolico, il resveratrolo, è localizzato nella buccia dell'uva (Bhat et al., 2001).

Principali composti ad attività antiossidante nei frutti

Vitamina C

Il contenuto di vitamina C, carotenoidi e fenoli cambia in diversi modi durante lo sviluppo e la maturazione di frutta e ortaggi. Negli agrumi acerbi è stato rilevato che abbiano la più alta concentrazione di vitamina C, mentre i frutti maturi hanno una concentrazione più bassa. Ovviamente, il contenuto assoluto di vitamina C aumenta con l'accrescimento del frutto (Nagy, 1980). Nelle fragole, il contenuto di acido ascorbico aumenta da un valore pressoché nullo quando il frutto è verde ed immaturo, fino a raggiungere il livello massimo quando il frutto è giunto a completa maturazione (Maas et al., 1995). Quando il frutto diventa sovrammatturo, il contenuto di vitamina C diminuisce; questa diminuzione potrebbe essere correlata con la degradazione dei tessuti del frutto.

Carotenoidi

Gli antiossidanti colorati (per esempio, i carotenoidi e gli antociani) spesso raggiungono il loro più alto livello quando i frutti sono arrivati al culmine della maturazione. Questo drastico incremento del contenuto di pigmenti antiossidanti durante la maturazione dei

frutti è spesso accompagnato dall'ammorbidimento del frutto e una diminuzione di astringenza e acidità, che si manifestano con un generale miglioramento del sapore e del gusto del frutto. La maturazione dei semi corre parallela a questi cambiamenti. In questo modo i pigmenti antiossidanti forniscono un indizio visivo della qualità organolettica del frutto e della maturazione dei semi e perciò per l'ingestione e lo spargimento. I carotenoidi totali contenuti in 7 cultivar di peperoni pigmentati appartenenti a 3 specie di *Capsicum*, in genere aumentano con la maturazione del frutto. Tra i genotipi, la pro-vitamina A aumenta dal 5% dell'RDA nei frutti acerbi fino al 10%-34% dell'RDA di vitamina A nei frutti maturi (Howard et al., 2000). Tuttavia, in prove condotte su 19 cultivar di peperoni di tipo verde-giallo, la pro-vitamina A contenuta rimane la stessa o diminuisce con il procedere della maturazione (Simonne et al., 1997). Nel solito studio il profilo dei carotenoidi diventa più complesso quando i frutti maturano. Cambiamenti nel profilo dei carotenoidi durante la maturazione sembra essere complesso e richiede altri studi. Di particolare interesse sono i tipi di carotenoidi che sono precursori della vitamina A. Il licopene, che non è un carotenoide provitamina A, racchiude circa il 75% dei carotenoidi totali contenuti nei pomodori maturi. Il contenuto di licopene in quattro cultivar di pomodoro aumenta da meno di 10 µg/100 g nei frutti verdi a circa 5000 µg/100 g nei frutti maturi. Il licopene può aumentare di oltre 7000 µg/100 g quando i pomodori diventano sovrammaturi, morbidi e iniziano a degradarsi (Thomson et al., 2000).

Fenoli

La maturazione del frutto è solitamente accompagnato da cambiamenti sostanziali nel profilo degli antiossidanti fenolici. Per esempio, mano a mano che il colore del frutto cambia durante la maturazione, il contenuto di pigmento antocianico aumenta

repentinamente. La relazione fra la maturazione del frutto, il contenuto fenolico e la capacità antiossidante differisce fra le varie specie da frutto. I mirtilli coltivati hanno una capacità antiossidante simile a quella dei frutti blu, maturi, quando sono ancora di colore rosa o bianco. Sebbene il contenuto in antociani sia consistentemente più alto nel frutto maturo, il contenuto di tutti gli antiossidanti fenolici, dei quali gli antociani rappresentano una parte, è generalmente costante (Kalt et al., 2003). Questo mostra che sia i fenoli colorati che quelli incolore contribuiscono alla capacità antiossidante del mirtillo durante i diversi stadi di maturazione. More e fragole hanno una capacità antiossidante piuttosto alta quando sono immaturi, al contrario i lamponi presentano una capacità antiossidante piuttosto elevata solo quando i frutti sono maturi (Wang e Lin, 2000). Sebbene i frutti immaturi siano poco commestibili e privi di qualità, potrebbero avere valore come materiale di base per l'estrazione degli antiossidanti poiché il loro contenuto di antiossidanti fenolici è relativamente alto. Gli agrumi hanno un alto contenuto di flavonoidi (esperidine) quando i frutti sono acerbi (Ortuño et al., 1997). L'esperidina è estratta dai sottoprodotti degli agrumi ed è usata nei prodotti farmaceutici che sono studiati per ridurre la permeabilità e la fragilità delle membrane cellulari del sangue (Girard e Mazza, 1998). La maturazione delle mele interagisce sia con la temperatura che con la luce per influenzare il contenuto di antociani nella buccia (Lancaster, 1992). I composti presenti nella buccia contribuiscono in maniera sostanziale alla complessità e al contenuto dei fenoli nelle mele. Gli antociani presenti nella buccia della mela sono stati ben studiati data la loro importanza per la qualità del colore del frutto. Quando i frutti sono sufficientemente maturi, la produzione di antociani è stimolata da temperature fresche e condizioni di elevata luminosità. In un'analisi estesa su due cultivar di mele riguardo al contenuto di fenoli durante lo sviluppo è emerso che la maggiore concentrazione (mg di

fenoli/g di tessuto) di fenoli nella buccia della mela era maggiore quando i frutti erano appena comparsi, tre settimane dopo la fioritura. Il contenuto totale di flavonoidi sulla buccia rispetto a quello totale della mela aumenta con l'accrescersi del frutto e con la sua maturazione (de Jager et al., 2001).

Effetti delle componenti ambientali sulle caratteristiche salutistiche dei frutti

Luce

L'esposizione alla luce sembra avere pochi effetti o nessuno sul contenuto di acido ascorbico e carotenoidi presenti nella porzione edule di frutta e ortaggi; tuttavia, in alcuni casi il contenuto fenolico può aumentare come conseguenza dell'esposizione ad elevate lunghezze d'onda o a radiazioni ultraviolette. Dato che è risaputo che i flavonoidi assorbono le radiazioni ultraviolette, si ritiene che la produzione di essi sia stimolata per proteggere i tessuti delle piante dai danni derivanti dall'esposizione ai raggi UV. Nella mela, la luce è necessaria per stimolare la produzione localizzata di antociani durante la maturazione del frutto (Lancaster, 1992). Il contenuto, sia di antociani sia di quercetina è di gran lunga superiore nelle parti esposte al sole sia della varietà Elstar che della Jonagold. Non tutte le sintesi fenoliche sono sensibili alla luce. Sebbene i composti come gli antociani e le quercetine siano più alti nelle mele esposte alla luce, il contenuto di altri composti importanti come le catechine, il florodzina e l'acido clorogenico, non ci sono differenze tra le mele esposte alla luce e quelle esposte all'ombra (Awad et al., 2000).

Condizioni della coltura

Alcune ricerche sono state condotte sull'influenza della fertilità del suolo sul contenuto degli antiossidanti presenti nella frutta e nella verdura. Quando la distribuzione di fertilizzante azotato è stata aumentata, è stato rilevato che il contenuto di acido ascorbico di vari frutti e ortaggi era più basso (Lee e Kader, 2000). Tuttavia, un contenuto in acido ascorbico più alto è stato osservato nei pomodori cresciuti in condizioni di elevata salinità

(De Pascale et al., 2001). Sebbene ci si possa aspettare una produttività più bassa quando le condizioni di salinità non sono evitabili, un maggiore contenuto di vitamina C potrebbe contribuire al valore nutrizionale dei pomodori coltivati con acque saline.

Un 50% di differenza nel contenuto di acido ascorbico nei broccoli è stato trovato in uno studio biennale, ma non è chiaro se queste differenze fossero causate dalla diversità del suolo. Sebbene vi fossero differenze nel contenuto di acido ascorbico dei broccoli, il contenuto di β -carotene era simile durante i due anni di ricerca (Howard et al., 1999).

Il contenuto di carotenoidi delle carote è aumentato esponenzialmente con l'applicazione di fertilizzanti azotati; i livelli più alti del carotenoide sono stati raggiunti con 160 kg/ha (Hochmuth et al., 1999). Questo livello di azoto fornito ha comportato anche una più alta produzione ed un più alto contenuto di zuccheri nelle carote. Non c'erano differenze nel contenuto di licopene tra i pomodori prodotti con sistemi convenzionali, quelli cresciuti in colture idroponiche e il contenuto di licopene nei due sistemi di produzione è aumentato durante due settimane di stoccaggio (Ajlouni et al., 2001).

Le condizioni di produzione sono state esaminate anche per il loro effetto sul contenuto di fenoli di frutta e verdura. Durante uno studio durato due anni sugli effetti della disponibilità di acqua sul contenuto di fenoli in vite, il contenuto totale di fenoli ed il contenuto di tannini ed antociani è stato più alto nelle piante non irrigate per quasi tutti i momenti della raccolta (Esteban et al., 2001). Alti livelli di cloruro di alluminio nel suolo stimolano la produzione di resveratrolo nelle foglie della vite, ma lo studio non ha evidenziato effetti sulle piante (Adrian et al., 2000). Non sono state trovate differenze tra i fenoli presenti nelle fragole cresciute sia con pratiche colturali convenzionali che organiche (Hakkinen e Torronen, 2000). Il contenuto fenolico e la capacità antiossidante è stata esaminata in cultivar di mirtillo per due stagioni colturali (Howard et al., 2003). Sebbene vi

fossero sostanziali differenze nel contenuto di antociani, fenoli totali e capacità antiossidante, le differenze tra le cultivar per questi parametri erano molto maggiori. Tuttavia, il contenuto di antociani differisce fino al 45% nei due anni; mentre i fenoli e la capacità antiossidante differisce, rispettivamente, fino al 56% e al 60%. Non ci sono cambiamenti consistenti tra tutte le cultivar.

Avversità patologiche

Il contenuto di vitamina e carotenoidi sembra essere influenzato dalle malattie delle piante solo nella misura in cui la malattia contribuisce al degrado del frutto ed all'ossidazione partirei suoi tessuti. Tuttavia, riguardo ai fenoli, esiste un esempio ben documentato di malattia fungina che influenza il contenuto di fitoalessine fenoliche (resveratrolo). Nella vite, la sintesi di resveratrolo, e di altri stilbeni correlati, è stimolata dall'infezione da parte di patogeni fungini, inclusi *Botrytis cinerea*, *Plasmopara viticola* (Romero-Perez et al., 2001), ed *Uncinula necator*. Nell'infezione prodotta da *Uncinula necator*, il resveratrolo totale, inclusi gli isomeri cis e trans ed il loro glicoside corrispondente è aumentato di circa 8 volte. Alcuni patogeni, incluso *Botrytis cinerea*, possiedono degli enzimi che sono capaci di degradare gli stilbeni in modo tale che i livelli di resveratrolo nelle viti gravemente infettate possono essere minori di quelli trovati nelle viti sane (Adrian et al., 2000).

In uno studio con infezione controllata, i più alti livelli di resveratrolo sono stati osservati su grappoli che erano infetti per circa il 10% da *Botrytis* (Jeandet et al., 1995).

Manipolazioni e conservazione

Tutti i frutti e gli ortaggi, sia freschi che lavorati, sono sottoposti a manipolazioni e a conservazione da parte di produttori e consumatori, che può influire sull'integrità degli antiossidanti. Tra i maggiori antiossidanti di frutta e ortaggi, l'acido ascorbico è quello più soggetto ad una consistente perdita durante i processi di postraccolta e di conservazione. Al contrario, il contenuto di alcuni carotenoidi e fenoli è più stabile oppure può addirittura aumentare in appropriate condizioni di conservazione.

L'acido ascorbico richiede un ambiente acido per la sua stabilità. La sua stabilità nel prodotto fresco può essere abbastanza variabile e può dipendere da vari fattori, incluso il livello di ascorbato ossidasi (Lee e Kader, 2000). Gli effetti delle condizioni di stoccaggio sulla ritenzione dell'acido ascorbico nelle fragole è stato studiato relativamente bene. Le fragole stoccate sia a 1°C che a 10°C hanno mantenuto un livello di acido ascorbico maggiore in confronto a quelle stoccate a 20°C. Tuttavia, avvolgere i frutti con una pellicola di plastica per ridurre la perdita di acqua ha contribuito alla ritenzione dell'acido ascorbico più della temperatura ottimale. I frutti che sono stati stoccati a 1 o 10°C avvolti nella plastica, hanno perso piccole quantità di acido ascorbico dopo 8 giorni di stoccaggio, mentre quelle stoccate a 20°C senza essere avvolte hanno perso tra il 55 ed il 70% del contenuto di acido ascorbico dopo soli quattro giorni (Nunes et al., 1998). L'irradiazione, che è utilizzata come trattamento di disinfestazione per il prodotto fresco, ha qualche effetto sul contenuto di vitamina C delle fragole. Sebbene il deidroascorbato sia aumentato immediatamente dopo l'irradiazione delle fragole, indicando una certa ossidazione dell'acido ascorbico, la perdita generale di vitamina C a causa dell'irradiazione è stata soltanto del 5% (Graham e Stevenson, 1997).

Il contenuto di acido ascorbico è diminuito di un valore compreso tra il 25 ed il 30% in tre cultivar di mele durante sei mesi di stoccaggio tradizionale (Lachman et al., 2000). In uno studio separato, il contenuto di vitamina C delle mele stoccate in atmosfera controllata (A.C) è sceso molto meno rispetto a quelle stoccate in aria normale, sebbene quelle in (A.C) fossero stoccate per un periodo più lungo. Lo stoccaggio dei frutti in un'atmosfera con un elevato contenuto di CO₂

con o senza ossigeno ridotto ha dato risultati diversi nelle fragole, nelle more, nei mirtilli e nei lamponi. Nel caso di stoccaggio sotto A.C., la vitamina C è diminuita del 42% nelle fragole, mentre le perdite nelle more e nei mirtilli sono state inferiori. Nei lamponi, il contenuto di vitamina C è sceso soltanto del 15% (Agar et al., 1997). In uno studio nel quale il contenuto di acido ascorbico nei broccoli alla raccolta è variato del 50% fra le due stagioni, dopo tre settimane di stoccaggio l'acido ascorbico è diminuito del 52% nelle infiorescenze che avevano un alto contenuto alla raccolta, mentre è diminuito del 13% nelle infiorescenze con un minor livello di acido ascorbico alla raccolta (Howard et al., 1999). Quando sono stati osservati i differenti metodi di confezionamento dei broccoli, essenzialmente non c'è stata alcuna perdita di vitamina C nei broccoli stoccati in A.C., mentre le vaschette non impacchettate o quelle impacchettate con pellicole traforate, hanno perso tra il 75 e l'85% della propria vitamina C dopo sei giorni di stoccaggio. Mantenere l'umidità delle vaschette ha contribuito a mantenere la vitamina C (Barth e Zhuang, 1996). I fagioli verdi non mantengono molto bene il contenuto di vitamina C. Dopo sedici giorni di stoccaggio refrigerato, è rimasto solo l'8% del contenuto originale di acido ascorbico presente. Lee e Kader (2000) catalogano le diverse verdure come buone, moderate o scarse relativamente alla ritenzione di acido ascorbico; i fagioli verdi sono stati ritenuti scarsi. Durante lo stoccaggio degli spinaci in A.C. , la vitamina C in realtà aumenta

leggermente tra il terzo ed il settimo giorno. Dopo sette giorni di stoccaggio il contenuto di vitamina C è tornato ai livelli precedenti lo stoccaggio. Tuttavia, dato che la maggior parte della vitamina C era presente come acido deidroascorbico, questo si è tradotto in una netta diminuzione della capacità antiossidante durante questoperiodo (Gil et al., 1999).

Anche il contenuto di carotenoidi nei frutti e negli ortaggi freschi può essere influenzato dalle condizioni di stoccaggio. In uno studio sul contenuto di licopene di otto varietà di pomodori, il grado di maturazione alla raccolta, il trattamento con etilene ed il tempo di stoccaggio hanno tutti giocato un ruolo nell'accumulo di licopene nei frutti di pomodoro durante lo stoccaggio. In generale, i frutti che erano allo stadio di invaiatura (10% rossi) al momento della raccolta hanno avuto un maggior accumulo di licopene durante lo stoccaggio alla temperatura della cella rispetto ai pomodori che erano verdi alla raccolta e ai quali è stato somministrato etilene per stimolare la maturazione (Thomson et al., 2000). Non ci sono state differenze nel contenuto di licopene al momento della raccolta, tra i pomodori cresciuti convenzionalmente e quelli idroponici; i pomodori provenienti da entrambi i sistemi di produzione hanno incrementato significativamente il proprio contenuto di licopene durante due settimane di stoccaggio a 22°C: il licopene è aumentato di 2.5 e 3.2 volte rispettivamente in quelli prodotti idroponicamente e convenzionalmente (Ajilouni et al., 2001). È interessante notare che durante lo stoccaggio a 4°C non c'è stato alcun cambiamento nel contenuto di licopene nei pomodori cresciuti con metodo convenzionale, mentre quelli cresciuti in coltura idroponica hanno aumentato il proprio contenuto di circa il 70% (Ajilouni et al., 2001). La ritenzione del contenuto dei carotenoidi nei broccoli durante lo stoccaggio è influenzata dal confezionamento. In atmosfera modificata, il confezionamento evita qualsiasi perdita di carotenoidi nei broccoli nei primi sei giorni di stoccaggio a 5°C, mentre quelli avvolti o meno nella pellicola perforata hanno

perduto circa la metà del loro contenuto in carotenoidi sotto le stesse condizioni di stoccaggio (Barth e Zuang, 1996). Il contenuto di β -carotene non è influenzato significativamente nei fagioli verdi e nei broccoli stoccati per tre settimane e nelle carote per sei mesi a 4°C (Howard et al., 1999).

Il contenuto di fenoli può sia aumentare che diminuire nei frutti e negli ortaggi a seconda delle condizioni di stoccaggio. Le mele stoccate a 1,5°C o a 4°C, in atmosfera controllata o meno, hanno trattenuto i propri flavonoidi durante il periodo di stoccaggio. Le condizioni in atmosfera controllata hanno approssimativamente raddoppiato la vita in stoccaggio della frutta, da 25 a 50 settimane (van der Sluis et al., 2001). Tuttavia, in un altro studio nel quale le mele sono state stoccate a 5°C in aria normale, il 27% del contenuto totale di fenoli è stato perso dopo circa sei mesi di stoccaggio. La discrepanza tra questi due studi sulle mele può essere dovuto, in parte, alle differenze nei metodi usati per misurare i fenoli. Un accumulo sostanziale di antociani è stato osservato nelle fragole e nei lamponi, e in quantità minore nei mirtilli, quando il frutto maturo è stato stoccato per vari periodi a 20°C. L'accumulo di antociani è stato minore a 30°C e 15°C. Sebbene gli antociani nelle fragole siano aumentati durante lo stoccaggio, il contenuto totale di fenoli e la capacità antiossidante non sono cambiati. Nei lamponi, tuttavia, c'è stato un incremento del contenuto fenolico totale, inclusi gli antociani, così come un incremento della capacità antiossidante durante lo stoccaggio a 20°C (Kalt et al., 1999). Holcroft e Kader (1999) hanno rilevato un incremento di antociani e altri fenoli nelle fragole, quando sono stoccate fino a dieci giorni in aria normale. Nello stesso studio, le fragole stoccate in atmosfera controllata con alto livello di CO₂ hanno accumulato meno antociani e altri fenoli, rispetto alle fragole stoccate all'aria. L'attività degli enzimi coinvolti nella sintesi fenolica è stata più

bassa e il pH dei tessuti più alto, nei frutti stoccati in atmosfera con CO₂ alta. Gli antociani sono più stabili e l'intensità del loro colore è maggiore a pH bassi.

Il contenuto di fenoli dell'uva da tavola è stato esaminato durante lo stoccaggio a 0°C per dieci giorni, seguito da cinque giorni a 15°C, per simulare le condizioni di stoccaggio e commercializzazione tipiche. Sebbene molti fenoli, inclusi gli antociani, i flavonoli glicosilici e gli esteri dell'acido cinnamico, non sono cambiati durante lo stoccaggio, i derivati del resveratrolo sono aumentati di quasi due volte durante lo stoccaggio. Inoltre, l'uva che ha ricevuto UV-B aveva quantità di resveratrolo due o tre volte maggiore rispetto all'uva che non ha ricevuto UV-B (Cantos et al., 2000). Dopo la raccolta, l'esposizione delle mele alle radiazioni UV-B ha incrementato sia gli antociani che i glicosidi della quercitina, sebbene il responso sia dipeso dalla temperatura di stoccaggio e dalla cultivar (Lancaster et al., 2000).

Trasformazione

La lavorazione può alterare, e spesso danneggiare, gli antiossidanti di frutta e verdura. La macerazione, il riscaldamento e vari passaggi di separazione, possono portare all'ossidazione, alla degradazione termica, al leaching ed altri eventi possono portare a più bassi livelli di antiossidanti nel cibo lavorato rispetto a quello fresco. Questo è particolarmente vero nel caso della Vitamina C e degli antiossidanti fenolici. Tuttavia, nel caso dei carotenoidi, la lavorazione può portare alla dissociazione degli antiossidanti dai componenti della matrice della pianta, ad un incremento degli antiossidanti carotenoidi e ad un assorbimento digestivo migliorato (Shi e le Maguer, 2000).

Come già trattato in una precedente sezione, la localizzazione dei componenti all'interno dei materiali della pianta diviene importante quando tessuti, come buccia e semi, sono

separati dagli altri componenti durante la lavorazione, come nel caso della produzione di succhi di frutta e di vino. Questo può ridurre il livello di varie componenti antiossidanti dai prodotti trasformati e generare sottoprodotti della lavorazione che contengono ancora livelli sostanziali di componenti antiossidanti (Waterhouse e Walzen, 1998).

Mentre la maggior parte degli studi esamina l'impatto di fattori specifici sul contenuto di fitochimici antiossidanti, pochi studi hanno esaminato il loro impatto sulla reale attività antiossidante dei cibi. In un esperimento fatto su spinaci, piselli, fagioli verdi e carote, la più alta attività antiossidante è stata generalmente trovata nel prodotto fresco e, successivamente, in quello congelato. L'attività antiossidante dei prodotti in scatola o in barattolo è stata pressoché equivalente tra loro e inferiore rispetto agli stessi ortaggi freschi o congelati. L'ascorbato rappresenta il 47% ed il 23% dell'attività antiossidante totale, rispettivamente di piselli e spinaci freschi (Hunter e Fletcher, 2002).

La scottatura a vapore, seguita dallo stoccaggio a -20°C per un periodo inferiore o uguale ad un anno, ha comportato un declino del contenuto di vitamina C nelle carote, nei broccoli e nei fagioli verdi. La maggior parte della perdita è avvenuta durante la scottatura e nei primi momenti del periodo di stoccaggio, dopo il quale il tasso di perdita ha rallentato. L'acido ascorbico è stato molto più stabile dopo la scottatura e lo stoccaggio nei broccoli e nelle carote, rispetto ai fagioli verdi, i quali hanno perso circa il 50% del loro contenuto di acido ascorbico (Howard et al., 1999). Una perdita aggiuntiva relativamente inferiore di acido ascorbico è avvenuta in questi cibi durante la cottura a microonde (Howard et al., 1999). I piselli hanno perduto circa il 20% del loro acido ascorbico durante la scottatura e non c'è stata alcuna perdita ulteriore durante i 21 giorni di stoccaggio in congelamento (Hunter e Fletcher, 2002). Quando gli spinaci freschi sono bolliti, circa il 60% della vitamina C è stato trovato nell'acqua di cottura, ed il restante 40% nei tessuti

cotti (Gil et al., 1999). Grazie alla sua solubilità in acqua, grosse perdite di vitamina C avvengono durante processi che usano acqua. La scottatura a vapore è comunque più efficace nel trattenere la vitamina C prima del congelamento, rispetto a quella con acqua bollente. La scottatura inattiva gli enzimi, come l'ascorbato ossidasi, che sono capaci di eliminare la vitamina C durante lo stoccaggio in congelamento. Un recente studio, comprensivo degli effetti della lavorazione sugli antiossidanti nei piselli, carote, spinaci, patate e diversi cavoli, ha rilevato che le perdite di vitamina C durante la scottatura e lo stoccaggio in congelamento, variano tra circa il 10% fino al 40% (Puupponen-Pimia et al., 2003).

I carotenoidi sembrano essere meno influenzati dalla trasformazione, se paragonati con altri frutti maggiori e antiossidanti vegetali. Nello stesso studio (Puupponen-Pimia et al., 2003), nel quale è stato analizzato il contenuto di vitamina C nelle carote, spinaci, patate e vari cavoli, essenzialmente non si è verificata alcuna perdita di α e β carotene dopo la scottatura. Infatti, sono stati osservati incrementi, attribuiti alla dissociazione dei carotenoidi dai tessuti della pianta. Dopo scottatura, perdite nel contenuto di β -carotene sono avvenute tra il sesto ed il dodicesimo mese di stoccaggio in congelamento.

Gli effetti della trasformazione sul licopene del pomodoro sono stati ben studiati, in parte perchè esisteva una grossa quantità di pomodori lavorati nella dieta occidentale. Paragonato ad altri antiossidanti, inclusi altri carotenoidi, il licopene è relativamente stabile. Il licopene può essere perduto come conseguenza della degradazione termica e dell'ossidazione. Durante la lavorazione termica, l'isomero *trans* che si forma naturalmente, può essere convertito nell'isomero *cis*, che è coniugato. Il grado di isomerizzazione è direttamente correlato al grado di trattamento termico (Shi e le Maguer, 2000). La formazione di *cis*-licopene può essere di beneficio perchè questo, sebbene meno

stabile, è ritenuto essere più biodisponibile all'interno del corpo rispetto al *trans*-licopene (Boileau et al., 2002). Il licopene, come altri carotenoidi, è spesso più alto nei prodotti lavorati a causa della sua dissociazione dai materiali che compongono la matrice della pianta. Il licopene è degradato velocemente quando è esposto all'aria, specialmente in presenza di metalli cationici pro-ossidanti, come il rame. Questo può manifestarsi con una perdita di rossore nei prodotti. La ritenzione di licopene può essere migliorata da uno stoccaggio a basse temperature, scarsa luminosità ed un contenuto basso di acqua (Shi e le Maguer, 2000)

Proprietà antiossidanti del kiwi

Negli ultimi anni il cibo ha assunto lo status di "cibo funzionale", cioè in grado di conferire, oltre alle componenti nutritive di base, ulteriori benefici fisiologici e biochimici, quali la prevenzione e/o cura di una vasta gamma di patologie come il cancro, le cardiopatie e le malattie degenerative connesse ai processi di senescenza (Kaur e Kapoor, 2001). In particolare, i prodotti orto-frutticoli rappresentano alimenti eccellenti dal punto di vista salutistico: al basso contenuto in calorie si unisce un'elevata presenza di sostanze antiossidanti e prodotti fitochimici. Per definizione i fitochimici sono sostanze presenti nelle piante che possono essere assunte giornalmente, in grado di modulare il metabolismo umano attraverso la prevenzione di importanti patologie (Ferrari e Torres, 2003).

La presenza di fitochimici in frutta ed ortaggi ha richiamato l'attenzione del mondo della ricerca, proprio in virtù del ruolo che essi svolgono nei confronti di malattie indotte dallo stress ossidativo. Quest'ultimo è responsabile del rilascio, negli organismi aerobi, dei radicali liberi dell'ossigeno, le cosiddette ROS (Reactive Oxygen Substances). Diversi studi hanno dimostrato che i radicali liberi presenti nell'organismo umano causano un danno ossidativo a molecole quali lipidi, proteine ed acidi nucleici (Garcia-Alonso et al., 2004). Gli organismi aerobi vivono, infatti, nei confronti dell'ossigeno una condizione particolare definita "paradosso dell'ossigeno" nel senso che devono necessariamente utilizzarlo per la respirazione, ma al tempo stesso devono attrezzarsi per evitare gli effetti dannosi dell'ossigeno e di tutti i radicali che il metabolismo aerobio produce (Rice-Evans et al., 1995).

L'induzione dello stress ossidativo ha messo in evidenza il ruolo chiave di diverse sostanze organiche note con il nome di antiossidanti, in grado di prevenire i danni cellulari connessi

all'aumento dei radicali liberi. Antiossidanti sono le sostanze presenti nei tessuti vegetali che, per la loro prerogativa di ossidarsi facilmente, costituiscono un bersaglio preferenziale di ossidanti e radicali liberi e proteggono quindi le cellule, sia vegetali che animali, da stress di tipo ossidativo. Una peculiarità delle molecole antiossidanti è correlata al fatto che non diventano esse stesse radicali, in quanto sono stabili anche nella loro nuova forma chimica; agiscono perciò da "scavenger". Possono essere definiti come i guardiani delle cellule poiché riescono a neutralizzare i radicali liberi prima che essi possano indurre danni all'organismo. Inoltre, gli antiossidanti giocano un ruolo importante nel preservare il cibo ritardando il deterioramento, l'irrancidimento e la perdita di colore in seguito all'ossidazione (Kaur e Kapoor, 2001).

Nell'ampia gamma di prodotti ortofrutticoli che il consumatore ha a disposizione, il kiwi rappresenta certamente uno dei più interessanti. Si tratta, infatti, di un frutto mediamente calorico che contiene invece elevate quantità di vitamina C (acido L-ascorbico e L-deidroascorbico), fisiologicamente attiva in entrambe le forme (Wills e Greenfield, 1981). La vitamina C è molto delicata ed è soggetta a deterioramento a causa del calore, della luce e dell'aria. Tuttavia il kiwi presenta una robusta buccia esterna capace di proteggere l'integrità della vitamina dagli agenti esterni.

Il potere antiossidante dei frutti non è però costante, ma dipende da numerosi fattori ambientali e colturali e tra questi anche l'epoca di raccolta svolge un ruolo chiave nella concentrazione dei composti ad azione antiossidante, in particolare la vitamina C.

Obiettivo di questo lavoro era la stima della capacità antiossidante e del contenuto in acido ascorbico in frutti di actinidia [*Actinidia deliciosa* (A.Chev.) C.F.Liang & A.R.Ferguson, cv. Hayward] in funzione dell'epoca di raccolta e dell'esposizione a temperatura ambiente dopo un prolungato periodo (5 mesi) di conservazione in atmosfera controllata.

Effetti delle tecniche colturali sulle caratteristiche salutistiche dei frutti di actinidia

Potatura, diradamento ed intercettazione luminosa

E' una delle operazioni indispensabili per l'actinidia e deve essere eseguita ogni anno sia durante il riposo invernale che durante il periodo estivo. Con la potatura invernale si mira ad equilibrare la carica vegetativa a quella produttiva, ad assicurare il rinnovo delle formazioni fruttifere ed a rispettare le distanze imposte dalla forma di allevamento prescelta. La potatura estiva tende a regolare i rapporti di competizione fra germogli e fruttificazione e a garantire una adeguata illuminazione ed arieggiamento della chioma e della fruttificazione. Sino a qualche anno fa i criteri di potatura miravano ad aumentare soprattutto la quantità di produzione ottenibile; oggi, in uno scenario dove la qualità della frutta e la capacità di essere conservata per un lungo periodo in frigorifero sono le caratteristiche maggiormente apprezzate, le tecniche di potatura devono mirare ad ottenere frutti di qualità ed omogenei nella maturazione onde programmare nel modo più opportuno la frigoconservazione e la commercializzazione del prodotto. L'esecuzione di tecniche di potatura e diradamento dei frutti nel corso di questi ultimi anni ha subito differenziazioni importanti legate allo specifico ambiente di coltura ed alla gestione generale dell'impianto.

In relazione alle diverse forme di allevamento proposte, il numero di piante è infatti oscillato dalle 400-500/ha per il tendone sino alle 1800/ha circa per la forma a "tatura". L'aumento del numero di piante per ettaro era perseguito nella speranza di ottenere produzioni elevate soprattutto nei primi anni ed ha interessato quasi tutte le forme di allevamento. Attualmente, l'interesse per l'infittimento del numero di piante è stato ridimensionato grazie anche ai risultati ottenuti in specifiche ricerche. Ad esempio per la

doppia pergoletta è stato dimostrato che l'aumento del numero di piante ottenuto o riducendo la distanza tra le file al di sotto dei 4,5 metri o quella fra le piante al di sotto dei 3 metri non comporta aumenti significativi di produzione nemmeno nei primi anni di conduzione, mentre crea difficoltà di gestione dell'impianto negli anni successivi (tab. 5 e 6) (Testolin et al., 1987; Costa e Testolin, 1995).

Tab. 5 – Effetto della densità di impianto sulla fila sulla produzione di un impianto di actinidia in piena produzione (distanze tra le file 5m, media 7°- 8° anno dall'impianto) (da Testolin et al., 1993; Costa et al., 1995)

Distanze sulla fila (m)	Densità di impianto (piante/ha)	Produzione (t/ha)	Peso medio frutti (g)
5.71	350	18.7	108
3.33	600	23.1	112
2.35	850	22.9	106
1.81	1100	25.3	106
1.48	1350	22.9	111
DMS 0.05		5.9	9
Significatività		n.s.	n.s.

Tab. 6 – Effetto della distanza tra le file sulla produzione di un impianto di actinidia (distanze sulla fila 3m, carica di gemme 27m² di pergola, valori relativi al 3°- 6° anno dall'impianto) (modificato da Costa e Testolin 1995)

Distanze tra le file (m)	Densità di impianto (piante/ha)	Produzione cum 3°-6° anno (t/ha)	Peso medio frutti (media ponderata) (g)
4.5	741	64.8	95
4.0	833	60.6	95
3.5	952	46.6	96
DMS 0.05		5.9	3
Significatività		.	n.s.

Di conseguenza le densità di piantagione si sono assestate fra le 800 e le 1000 piante/ha per la doppia pergoletta e le 400-600 piante/ha per il tendone. Sono state ancora proposte negli anni'80 forme di allevamento, quali il "fusetto" ed il "tatura, una forma a V" con densità di piantagione decisamente più elevate e che sviluppano la chioma della pianta in altezza, come alternativa alle forme di allevamento che prevedevano invece uno sviluppo della chioma della pianta ad un'altezza di due metri circa, quali la tradizionale doppia pergoletta ed il GDC. I risultati ottenuti in specifiche ricerche condotte sull'infittimento del numero di piante ridimensionarono l'interesse, giustificato dall'aspettativa di ottenere produzioni più elevate rispetto a quelle che si riusciva ad ottenere in impianti realizzati con le forme di allevamento "basse" ("doppia pergoletta" e "GDC") alle densità tradizionali (Costa et al., 1991; Costa e Testolin, 1995; Costa, 1999).

Per quanto riguarda la carica di gemme e la distribuzione dei tralci sulla pianta le ricerche condotte hanno evidenziato chiaramente come buoni livelli quantitativi e soprattutto

qualitativi della produzione si ottenessero sulla doppia pergoletta con cariche di gemme entro valori compresi fra le 150.000-180.000 gemme/ha. Questa carica distribuita sui tralci opportunamente distanziati tra loro favorisce una buona penetrazione della luce in tutta la chioma. Ogni tralcio deve portare un numero di gemme medio di 15 gemme circa: le ricerche condotte hanno evidenziato infatti che un numero di gemme/tralcio più elevato così come un numero di gemme/pianta più elevato, lasciato con la potatura invernale, determina una riduzione della percentuale di germogliamento e della fertilità delle gemme con riduzioni sia della quantità che soprattutto della qualità delle fruttificazioni.

Un discorso a parte merita la pratica del diradamento dei frutti, che consente di correggere in una certa misura gli effetti indesiderati di una eccessiva carica di gemme nelle annate caratterizzate da una forte fertilità e di una conseguente abbondante produzione di frutti laterali (Costa et al., 1995a).

Per quanto riguarda i rapporti tra intercettazione luminosa e qualità delle caratteristiche vegeto-produttive della pianta è noto che la luce ha un'influenza positiva sul germogliamento e sulla fertilità delle gemme (Grant e Ruygo, 1984; Smith e Buwalda, 1994; Biasi et alii, 1995) nonché sulle caratteristiche produttive e qualitative dei frutti (tab. 7).

Tab. 7 – Effetto dell'esposizione alla luce dei frutti nella pianta su alcuni parametri fisici e chimici dei frutti. I frutti esposti alla luce sono caratterizzati da un tenore in zuccheri ed amido e da una durezza della polpa più elevati e da un colore verde più intenso rispetto a quelli ombreggiati (modificato da Tombesi et al., 1993)

Posizione dei frutti	Clorofilla polpa (µg/g SF)	Durezza polpa (N)	Sostanza secca (%)	Acidità (%)	Carboidrati totali (mg/g SS)	Amido (mg/g SS)	Alcool-zuccheri (mg/g SS)
Frutti esterni	3.4 c	88,3 b	16,4 b	2.63 a	382.2 b	230 b	152.2 b
Frutti interni	2.1 b	85,3 b	15,7 b	2.60 a	373.8 b	224 b	149.8 b
Frutti in ombra	1.3 a	76,5 a	13,0 a	2.80 b	311.2 a	181 a	130.3 a

Per favorire una buona intercettazione della luce è importante rispettare il giusto orientamento dei filari (direzione nord-sud), mantenere con la potatura secca una carica di gemme non superiore a 150-200.000/ha, spaziare i tralci sul cordone. La quantità di gemme ed il numero di tralci opportunamente scelti e distanziati sulla pianta è fondamentale per creare il giusto equilibrio tra la futura vegetazione e produzione. La conoscenza dell'evoluzione della forma della chioma riveste grande importanza considerando che la percentuale di germogliamento e la fertilità delle gemme possono modificarsi in relazione alle caratteristiche climatiche dell'annata. Infatti se da un lato è importante che la chioma si formi nel più breve tempo possibile, è altresì importante che il LAI (rapporto tra la superficie fogliare e l'area della proiezione a terra dell'ingombro della chioma) non superi un valore di circa 3,0. Valori superiori determinano un

ombreggiamento di larghe parti della chioma con un possibile peggioramento delle caratteristiche della produzione. La conoscenza del LAI può consentire quindi una stima della funzionalità della pianta e potrebbe essere misurato con metodi che ricorrono ad una simulazione al computer dell'evoluzione della chioma durante il periodo vegetativo e la disposizione delle foglie sulla pianta (figure 6 e 7) (Succi et al., 1995; Costa et al., 1996b).

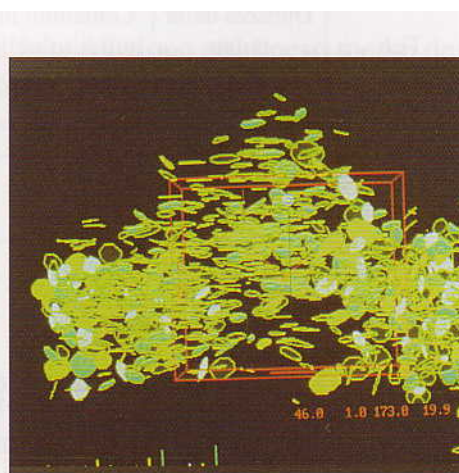
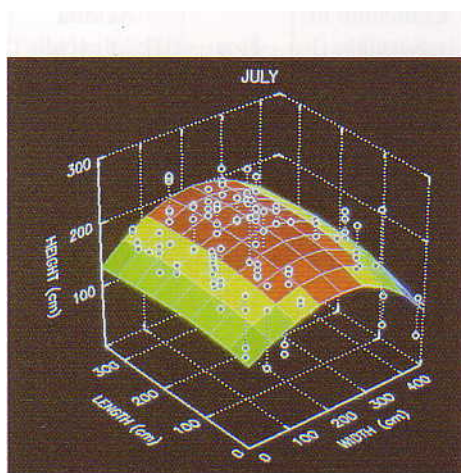


Fig. 6- Rappresentazione tridimensionale della chioma durante la stagione vegetativa. I diversi colori rappresentano popolazioni di foglie che si trovano a diverse altezze da terra (modificato da Succi et al., '95).

Fig. 7- Ricostruzione al computer della possibile struttura della chioma. L'intensità del colore indica l'esposizione alla radiazione luminosa in relazione all'orientamento della foglia (modificato da Magnanini in Costa et al., 1996).

Peraltro, poiché in relazione alle condizioni climatiche dell'annata i rapporti di equilibrio fra la vegetazione e la produzione possono essere modificati è allora necessario intervenire con la potatura verde per consentire una migliore intercettazione della luce in tutte le parti della chioma. La scelta di intervenire indiscriminatamente su tutti i germogli fruttiferi spuntandoli a due o tre gemme dopo l'ultimo frutto può determinare una riduzione della superficie fotosintetizzante con ripercussioni anche negative sulla fruttificazione. Diverso

invece è l'esito dell'intervento al verde quando si interviene prevalentemente sui "succhioni" che si originano vicino al cordone e sui tralci più vigorosi (ad accrescimento indeterminato), il cui vigore determina una competizione diretta (utilizzo degli assimilati) ed indiretta (ombreggiamento) nei riguardi dei frutti. La potatura verde può anche determinare un controllo importante della botrite sui frutti. Piante sottoposte a diversi regimi di potatura verde (interventi ripetuti 5 o 6 volte nell'anno) hanno presentato una ridotta infezione sui fiori e sui frutti in una percentuale variabile dal 23 al 57% a seconda delle annate considerate (Brigati et al., 2003). Una interessante innovativa possibilità di manipolare l'intercettazione luminosa da parte delle piante è stata sperimentata presso il Dipartimento di Colture Arboree dell'Università di Bologna (Costa et al., 2003). La tecnica consiste nel distendere nell'interfilare dei teli di colore bianco riflettenti in grado di aumentare la disponibilità di luce riflessa nelle parti inferiori della pianta. Ciò ha determinato un aumento di produttività delle piante così trattate ed ha anche migliorato alcune caratteristiche qualitative dei frutti. Prove condotte in altri ambienti colturali hanno inoltre dimostrato che questa maggior disponibilità di luce può influenzare positivamente anche altri aspetti, quali la qualità delle gemme per la futura produzione (Green et al., 1995; Thorp et al., 2001) e non è escluso che una maggior disponibilità luminosa determini anche effetti interessanti sulla suscettibilità ad alcune malattie. Prove condotte in Nuova Zelanda, tese a determinare la distribuzione e le caratteristiche dei frutti nelle diverse parti della chioma della pianta hanno evidenziato che: la variazione nella qualità dei frutti presenti sulla pianta è sostanziale; i frutti con caratteristiche superiori (maggiore pezzatura, contenuto in solidi solubili più elevato, etc) sono stati trovati in percentuale più alta nelle parti vicine al cordone permanente dove è presente un numero superiore di foglie adulte; i frutti con attributi meno desiderabili quali pezzatura e forma e spesso sotto

la media nel contenuto in solidi solubili e nella durezza della polpa sono risultati generalmente situati nelle estremità della chioma caratterizzate da basse densità fogliari; i frutti delle parti interne della chioma, soprattutto quelli vicini al suolo hanno manifestato caratteristiche inferiori a quelle raggiunte dai frutti della parte più esterna della chioma; nelle piante normalmente potate la disomogeneità della qualità dei frutti (figura 8) complica la conservazione degli stessi, in quanto la raccolta avviene in una sola soluzione e si conservano frutti di diverse caratteristiche con la medesima tecnica e per la stessa durata di frigoconservazione.

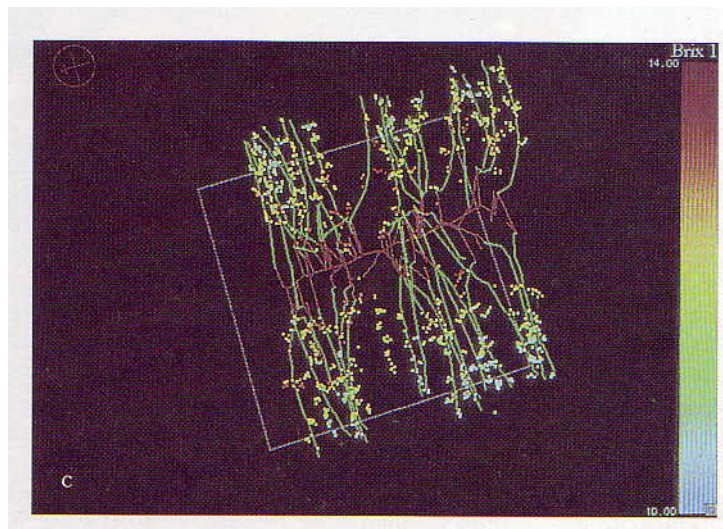


Fig. 8- Disposizione dei frutti sulla pianta. Ogni frutto è colorato secondo una scala che varia dal bianco per i valori minimi al rosso per i valori massimi (da Smith et al., 1992).

MATERIALI E METODI

I frutti di actinidia sono stati forniti direttamente da un produttore locale (Azienda Agricola Camillo Pacini e Figli, Rigoli, Pisa) che si è reso disponibile a collaborare a questo progetto al fine di caratterizzare e migliorare ulteriormente la qualità del prodotto che immette sul mercato. I frutti sono stati prelevati da piante di actinidia di 13 anni, allevate a palmetta alle distanze di 4.5 x 5.0 m. L'impianto, realizzato su terreno di medio impasto, con elevata dotazione di sostanza organica, era sottoposto ad inerbimento dell'interfilare ed irrigato per microaspersione. La tecnica colturale, la fertilizzazione e la difesa da crittogame e parassiti è stata fatta secondo i disciplinari di produzione biologica, a cui l'Azienda aderisce da alcuni anni.

La raccolta dei frutti è stata effettuata a maturazione commerciale (30/10/2004) separando i frutti provenienti da 3 differenti porzioni della chioma caratterizzate da una diversa esposizione alla radiazione solare intercettata: alta, bassa-interna e bassa-esterna. Inoltre, dopo 15 giorni (15/11/2004) di ulteriore permanenza sulla pianta (maturazione tardiva), è stata effettuata una ulteriore raccolta di frutti non differenziata per la posizione all'interno della chioma. Tutti i frutti raccolti sono stati immagazzinati presso il centro aziendale in celle frigorifere ad atmosfera controllata (AC) e conservati per un periodo di circa 5 mesi.

Al momento della raccolta, campioni dei frutti raccolti sono stati analizzati per alcune caratteristiche qualitative: pezzatura, residuo secco rifrattometrico, consistenza della polpa, indice NIR, contenuto di clorofilla *a* e *b*, carotenoidi e contenuto di acido ascorbico (ASA). Tutte le misurazioni sono state effettuate su entrambe le facce del frutto, tranne la determinazione dell'acido ascorbico.

Successivamente nel mese di aprile (04/04/2005) sono state effettuate nuove analisi qualitative sui frutti, raccolti sia a maturazione commerciale che tardiva, appena prelevati dalla cella AC e dopo una permanenza di 7 giorni a temperatura ed atmosfera ambiente (AN).

Anche su questi campioni sono state effettuate le analisi prima elencate e, inoltre, sono stati determinati i fenoli ed il FRAP.

Determinazione della pezzatura

Il peso di ciascun frutto raccolto è stato misurato con una bilancia elettronica Scaltec SBA51 (Scaltec Instruments, Göttingen, Germany).

La misura del diametro è stata eseguita con un calibro elettronico.

Determinazione del residuo secco rifrattometrico (RSR)

La proprietà di una soluzione acquosa di deviare la luce (rifrazione) è utilizzata per valutare il titolo zuccherino, denominato anche Indice rifrattometrico (Ir) o Residuo secco rifrattometrico (Rsr), di un frutto. Per questo scopo è utilizzato un rifrattometro digitale autocompensante per la temperatura (TR, Forlì, Italia), che misura il contenuto in sostanza secca solubile (residuo secco rifrattometrico) che è assunto come misura approssimativa del contenuto in zuccheri, essendo quest'ultimi i principali componenti della sostanza secca solubile dei frutti (il Rsr comprenderebbe anche gli altri soluti: acidi, aminoacidi, vitamine, ...).

Da ogni frutto sono stati tagliati due spicchi di polpa (uno per ogni lato del frutto) che sono stati premuti manualmente per estrarre alcune gocce di succo. Queste ultime sono

state poste sul prisma dello strumento che, puntato verso una fonte luminosa, ha fornito la lettura del grado zuccherino del succo espressa come °Brix. Dopo ogni lettura il prisma dello strumento è stato accuratamente lavato ed asciugato.

Determinazione consistenza della polpa

La durezza, o consistenza, della polpa del frutto è stata misurata attraverso un particolare dinamometro, detto penetrometro (penetrometro digitale Maturity Meter 100, Isoelectric, Brescia), che registra la resistenza che oppone la polpa del frutto alla penetrazione di un piccolo cilindretto metallico (puntale). Il puntale utilizzato ha una forma standard ed un diametro di 8 mm (corrispondente ad una superficie di circa 0,5 cm²). La misura è stata eseguita sulle due facce opposte della zona equatoriale dei frutti, dopo aver rimosso una porzione di epidermide con un diametro leggermente superiore a quello del puntale.

Determinazione caratteristiche ottiche

Le proprietà ottiche dell'epidermide dei frutti sono state misurate con uno spettroradiometro portatile a diode array Ocean Optic HR2000-UV-VIS-NIR dotato di sfera integrante ISP-30-6-R. Lo spettro misurato era compreso tra 400 e 1100 nm con un intervallo di misura di 0.3 nm.

Le misure sono state effettuate su tutti i frutti sottoposti a misure di RSR e consistenza della polpa, avendo cura di effettuare la lettura sulla stessa posizione della faccia del frutto su cui sono state eseguite le misure di consistenza della polpa.

Determinazione delle clorofille a e b e dei carotenoidi

Sui campioni freschi è stato prelevato un quantitativo pari a 1-1,2 grammi di parte edule, che abbiamo posto all'interno di cilindri di plastica ed abbiamo aggiunto 200 ml di acetone all'80%. Le provette sono state poste all'interno di un contenitore che è stato successivamente coperto con carta di alluminio per evitare la degradazione della clorofilla da parte della luce; infine sono state poste in frigo per un giorno ed una notte prima di effettuare le analisi. Trascorso questo tempo, i campioni sono stati omogenati in mortai, tenuti precedentemente nel congelatore per evitare perdite di acetone per volatilizzazione. Il contenuto è stato versato nelle provette da centrifuga e centrifugato per 5 minuti a 11000 giri; terminata la centrifuga il surnatante è stato messo nelle cuvette del visibile ed i dati sono stati ricavati tramite uno spettrofotometro. La clorofilla *a* viene letta a 663 nm, la clorofilla *b* a 648 nm, i carotenoidi a 470 nm. Per la prova in bianco sono stati utilizzati 1000 µl di acetone, mentre per la lettura dei campioni sono stati presi 150 µl di estratto e 850 µl di acetone. Una volta effettuate le letture si determinano, tramite tre formule, i contenuti in µg/ml di clorofilla *a*, *b* e carotenoidi.

$$\text{Chl } a \text{ (}\mu\text{g/ml)} = (12.25 \times A^{663.6}) - (2.55 \times A^{646.6})$$

$$\text{Chl } b \text{ (}\mu\text{g/ml)} = (21.31 \times A^{646.6}) - (4.91 \times A^{663.6})$$

$$\text{Chl totali (}\mu\text{g/ml)} = (17.76 \times A^{446.6}) + (7.34 \times A^{663.6})$$

Determinazione del contenuto in acido ascorbico e deidroascorbico

È stato seguito il protocollo proposto da Kampfenkel et al. (1995). Si utilizzavano da 0.4 a 1.2 g di materiale vegetale che venivano omogenati in un mortaio precedentemente raffreddato con l'aggiunta di 0.8 mL di TCA (acido tricloroacetico) al 6% (peso/volume).

Dopo un'incubazione di 15 minuti nel ghiaccio, il volume veniva portato a 1,5 mL con TCA al 6%; il TCA, unitamente alle basse temperature, ha la funzione di prevenire le attività metaboliche che potrebbero alterare le analisi. L'omogenato veniva centrifugato a 15600g per 5 minuti a 4°C; il surnatante così ottenuto era utilizzato per determinare il contenuto in acido ascorbico e deidroascorbico. In particolare, si leggeva l'assorbanza ad una lunghezza d'onda di 525 nm che corrisponde al picco massimo di assorbimento del complesso Fe²⁺/2,2, dipiridil. Per il calcolo dell'acido ascorbico si utilizzava un curva di taratura che correla concentrazioni note di ascorbato (da 0,05 a 10 µM) alle relative assorbanze a 525 nm. La vitamina C (somma di acido ascorbico e deidroascorbico, ASA_{TOT}) era espressa in mg/100 g peso fresco. E' stato determinato anche il contributo percentuale dell'acido ascorbico alla capacità antiossidante. Dal momento che il rapporto stechiometrico tra acido ascorbico e FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) è di 2:1 (2 µmoli di acido ascorbico sono equivalenti ad 1 µmole di potere antiossidante) il contributo percentuale è stato calcolato come segue: $[ASA(\mu\text{moli L}^{-1}) \times 2 / FRAP(\mu\text{moli L}^{-1})] \times 100$ (Szeto et al., 2002).

Una volta pronti, i campioni sono stati messi all'interno di provette di vetro e uniti ad altri elementi. Per la determinazione dell'ASA, una volta seguito il metodo, le provette sono state messe a bagnomaria per 40 minuti e poi sono state effettuate le letture allo spettrofotometro; per l'ASA totale, invece, il procedimento è stato completato solo parzialmente e le provette sono state messe a bagnomaria per 15 minuti, trascorso questo tempo abbiamo terminato il metodo e messe nuovamente a bagnomaria per 40 minuti le provette.

Determinazione della capacità antiossidante

Attualmente esiste un ampio range di metodi per saggiare la capacità antiossidante in frutta ed ortaggi; in questo lavoro di ricerca è stato utilizzato il metodo FRAP, che sfrutta il potere antiossidante ferroriducente. Il protocollo seguito era quello proposto da Kang e Saltveit (2002) con opportune modifiche: 3-4 g di materiale vegetale fresco (polpa privata della buccia) venivano estratti con 20 mL di metanolo e quindi centrifugati alla velocità di 15000g per 15 minuti ad una temperatura di 20°C. Il surnatante così ottenuto era utilizzato per effettuare le analisi. Il metodo rappresenta un test rapido e diretto per misurare la capacità antiossidante del campione in considerazione; infatti viene valutata la capacità che gli antiossidanti, contenuti nel campione, hanno di ridurre, in condizioni di valori di pH bassi, il complesso Fe^{3+} / tripiridiltriagina. Per calcolare il contenuto in FRAP si utilizzava una curva di taratura ottenuta con i valori dell'assorbanza a 593 nm di concentrazioni note di solfato-ferroso (Benzie e Strain, 1996); il valore finale del contenuto in FRAP era espresso come moli di $Fe^{2+} L^{-1}$.

Per l'estrazione sono stati presi i campioni freschi, è stato prelevato un quantitativo di parte edule pari a 4 grammi e messo all'interno di fogli di alluminio; successivamente questi sono stati immersi nell'azoto liquido e una volta estratti portati in frigo a - 80°C. Al momento dell'estrazione sono stati omogenati i campioni all'interno dei mortai congelati e sono stati aggiunti, durante questa fase, 10 ml di metanolo. Il contenuto è stato versato nelle provette da centrifuga tramite una garza posta sopra ad un imbuto e portati in centrifuga per 15 minuti a 15000 giri. Una volta terminata la centrifuga sono stati letti i valori allo spettrofotometro ad una lunghezza d'onda di 593 nm prendendo 15 µl di estratto e 985 µl di una miscela costituita da TPZ (2,4,6-tripiridil-2, triazine), clorato di ferro

e sodio acetato. Una volta uniti nella cuvetta del visibile, è stata lasciata incubare per 4 minuti a 20°C e quindi è stata effettuata la lettura allo spettrofotometro.

L'equazione della curva di taratura ottenuta è la seguente:

$$y = 0.000011 x + 0.00187$$

Determinazione dei fenoli

Si effettuava utilizzando lo stesso estratto ottenuto per la determinazione della capacità antiossidante; l'analisi prevedeva una lettura spettrofotometrica di 1mL di surnatante alla lunghezza d'onda di 320 nm. Il contenuto in fenoli era espresso come $ABS_{320} g^{-1}$ di peso fresco (Kang e Saltveit, 2002).

Qui l'estratto è stato messo nelle cuvette di quarzo senza la miscela TPZ, clorato di ferro e sodio acetato.

Analisi statistica

I dati relativi alla diversa posizione del frutto nella chioma sono stati sottoposti ad analisi della varianza (ANOVA) a una via, mentre quelli relativi alle diverse epoche di raccolta sono stati sottoposti all'analisi della varianza (ANOVA) a due vie con l'epoca di raccolta e la conservazione a temperatura ambiente come fonti di variabilità. I dati sono stati quindi comparati utilizzando la differenza minima significativa (DMS) per $P=0,05$.

EFFETTO DELLA POSIZIONE DEI FRUTTI ALL'INTERNO DELLA CHIOMA

Risultati

Peso dei frutti

Per quanto riguarda questa prima analisi, come possiamo vedere dalla figura 9, i frutti provenienti dalla porzione più alta e maggiormente illuminata della chioma risultano di pezzatura maggiore (circa 118 g) rispetto a quelli raccolti nella porzione bassa della pianta, sia essa interna che esterna, che si aggirano intorno ai 108 g.

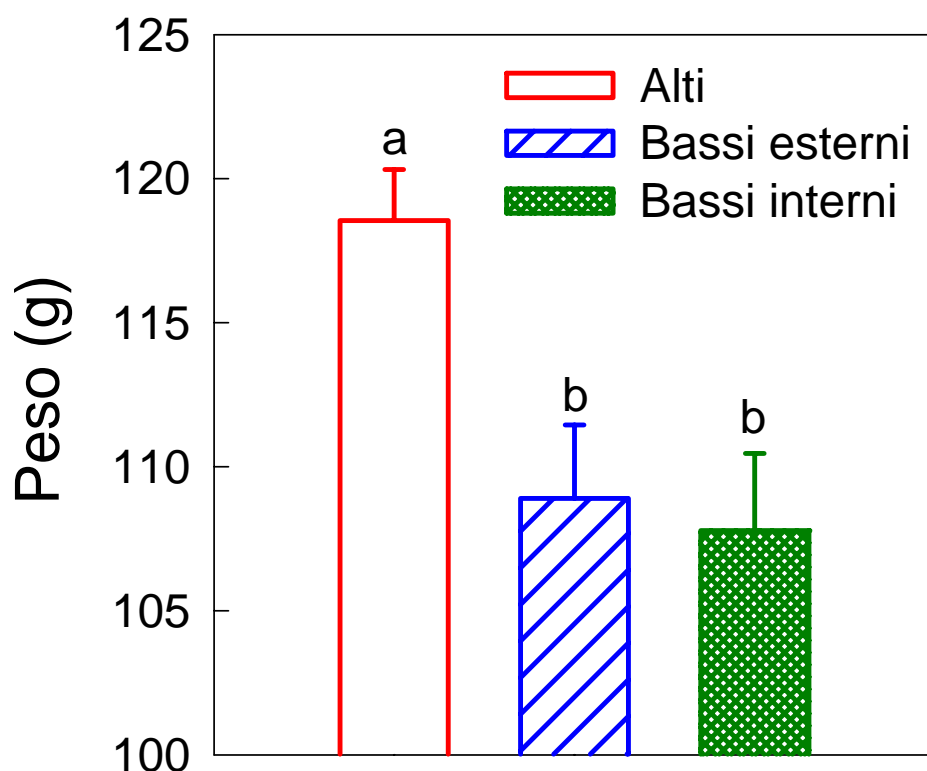


Fig. 9: Peso dei frutti di actinidia, raccolti a maturità commerciale, in tre posizioni diverse della pianta. Ogni misura rappresenta la media di 30 frutti. Le barre indicano l'errore standard. Le lettere indicano differenze significative per $P \leq 0.05$.

Consistenza della polpa

Per questa determinazione non abbiamo registrato differenze significative per quanto riguarda i campioni prelevati dalla posizione alta e bassa esterna della pianta, anche se i campioni della parte più alta hanno una durezza della polpa superiore; infatti, questi ultimi hanno un indice penetrometrico superiore a 5 Kg, mentre i campioni situati sulla porzione bassa della chioma hanno una consistenza pari a 4,5 e 4,7 Kg, rispettivamente per quelli esterni e interni (figura 10).

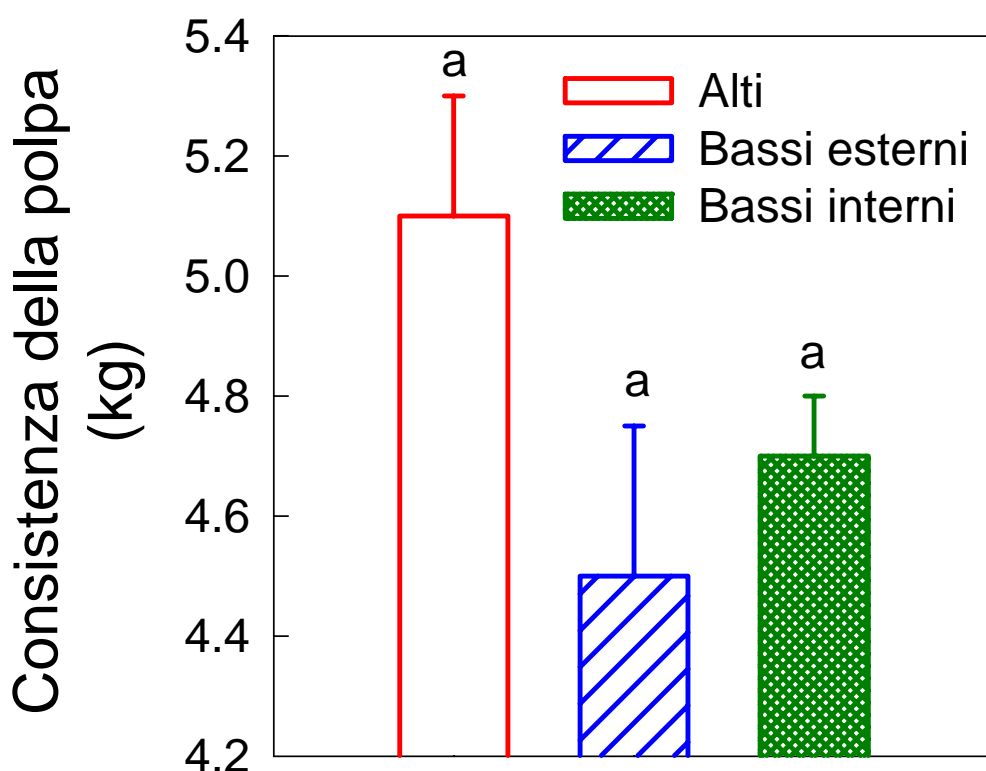


Fig. 10: Consistenza delle polpa dei frutti di actinidia, raccolti a maturità commerciale, in tre posizioni diverse della pianta. Ogni misura rappresenta la media di 30 frutti. Le barre indicano l'errore standard. Le lettere indicano differenze significative per $P \leq 0.05$.

Residuo secco rifrattometrico (RSR)

Le differenze nella stima del residuo secco rifrattometrico dei frutti di actinidia prelevati dalle diverse porzioni della pianta sono rappresentate in figura 11. Come si può notare, i frutti raccolti nella parte alta presentano un contenuto in solidi solubili statisticamente superiore (circa 8 °Brix) rispetto a quelli provenienti dalla porzione bassa interna della chioma (circa 6,7 °Brix). Viceversa non si notano differenze statisticamente significative tra i frutti provenienti dalla porzione bassa esterna della chioma e le altre due posizioni analizzate.

Clorofille a e b:

Come possiamo vedere dalla figura 12 sottostante, il contenuto di clorofilla *a* più clorofilla *b* è maggiore e statisticamente significativo nei frutti posti nella parte alta della pianta rispetto ai campioni prelevati dalla porzione bassa.

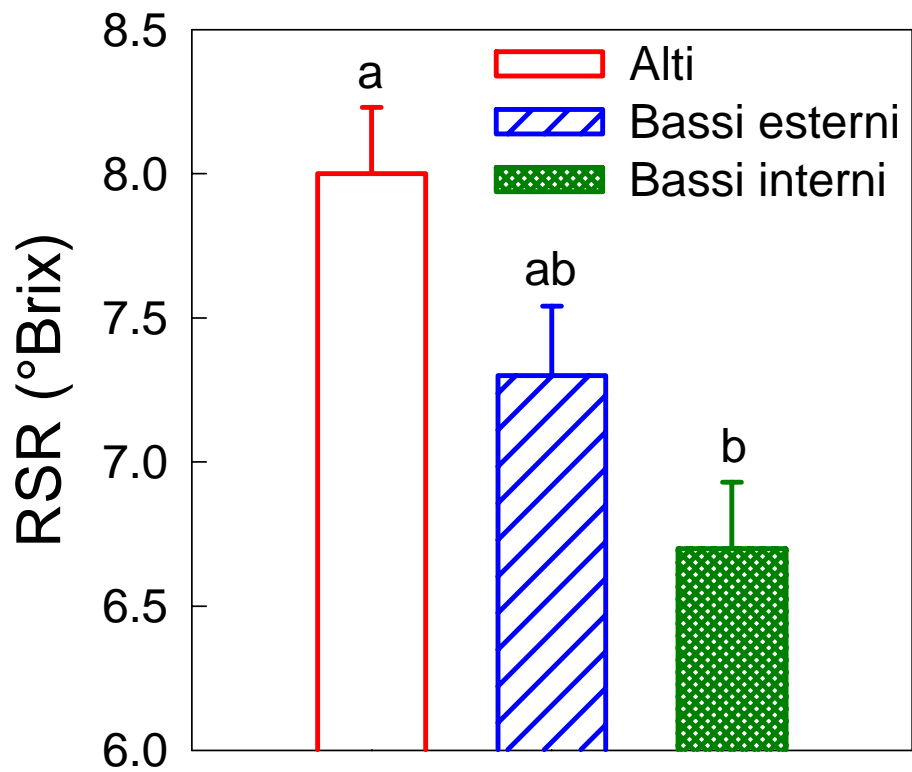


Fig. 11: Residuo secco rifrattometrico dei frutti di actinidia, raccolti a maturità commerciale, in tre posizioni diverse della pianta. Ogni misura rappresenta la media di 30 frutti. Le barre indicano l'errore standard. Le lettere indicano differenze significative per $P \leq 0.05$.

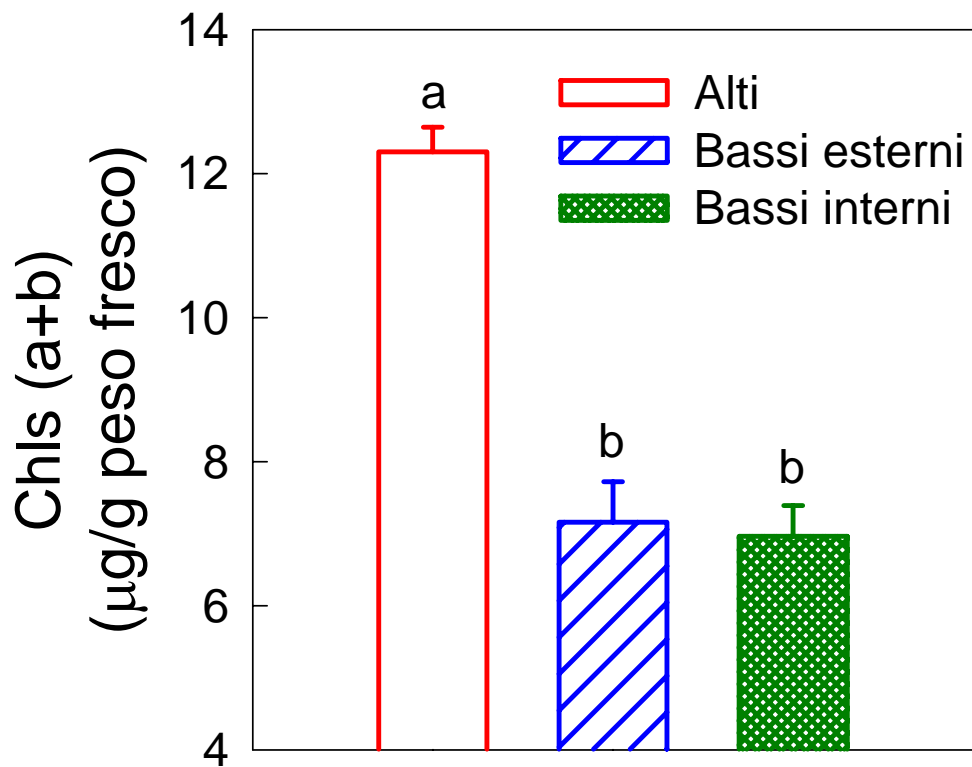


Fig. 12: Contenuto di clorofilla dei frutti di actinidia, raccolti a maturità commerciale, in tre posizioni diverse della pianta. Ogni misura rappresenta la media di 9 frutti. Le barre indicano l'errore standard. Le lettere indicano differenze significative per $P \leq 0.05$.

Determinazione ASA tot:

Il contenuto in acido ascorbico totale (ASA tot) aumenta nei frutti di actinidia posti nella porzione alta e bassa esterna della pianta, mentre diminuisce in maniera evidente (figura 13) nei campioni che si trovano nella parte bassa interna.

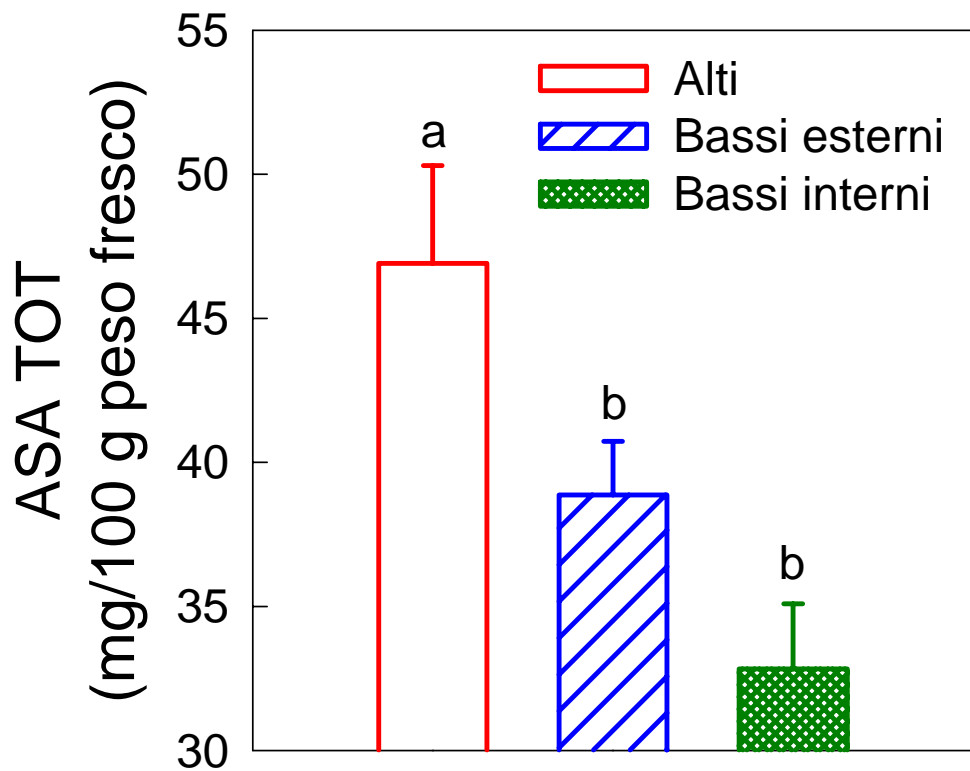


Fig. 13: Contenuto in acido ascorbico totale (ASA tot) dei frutti di actinidia, raccolti a maturità commerciale, in tre posizioni diverse della pianta. Ogni misura rappresenta la media di 9 frutti. Le barre indicano l'errore standard. Le lettere indicano differenze significative per $P \leq 0.05$.

Discussione

L'analisi dei dati sopra riportati evidenzia come i frutti provenienti dalle zone maggiormente illuminate della chioma siano, generalmente, di qualità migliore rispetto a quelli provenienti da zone della chioma più riparate. Probabilmente differenza di qualità è dovuta ad una diversa disponibilità di fotosintetati a disposizione dei frutti inseriti in porzioni diversamente illuminate: una maggiore intercettazione della radiazione solare giornaliera, caratteristica delle zone più alte, o comunque esterne, della chioma apporta un deciso miglioramento qualitativo dei frutti. Questa migliore qualità dei frutti "esterni" rispetto ai frutti "interni" trova conferma anche in altre indagini, presenti in letteratura, effettuate sempre con lo scopo di valutare l'effetto della posizione sulla qualità dei frutti. La radiazione intercettata incide molto positivamente non solo sugli aspetti quantitativi della produzione, ma anche sulla differenziazione a fiore, sull'allegagione e sulla qualità dei frutti prodotti aumentandone la pezzatura, la concentrazione di solidi solubili; i frutti inseriti su porzioni della pianta ben illuminate hanno maggiore possibilità di veder realizzato il loro potenziale di crescita (Costa et al 1997).

Studi effettuati sull'actinidia, riguardanti il bilancio del carbonio, hanno evidenziato che la prima fase di accrescimento dei frutti dipende soprattutto dalla disponibilità di nuovi fotosintetati, piuttosto che dalle riserve della precedente stagione, ed anche che la capacità fotosintetica raggiunge il suo massimo soltanto 100 giorni dopo il germogliamento (Buwalda e Smith, 1990b; Smith et al., 1992); si è tentato in tal modo di spiegare il motivo della localizzazione dei migliori frutti nelle zone più dense dal punto di vista fogliare, rimarcando che la bassa intercettazione di luce nelle zone con poche foglie non può essere compensata da un aumento dell'intercettazione nelle zone più dense (Smith et al., 1994).

EFFETTO DELL'EPOCA DI RACCOLTA

Risultati e Discussione

Nessuna differenza significativa è stata rilevata nella stima della capacità antiossidante dei frutti di actinidia conservati in AC per 5 mesi in funzione del momento della raccolta. Infatti, come evidenziato in figura 14, il valore della capacità antiossidante, espresso in moli L^{-1} , era simile nei frutti raccolti al momento della maturazione commerciale ed in quelli a maturazione tardiva. La successiva esposizione dei frutti a temperatura ambiente dopo la frigoconservazione prolungata determinava invece effetti negativi sulla capacità antiossidante che si riduceva significativamente ($P < 0,001$) indipendentemente dall'epoca di raccolta. In generale, la capacità antiossidante dei frutti freschi varia ampiamente; tuttavia, è noto che il kiwi, insieme ad altri frutti come l'uva, possiede una elevata capacità antiossidante (Szeto et al., 2002). I nostri dati rilevano un rapido decadimento della capacità antiossidante nei frutti di kiwi a seguito della esposizione a temperatura ambiente dopo la conservazione in AC. E' noto come le caratteristiche qualitative e nutrizionali dei frutti vengano negativamente influenzate dalla modalità di conservazione nonché dalle operazioni eseguite nel periodo della post-raccolta (Lee e Kader, 2000).

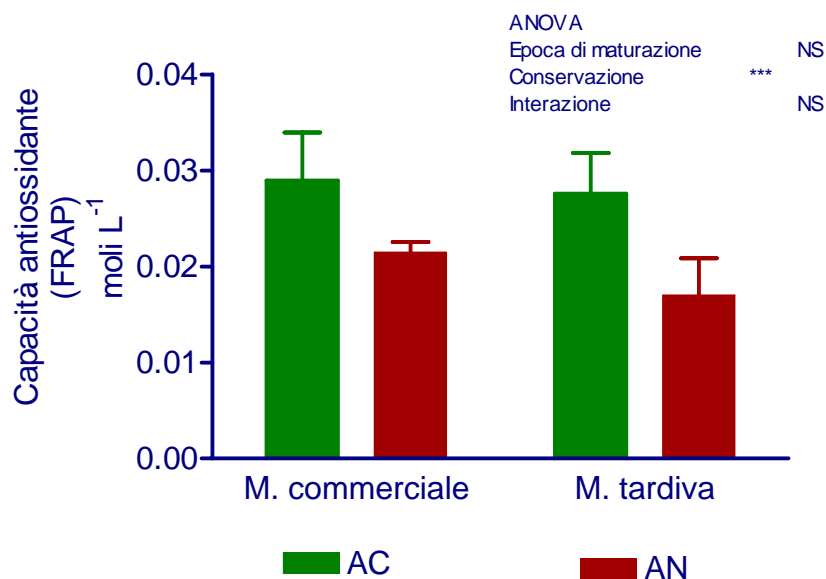


Fig. 14: Capacità antiossidante in frutti di actinidia raccolti in due differenti epoche. In verde è rappresentata la misura effettuata al momento del prelievo del campione dalla cella AC, mentre in rosso la misura determinata dopo 7 giorni di esposizione a temperatura e atmosfera ambiente. Ogni valore rappresenta la media di 6 repliche e la barra indica la deviazione standard. Nel grafico sono riportate le significatività del rapporto F relativo alle fonti di variabilità ed alla loro interazione. NS: non significativo; ***: $P < 0.001$.

La capacità antiossidante dei frutti è determinata dalla presenza nei loro tessuti di diversi metaboliti, come fenoli o acido ascorbico, che svolgono un'azione antiossidante verso le ROS, che abbiamo visto essere direttamente implicate in alcune importanti patologie umane. Il contenuto in fenoli dei frutti di actinidia aumentava in funzione della maggiore permanenza dei frutti sull'albero (figura 15). Anche l'esposizione ad AN per 7 giorni influenzava il contenuto in fenoli anche se in modo diverso in funzione dell'epoca di raccolta. Infatti nei frutti raccolti a maturazione commerciale si registrava un incremento

significativo nei valori di $ABS_{320} \text{ g}^{-1}$ peso fresco a causa della conservazione a temperatura ambiente per 7 giorni, mentre nei frutti raccolti in epoca tardiva il contenuto in fenoli si riduceva significativamente.

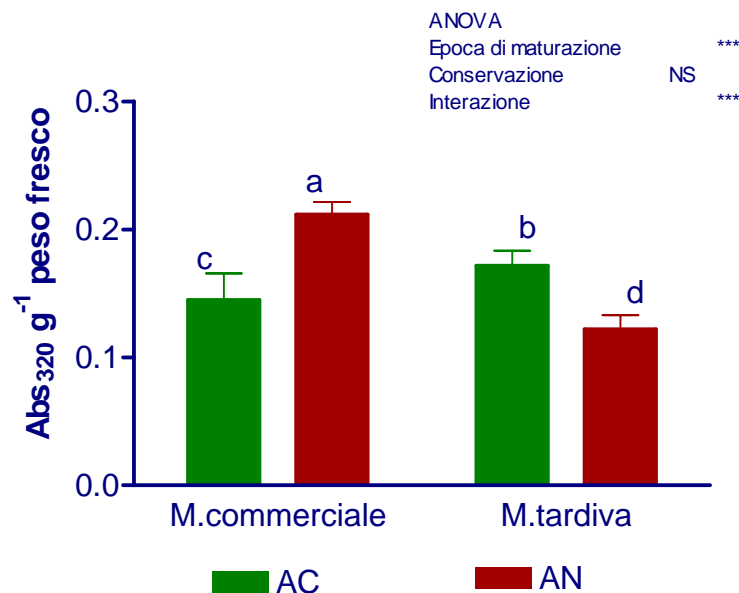


Fig. 15: Contenuto in fenoli in frutti di actinidia raccolti in due differenti epoche. In verde è rappresentata la misura effettuata al momento del prelievo del campione dalla cella AC, mentre in rosso la misura determinata dopo 7 giorni di esposizione a temperatura e atmosfera ambiente. Ogni valore rappresenta la media di 6 repliche e la barra indica la deviazione standard. Nel grafico sono riportate le significatività del rapporto F relativo alle fonti di variabilità ed alla loro interazione. NS: non significativo; ***: $P < 0.001$. Le lettere indicano differenze significative per $P \leq 0.001$.

L'aumento del contenuto in fenoli registrato nei frutti di actinidia durante il periodo di AN non era tuttavia responsabile di un aumento della capacità antiossidante che, come visto in precedenza, si riduceva significativamente. E' noto che il composto organico che contribuisce in misura maggiore alla capacità antiossidante nei frutti di kiwi è rappresentato dall'acido ascorbico che è particolarmente abbondante nelle cellule della

polpa verde (Scalzo et al., 2005). Come appare evidente dalla Tabella 8, il momento della raccolta influenzava notevolmente le caratteristiche qualitative dei frutti al termine della conservazione in AC. La vitamina C si riduceva significativamente in funzione dell'epoca di raccolta ed i valori più bassi venivano infatti registrati nei kiwi raccolti in epoca tardiva rispetto alla maturazione commerciale (Tab. 8). Nei kiwi raccolti a maturazione commerciale si registrava anche un incremento del contenuto in ASA_{TOT} a seguito della esposizione ad AN per 7 giorni; tale aumento non era invece così evidente nei frutti raccolti in epoca tardiva.

Questi dati sembrano in contrasto con quanto riportato da Lee e Kader (2000) i quali indicavano come lo stadio di maturazione dei frutti fosse uno dei più importanti fattori che influenzano la qualità. Questi autori riportavano che nei frutti l'ASA aumenta durante la maturazione ed in particolare questo incremento era evidente nei frutti lasciati a maturare sull'albero. I nostri risultati invece evidenziavano come l'ASA aumentasse principalmente nei frutti raccolti, conservati in AC e successivamente mantenuti a temperatura ambiente per 7 giorni. D'altra parte altri autori (Slaughter e Crisosto, 1998) evidenziavano come nei kiwi l'epoca di raccolta rappresentasse un importante fattore per le caratteristiche organolettiche durante la conservazione post-raccolta. Secondo questi autori, la raccolta precoce dei frutti determinava una minore qualità, mentre la raccolta tardiva induceva il rammollimento dei frutti e riduceva di conseguenza il periodo di conservazione in AC.

Tab. 8 - Contenuto in acido ascorbico (ASA), deidroascorbico (DHA) ed ascorbico totale (ASA_{TOT}) in frutti di actinidia raccolti in due differenti epoche prima della conservazione in AC per 5 mesi e a diversi tempi di esposizione a temperatura ed atmosfera ambiente (AN) dopo la conservazione. Ogni valore rappresenta la media di 4 repliche (\pm deviazione standard). Le medie seguite da lettera uguale non sono significativamente diverse per $P < 0.05$ (con epoca di raccolta e conservazione come fonti di variabilità).

Epoca di maturazione	Esposizione ad AN (giorni)	ASA	DHA	ASA _{TOT}
		(mg ASA/100 g peso fresco)		
Maturazione commerciale	0	47,1 a (8,33)	2,4 b (0,48)	49,4 b (7,19)
	7	55,1 a (8,15)	9,7 a (2,83)	64,9 a (2,49)
Maturazione tardiva	0	31,9 a (2,19)	2,8 b (0,06)	34,7 c (2,01)
	7	38,1 a (1,67)	2,4 b (1,44)	40,4 bc (1,41)

Le analisi del contenuto in ASA sembrano nuovamente non confermare quelle relative alla capacità antiossidante che come precedentemente osservato si riduceva significativamente a seguito della esposizione ad AN. Per meglio caratterizzare il coinvolgimento dell'ASA nel determinare la capacità antiossidante dei frutti di kiwi, è stato stimato il contributo percentuale dell'acido ascorbico alla capacità antiossidante totale (Tabella 9). I risultati dimostravano che, nel caso dei frutti raccolti a maturazione commerciale, l'acido ascorbico contribuiva per il 17 % alla capacità antiossidante, mentre in quelli raccolti in epoca

tardiva per il 12%. L'esposizione dei frutti a temperatura ambiente determinava un incremento del contributo dell'ASA alla capacità antiossidante. Ciò potrebbe indicare che durante la conservazione in AN l'ASA contribuiva in misura maggiore alla capacità antiossidante rispetto al momento dell'uscita dalla cella in AC, sia per i frutti della raccolta commerciale che di quelli a raccolta tardiva. I dati relativi al contributo dell'ASA alla capacità antiossidante determinata mediante il metodo FRAP nei frutti di kiwi erano simili a quelli riportati da Guo et al. (2003).

Tab. 9- Contributo percentuale dell'ASA alla capacità antiossidante in frutti di actinidia in due differenti epoche di raccolta e a diversi tempi di esposizione a temperatura ambiente e al termine della conservazione frigorifera in AC per 5 mesi. Ogni valore rappresenta la media di 4 repliche (\pm deviazione standard).

Epoca di maturazione	Esposizione ad AN (giorni)	Contributo (%) dell'ASA alla capacità antiossidante
Maturazione commerciale	0	16,97
	7	29,52
Maturazione tardiva	0	12,41
	7	23,83

MISURA DELLE CARATTERISTICHE OTTICHE DELL'EPIDERMIDE (NIR)

I frutti provenienti dalle varie porzioni della chioma e raccolti in entrambe le epoche considerate sono stati, prima di essere analizzati con le classiche metodologie, sottoposti a misura, non distruttiva, della riflettanza dell'epidermide del frutto nella regione del visibile e del vicino infrarosso. In particolare è stata evidenziata una buona correlazione di un semplice indice (rapporto della riflettanza a misurata a 670 nm e quella misurata a 540 nm) con la consistenza della polpa ($r^2=0,66$) (figura 16) e con il residuo secco rifrattometrico ($r^2=0,70$) (figura 17). Lo stesso indice, così come altri indici presenti in letteratura, non è tuttavia risultato correlato con gli altri parametri qualitativi probabilmente a causa del minore numero di frutti analizzati per il contenuto in clorofilla e in acido ascorbico.

Le misure effettuate confermano la possibilità di utilizzare le proprietà ottiche dei frutti per valutare, in modo non distruttivo, lo stadio di maturazione dei frutti. Il confronto tra i valori degli indici di maturazione stimati attraverso le misure di riflettanza e quelli determinati con tecniche "tradizionali" di tipo distruttivo appare soddisfacente (Costa et al., 2001). Tuttavia, allo stato attuale sembra che la metodologia sia molto efficiente per valutare il progredire della maturazione, direttamente sulla pianta, mentre la valutazione sul singolo frutto raccolto non è sempre precisa. La buona correlazione delle misure con il contenuto in solidi solubili e con la consistenza della polpa, ha mostrato, in ogni caso, una buona risposta grazie al consistente "peso" del campione. In conclusione, la tecnica recentemente proposta ed in fase di sperimentazione e valutazione, appare molto promettente per la valutazione della qualità dei frutti. La possibilità di effettuare misure

non distruttive, relativamente economiche e su un campione di frutti estremamente rappresentativo, rende questa tecnologia estremamente interessante e giustifica l'interesse crescente del mondo della ricerca e degli anelli della filiera ortofrutticola che operano nelle fasi di post-raccolta.

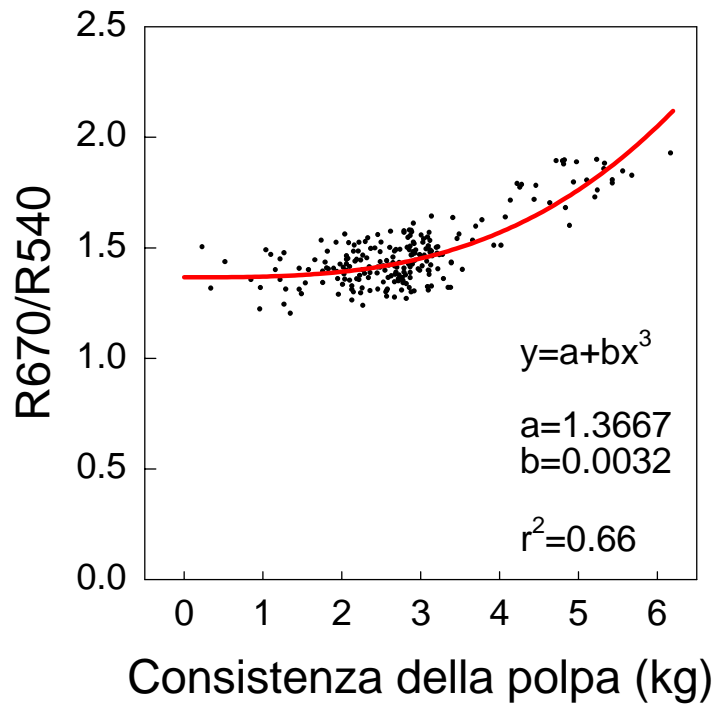


Fig 16: Correlazione tra misure di riflettanza dell'epidermide e consistenza della polpa. R^2 rappresenta il coefficiente di correlazione.

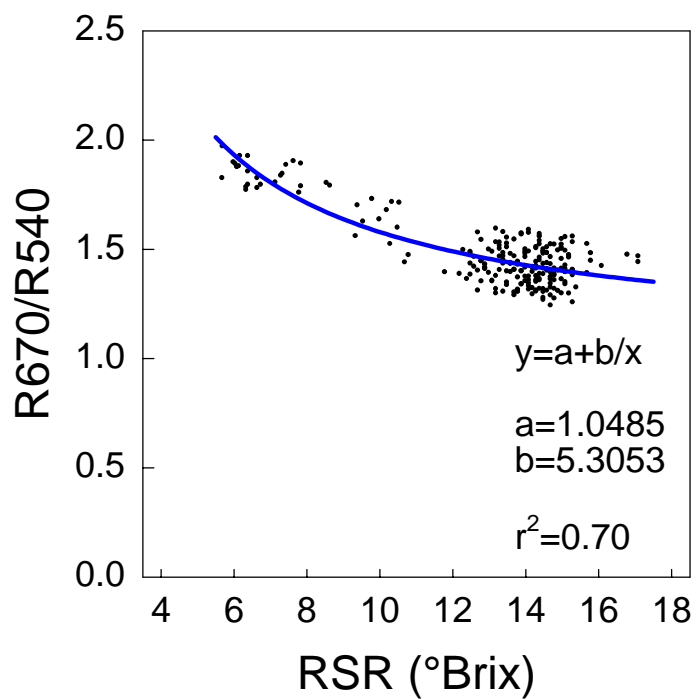


Fig 17: Correlazione tra misure di riflettanza dell'epidermide e residuo secco rifrattometrico. R^2 rappresenta il coefficiente di correlazione.

CONCLUSIONI

I prodotti frutticoli rappresentano un'indubbia fonte di fitochimici (acido ascorbico, polifenoli, vitamina E, etc.) la cui azione è importante per la prevenzione e/o cura di numerose patologie umane. Diverse molecole organiche svolgono questa azione antiossidante ed è molto difficile misurare il contributo di ciascuna di esse alla capacità antiossidante. In questo lavoro è stato stimato il contributo della vitamina C al potere antiossidante in frutti di kiwi sottoposti a epoca di raccolta e modalità di conservazione differenziate. I risultati ottenuti hanno dimostrato che percentualmente l'acido ascorbico contribuisce al potere antiossidante totale del frutto dell'actinidia dal 12 al 20% in funzione anche dell'epoca di raccolta e della conservazione. Questo fa supporre che altri antiossidanti, oltre alla vitamina C, giochino un ruolo importante nel determinare la capacità antiossidante della polpa dei frutti.

L'epoca di raccolta, e quindi di maturazione del frutto, incide in modo notevole sulle caratteristiche salutistiche: la capacità antiossidante rimaneva inalterata anche se il contenuto in vitamina C diminuiva significativamente. Diversa era l'influenza della esposizione dei frutti a temperatura ambiente dopo la fase di conservazione frigorifera, situazione che simula le reali condizioni di conservazione presso il punto vendita e presso l'abitazione del consumatore. In questa fase si evidenziava una riduzione della capacità antiossidante ed un incremento di vitamina C.

I risultati ottenuti evidenziano come fattori quali la maturazione del frutto e l'esposizione all'aria di questo dopo la conservazione frigorifera in AC prolungata influenzano le caratteristiche nutrizionali e qualitative. Il lavoro rappresenta un primo

approccio allo studio dell'influenza dei fattori di pre- e/o post-raccolta sulla composizione nutrizionale dei frutti. A tale proposito saranno necessarie ulteriori ricerche per la determinazione del potenziale impatto delle pratiche colturali e delle tecniche di post-raccolta sulla qualità dei prodotti frutticoli.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Abbott J.A. 1999. Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 15 (3): 207-225.
- Abbott J.A., Lu R., Upchurch B.L., Stroshine R.L. 1997. Technologies for nondestructive quality evaluation of fruits and vegetables. *Horticultural Reviews* 20: 1-120.
- Abbott J.A., Massie D.R. 1998. Nondestructive sonic measurement of kiwifruit firmness. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 123 (2): 317-322.
- Andreotti C., Noferini M., Costa G. 2000. Monitoraggio in condizioni di 'pieno campo' di alcuni parametri della maturazione dei frutti attraverso la tecnica NIR. *XXIV Convegno peschicolo, Cesena, 24-25 febbraio*, pp. 65-66.
- Asami I., Tanaka Y., Aoki M. 1988. Chemical compositions and non-destructive quality evaluation method of kiwifruit. *Research Bulletin of Aichi Agricultural Research Centre* 20: 317-323.
- Bagarello V., Celauro M.C. 1989. Soil moisture measurement in unsaturated soils by nuclear magnetic resonance and computer-assisted tomography techniques: a report on the status of the research. *Rivista di Irrigazione e Drenaggio* 36 (3): 62-66.
- Basiouny F.M., Basiouny A., Herregods M., Nicolai B., Jager A.D., Roy S.K. 2000. Effects of liquid calcium and control atmosphere on storability and quality of kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch cv. "Hayward"). *Acta Horticulturae* 518: 213-221.
- Benady M., Simon J.E., Charles D.J., Miles G.E. 1995. Fruit ripeness determination by electronic sensing of aromatic volatiles. *Transactions of the ASAE* 38: 251-257.
- Benzie I.F.F., Strain J.J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "Antioxidant Power": the FRAP assay. *Analytical Biochemistry* 239, 70-76.
- Biasi R., Manson P.J., Costa G. 1995. Light influence on kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) quality. *Acta Horticulturae* 379: 245-251.

- Brigatti S., Gualanduzzi S., Bertolini P., Spada G. 2003. Influence of growing techniques on the incidence of *Botrytis cinerea* in cold stored kiwifruit. *Acta Horticulturae* 610: 275-282.
- Buwalda J.G., Smith G.S. 1987. Accumulation and partitioning of dry matter and mineral nutrients in developing kiwifruit vines. *Tree Physiology* 3(3): 295-307.
- Buwalda J.G., Smith G.S. 1990a. Effects of partial defoliation at various stages of the growing season on fruit yields, root growth and return bloom of kiwifruit vines. *Scientia Horticulturae* 42: 29-44.
- Buwalda J.G., Smith G.S. 1990b. Acquisition and utilisation of carbon, mineral nutrients, and water by the kiwifruit vine. *Horticultural Reviews* 12: 307-347.
- Campbell R.J., Marini R.P. 1992. Light environment and time of harvest affect "Delicious" apple fruit quality characteristics. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 117(4): 551-557.
- Campbell R.J., Marini R.P., Birch J.B. 1992. Canopy position affects light response curves for gas exchange characteristics of apple spur leaves. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 117(3): 467-472.
- Carlini P., Massantini R., Mencarelli F., Botondi R. 1998. Determination of soluble solids content in apricot varieties by visible/near-infrared spectroscopy. *Agricoltura Mediterranea* 128(2): 138-141.
- Carter G.A. 1993. Responses of leaf spectral reflectance to plant stress. *American Journal of Botany* 80(3): 239-243.
- Carter G.A. 1994. Ratios of leaf reflectances in narrow wavebands as indicators of plant stress. *International Journal of Remote Sensing* 15(3): 697-703.
- Carter G.A., Knapp A.K. 2001. Leaf optical properties in higher plants: Linking spectral characteristics to stress and chlorophyll concentration. *American Journal of Botany* 88(4): 677-684.
- Carter G.A., McCain D.C. 1993. Relationship of leaf spectral reflectance to chloroplast water content determined using NMR microscopy. *Remote Sensing of Environment* 46(3): 305-310.

- Carter G.A., Young D.R. 1993. Foliar spectral reflectance and plant stress on a barrier island. *International Journal of Plant Sciences* 154(2): 298-305.
- Casamenti R., Crociani A., Marini F. 2000a. I criteri di definizione e valutazione della qualità. *Terra e Vita Supplemento* 23: 26-37.
- Casamenti R., Crociani A., Marini F. 2000b. Le tecniche colturali idonee al miglioramento della qualità. *Terra e Vita Supplemento* 23: 6-23.
- Cerovic Z.G., Goulas Y., Gorbunov M., Briantais J.M., Camenen L., Moya I. 1996. Fluoresensing of water stress in plants: Diurnal changes of the mean lifetime and yield of chlorophyll fluorescence, measured simultaneously and at distance with a tau-LIDAR and a modified PAM-fluorimeter, in maize, sugar beet, and kalanchoe. *Remote Sensing of Environment* 58(3): 311-321.
- Chatzoulakis K.S., Therios I., Noitsakis B. 1993. Effect of shading on gas exchange, specific leaf weight and chlorophyll content in four kiwifruit cultivar under field conditions. *Journal of Horticultural Science* 68(4): 605-611.
- Clark C., McGlone V.A., Jordan R.B. 2003. Detection of Brownheart in "Braeburn" apple by transmission NIR spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology* 28: 87-96.
- Clark C.J., Hockings P.D., Joyce D.C., Mazucco R.A. 1997. Application of magnetic resonance imaging to pre- and post-harvest studies of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 11(1): 1-21.
- Cooper K.M., Marshall R.R. 1991. Crop loading and Canopy Management. *Acta Horticulturae* 297: 501-508.
- Corelli Grappadelli L., Coston D.C. 1991. Thinning pattern and light environment in peach tree canopies influence fruit quality. *HortScience* 26: 1464-1466.
- Corelli Grappadelli L., Lakso A.N., Flore J.A. 1994a. Early season patterns of carbohydrate partitioning in exposed and shaded apple branches. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 119(3): 569- 603.
- Corelli Grappadelli L., Ravaglia G., Neri D. 1994b. Assorbimento selettivo e traslocazione di zuccheri esogeni in lamburde di melo. In *Atti II Giornate Scientifiche S.O.I., S. Benedetto del Tronto, 22-24 giugno 1994*, pp. 209-210.

- Corelli Grappadelli L., Sansavini S. 1991. Forme di allevamento, efficienza degli impianti e qualità delle pesche. *Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura* 53(6): 13-24.
- Costa G. 1999. kiwifruit orchard management: new developments. *Acta Horticulturae* 498: 111-126.
- Costa G., Andreotti C., Miserocchi O., Noferini M., Smith G. 1999. Impiego della spettroscopia NIR per la determinazione dell'epoca di raccolta in campo e dei parametri di maturazione in conservazione di frutti di actinidia. *Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura* 61(12): 53-56.
- Costa G., Andreotti C., Miserocchi O., Noferini M., Smith G. 1999a. Near-infrared (NIR) methods to determine kiwifruit field harvest date and maturity parameters in cool-store. IVth Int. Symp. on Kiwifruit, Santiago, january 11-14. *Acta Horticulturae* 498: 231-237.
- Costa G., Biasi R., Giuliani R., Succi F. 1991. Comparison of kiwifruit training systems. *Acta Horticulturae* 297: 427-434.
- Costa G., Corelli Grappadelli L., Noferini M., Fiori G. 2003. Use of light reflective mulch to affect yield and fruit quality. *Acta Horticulturae* 610: 139-144.
- Costa G., Noferini M., Andreotti C. 2000. La determinazione dell'epoca di raccolta dei frutti attraverso sistemi di lettura NIRs. *Atti V Giornate Scientifiche S.O.I., Sirmione, 28-30 marzo*.
- Costa G., Noferini M., Andreotti C., Mazzotti F. 1999b. Non-destructive determination of soluble solids and flesh firmness in nectarine by NIR spectroscopy. *NIR99, 14-19 june, Verona*.
- Costa G., Noferini M., Fiori G., Bregoli A.M. 2001. Impiego della spettroscopia NIR per la valutazione pre-raccolta del grado di maturazione delle pesche. *Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura* 63(6): 45-50.
- Costa G., Noferini M., Fiori G., Miserocchi O. 2000. La determinazione degli indici di raccolta e di qualità dei frutti di actinidia. *Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura* 64(9): 20-23.

- Costa G., Quadretti R., Galliano A., Vittone F. 1996. Considerazioni su un nuovo sistema di potatura proposto per l'actinidia. *Atti del Convegno Nazionale S.O.I. su La coltura dell'actinidia, Faenza 10-12 ottobre*.
- Costa G., Succi F., Morigi M., Biasi R., Galliano A., Vittone F. 1995a. Effetti della carica di gemme e del diradamento dei frutti su quantità e qualità della fruttificazione di "Hayward" (Actinidia deliciosa). *Frutticoltura* 4: 59-62.
- Costa G., Testolin R. 1995. Effect of narrowing row spacing in kiwifruit. *Acta Horticulturae* 444: 163-168.
- Costa G., Testolin R. 1995. Evoluzione della potatura dell'actinidia. *Frutticoltura* 4: 20-24.
- Costa G., Testolin R., Succi F., Smith G. 1996b. Le tecniche di potatura rivolte a migliorare la qualità dei frutti in actinidia. *Atti Convegno Nazionale "La coltura dell'actinidia", Faenza 10-12 ottobre*, pp. 131-142.
- Costa G., Testolin R., Succi F., Smith G. 1997. Le tecniche di potatura rivolte a migliorare la qualità dei frutti in actinidia. *Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura* 59(5): 17-24.
- Costa G., Vizzotto G., Testolin R. 1991. Kiwifruit: variations in vegetative gradient and cropping performance as related to cane orientation. *Adv. Hort. Sci.* 5: 15-18.
- Crisosto C.H., Kader A.A. 1999. Kiwifruit: Postharvest quality maintenance guidelines.
- De Salvador F.R., Monastra F., Della Strada G., Grassi F., Bergamini A. 1996. Confronto tra forme di allevamento in volume ed a parete inclinata nella specie pesco, ciliegio, albicocco, susino, pero, melo. In *Atti MacFruit: Agro.Bio.Frut., Cesena, 10-11 maggio 1996*, pp. 150-151.
- DeEll J.R., Prange R.K., Murr D.P. 1996. Chlorophyll fluorescence as a potential indicator of controlled atmosphere disorders in "Marshall" McIntosh apples. *HortScience* 30: 1084-1085.
- Delwiche M.J. 1987. Theory of fruit firmness sorting by impact forces. *Transactions of the ASAE* 30(4): 1160-1166.
- Delwiche M.J., Sarig Y. 1991. A probe impact sensor for fruit firmness measurements. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.* 34: 187-192.

- Delwiche M.J., Tang S., Rumsey J.W. 1987. Color and optical properties of clingstone peaches related to maturity. *Transactions of the ASAE* 30(6): 1873-1879.
- Di Natale C., Macagnano A., Davide F., D'Amico A., Paolesse R., Boschi T., Faccio M., Ferri G. 1997. An electronic nose for food analysis. *Sensor and Actuators* 44: 521-522.
- Di Natale C., Martinelli E., Pennazza G., D'Amico A., Noferini M., Costa G. 2002. Stima della qualità dei frutti di mele e actinidia tramite la "data fusion" di spettroscopia NIR e naso elettronico. *Giornate Scientifiche S.O.I. 23-25 aprile, Spoleto*.
- Eccher T., Noè N. 1993. Influence of light on shape and quality of Golden Delicious apples. *Acta Horticulturae* 329: 156-158.
- Eccher Zerbini P., Grassi M., Cubeddu M., Pifferi A., Torricelli A. 2002. Nondestructive detection of brown heart in pears by time-resolved reflectance spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology* 25: 87-97.
- Eccher Zerbini P., Grassi M., Pianezzola A. 2000. Posizione dei frutti sull'albero, qualità dopo la conservazione e strategia di raccolta di pere "Conference" In *Atti V Giornate Scientifiche S.O.I., Sirmione, 28-30 marzo 2000*, pp. 561-562.
- Ferguson I., Volz R., Woolf A. 1999. Preharvest factors affecting physiological disorders of fruit. *Postharvest Biology and Technology* 15(3): 255-262.
- Fernandez R.T., Perry R.L., Flore J.A. 1997. Drought response of young apple trees on three rootstocks. II. Gas exchange, chlorophyll fluorescence, water relations, and leaf abscisic acid. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 122(6): 841-848.
- Ferrari C.K.B., Torres E.A.F.S. (2003). Biochemical pharmacology of functional foods and prevention of chronic diseases of aging. *Biomedicine and Pharmacotherapy* 57, 251-260.
- Forbus W.R., Jr., Dull G.G. 1990. Delayed light emission as an indicator of peach maturity. *Journal of Food Science* 55(6): 1581-1584.
- Forlani M., Cirillo C., Basile B., Petito A. 2000. Evoluzione della maturazione dei frutti di sei cultivar di pesco in funzione dell'epoca di raccolta e della loro posizione sulla chioma. In *Atti V Giornate Scientifiche S.O.I., Sirmione, 28-30 marzo 2000*, pp. 291-292.

- Gamon J.A., Surfus J.S. 1999. Assessing leaf pigment content and activity with a reflectometer. *New Phytologist* 143(1): 105-117.
- Garcia-Alonso M., de Pascual-Teresa S., Santos-Buelga C., Rivas-Gonzalo J.C. (2004). Evaluation of the antioxidant properties of fruits. *Food Chemistry* 84, 13-18.
- George A.P., Hieke S., Rasmussen T., Ludders P. 1996. Early shading reduces fruit yield and late shading reduces quality in low-chill peach (*Prunus persica* (L) Batsch) in subtropical Australia. *Journal of Horticultural Science* 71(4): 561-571.
- Giuliani R., Magnanini E., Corelli Grappadelli L. 1999. Relazioni tra scambi gassosi e intercettazione luminosa in chiome di pesco allevate secondo tre forme. *Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura* 61(3): 65-69.
- Goodman B.A., Williamson B., Chudek J.A. 1992. Non-invasive observation of the development of fungal infection in fruit. *Protoplasma* 166: 107-109.
- Grant J.A., Ryugo K. 1984. Influence of within-canopy shading on net photosynthesis rate, stomatal conductance and chlorophyll content of kiwifruit leaves. *HortScience* 19(6): 834-836.
- Green S.R., McNaughton K.G., Greer D.H., McLeod D.J. 1995. Measurement of the increased PAR and net all-wave radiation absorption by an apple tree caused by applying a reflective ground covering. *Agricultural and Forest Meteorology* 76: 163-183.
- Greensill C.V., Newman D.S. 2001. An experimental comparison of simple NIR spectrometers for fruit grading applications. *Applied Engineering in Agriculture* 17(1): 69-76.
- Guerriero R., Martelloni V., Monteleone P., Viti R. 2001. Valutazione della capacità di adattamento e di fruttificazione di nuove cultivar e selezioni di albicocco alle condizioni climatiche del litorale tirrenico. *Italus Hortus* 8(2): 9-17.
- Guidetti R., Mignani I., Oberti R. 1998. Analisi dell'immagine per la valutazione della qualità dei frutti: misura dell'intensità di fluorescenza come indicatore del grado di maturazione. *Italus Hortus* 5(5/6): 23-26.

- Guo C., Yang J., Wei J., Li Y., Xu J., Jiang J. (2003). Antioxidant activities of peel, pulp and seed fractions of common fruits as determined by FRAP assay. *Nutrition Research* 23, 1719-1726.
- Guthrie J., Walsh K. 1997. Non-invasive assessment of pineapple and mango fruit quality using near infra-red spectroscopy. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 37(2): 1175-1186.
- Hampson C.R., Quamme H.A., Brownlee R.T. 2002. Canopy growth, yield, and fruit quality of "Royal Gala" apple trees grown for eight years in five tree training system. *HortScience* 37(4): 627-631.
- Harman J.E. 1981. Kiwifruit maturity. *The Orchardist of New Zealand* 54: 126-127,130.
- Hilaire C., Mathieu V., Scandella D. 2000. La qualité organoleptique des peches et nectarines 1. *Infos Paris* 161 : 26-29.
- Hung Y.C., Prussia S.E., Ezeike G.O.I. 1999. Nondestructive firmness sensing using a laser air-puff detector. *Postharvest Biology and Technology* 16(1): 15-25.
- Iacono F., Bertamini M., Tardaguila J. 1992. Methodological aspects and experimental conditions in the use of fluorescence as an index of water stress in cut leaves from genus *Vitis*. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 26(3) : 163-176.
- Jackson J.E. 1980. Light interception and utilization by orchard system. *Horticultural Reviews* 2: 208-267.
- Jackson J.E., Middleton S.G. 1987. Progettazione del frutteto per la massima produzione di qualità. *Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura* 49(9/10): 27-33.
- Jimenez C.M., Diaz J.B.R. 2002. Fruit distribution and early thinning intensity influence fruit quality and productivity of peach and nectarine trees. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 127(6): 892-900.
- Jordan R.B., Walton E.F., Klages K.U., Seelye R.J. 2000. Postharvest fruit density as an indicator of dry matter and ripened soluble solids of kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology* 20(2): 163-173.

- Kampfenkel K., Van Montagu M., Inze D. (1995). Extraction and determination of ascorbate and dehydroascorbate from plant tissue. *Analytical Biochemistry* 225, 165-167.
- Kang H.M., Saltveit M.E. (2002). Antioxidant capacity of lettuce leaf tissue increases after wounding. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 50, 7536-7541.
- Kaur C., Kapoor H.C. (2001). Antioxidants in fruits and vegetables – the millennium's health. *International Journal of Food Science and Technology* 36, 703-725.
- Kawano S. 1994. Present condition of nondestructive quality evaluation of fruits and vegetables in Japan. *Japanese Agricultural Research Quarterly* 28: 212-216.
- Kawano S., Fujiwara T., Iwamoto M. 1993. Nondestructive determination of sugar content in satsuma mandarin using near infrared (NIR) transmittance. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science* 62(2): 465-470.
- Kays S.J. 1999. Preharvest factors affecting appearance. *Postharvest Biology and Technology* 15(3): 233-247.
- Lahav E., Korkein A., Adar G. 1989. Thinning stage influences fruit size and yield of kiwifruit. *HortScience* 24(3): 438-440.
- Lammertyn J., Nicolai B., Smedt V.D., Baerdemaeker J.D., Shmulevich I., Galili I., Seginer J., Bailey B., Gieling T. 1997. Nondestructive measurement of pH, soluble solids and firmness of Jonagold apples using NIR-spectroscopy. *Acta Horticulturae* 562: 167-173.
- Lammertyn J., Peirs A., De Baerdemaeker J., Nicolai B. 2000. Light penetration properties of NIR radiation in fruit with respect to nondestructive quality assessment. *Postharvest Biology and Technology* 18(2): 121-132.
- Lang M., Lichtenthaler H.K., Sowinska M., Heisel F., Miehe J.A. 1996. Fluorescence imaging of water and temperature stress in plant leaves. *Journal of Plant Physiology* 148(5): 613-621.
- Lee S.K., Kader A.A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and technology* 20, 207-220.

- Lu R. 2001. Predicting firmness and sugar content of sweet cherries using near-infrared diffuse reflectance spectroscopy. *Transactions of the ASAE* 44(5): 1265-1271.
- Lu R., Abbott J.A. 1997. Finite element modeling of transient responses of apples to impulse excitation. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.* 40: 1395-1406.
- MacFall J.S., Johnson G.A. 1994. The architecture of plant vasculature and transport as seen with magnetic resonance microscopy. *Canadian Journal of Botany* 72: 1561-1573.
- MacFall J.S., Johnson G.A., Kramer P.J. 1991. Comparative water uptake by roots of different ages in seedlings of loblolly pine (*Pinus taeda* L.). *New Phytologist* 119: 551-560.
- Magnanini E., Orsini M.C., Corti E. 2001. Come studiare la struttura dei frutti attraverso la misura non distruttiva dell'elasticità. *Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura* 63(6): 61-65.
- Marini R.P., Sowers D.L. 1994. Peach fruit weight is influenced by crop density and fruiting shoot length but not position on the shoot. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 119(2): 180-184.
- Martinsen P., Schaare P. 1998. Measuring soluble solids distribution in kiwifruit using near-infrared imaging spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology* 14(3): 271-281.
- Mattheis J.P., Fellman J.K. 1999. Preharvest factors influencing flavor of fresh fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 15(3): 227-232.
- McGlone V.A., Jordan R.B., Martinsen P.J. 2002a. Vis/NIR estimation at harvest of pre- and post-storage quality indices for "Royal Gala" apple. *Postharvest Biology and Technology* 25(2): 135-144
- McGlone V.A., Jordan R.B., Seelye R., Martinsen P.J. 2002b. Comparing density and NIR methods for measurement of kiwifruit dry matter and soluble solids content. *Postharvest Biology and Technology* 26: 191-198.
- McGlone V.A., Kawano S. 1998. Firmness, dry-matter and soluble solids assessment of postharvest kiwifruit by NIR spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology* 13(2): 131-141.

- McGlone V.A., Shaare P.N. 1996. The softsense fruit firmness grader. *Acta Horticulturae*
- McMath K.L. 1992. Fruit taste the world's finest. New Zealand Kiwifruit Special Publication 4. National Research Conference pp. 41-42.
- Miles D.B., Smith G.S., Miller S.A. 1996. Within plant sampling procedures fruit variation in kiwifruit vines. *Annals of Botany*
- Miller B.K., Delwiche M.J. 1991. Spectral analysis of peach surface defects. *Transactions of the ASAE* 34(6): 2509-2515.
- Mir N., Wendorf M., Perez R., Beaudry R.M. 1998. Chlorophyll fluorescence in relation to superficial scald development in apple. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 123: 887-892.
- Monnot P. 1990. Internal product quality as a marketing instrument. *Acta Horticulturae* 285: 19-24.
- Moran J.A., Mitchell A.K., Goodmanson G., Stockburger K.A. 2000. Differentiation among effects of nitrogen fertilization treatments on conifer seedlings by foliar reflectance: a comparison of methods. *Tree Physiology* 20(16): 1113-1120.
- Morton J. 1987. Kiwifruit (*Actinidia deliciosa*). *Fruits of warm climates* 293-300.
- Muramatsu N., Sakurai N., Yamamoto R., Nevins D.J., Takahara T., Ogata T. 1997. Comparison of a nondestructive acoustic method with an intrusive method for firmness measurement of kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology* 12(3): 221-228.
- Myers S.C., Savelle A.T., Tustin D.S., Byers R.E. 2002. Partial flower thinning increases shoot growth, fruit size and subsequent flower formation of peach. *HortScience* 37(4): 647-650.
- Noferini M., Andreotti C. 2000. Il sistema NIRs per la determinazione non distruttiva della qualità della frutta. *Atti V Giornate Scientifiche S.O.I., Sirmione, 28-30 marzo*
- Ohmori S., Takao H. 1991. Development of simplified nondestructive quality evaluation device (3)-Firmness evaluation of vegetables and fruits. *Proceedings of 50th Annual conference of Japanese Society of Agricultural Machinery* 397-398.

- Palmer J.W., Giuliani R., Adams H.M. 1997. Effect of crop load on fruiting and leaf photosynthesis of "braeburn/M.26" apple trees. *Tree Physiology* 17(11): 741-746.
- Peiris K.H.S., Dull G.G., Leffler R.G., Kays S.J. 1998. Near-infrared spectrometric method for nondestructive determination of soluble solids content of peaches. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 123(5): 898-905.
- Peiris K.H.S., Dull G.G., Leffler R.G., Kays S.J. 1999. Spatial variability of soluble solids or dry matter content within individual fruits, bulbs, or tubers: implications for the development and use of NIR spectrometric techniques. *HortScience* 34(1): 114-118.
- Peirs A., Lammertyn J., Ooms K., Nicolai B.M. 2001. Prediction of the optimal picking date of different apple cultivars by means of VIS/NIR-spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology* 21(2): 189-199.
- Penuelas J., Filella I. 1998. Visible and near-infrared reflectance techniques for plant physiological status. *Trends in Plant Science* 3(4): 151-156.
- Penuelas J., Filella I., Baret F. 1995. Semiempirical indices to assess carotenoids/chlorophyll a ration from leaf spectral reflectance. *Photosynthetica* 31(2): 221-230.
- Penuelas J., Inoue Y. 1999. Reflectance indices indicative of changes in water and pigment contents of peanut and wheat leaves. *Photosynthetica* 36(3): 355-360.
- Ravaglia G., Sansavini S., Ventura M., Tabanelli D. Indici di maturazione e miglioramento qualitativo delle pesche. *Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura* 58(3): 61-66.
- Rice-Evans C.A., Halliwell B., Lunt G.G. (1995). Free radicals and oxidative stress: environment, drugs and food additives. Portland Press, London (UK).
- Robinson T.L., Lakso A.N. 1991. Bases of yield and production efficiency in apple orchard system. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 116: 188-194.
- Saks Y., Sonogo L., Ben-Arie R. 1990. Artificial light enhances red pigmentation, but non ripening, of harvest "Anna" apples. *HortScience* 25: 547-549.
- Sansavini S., Corelli Grappadelli L., Giunchi L. 1984. Efficienza produttiva del pesco in rapporto alle forme di allevamento. In *Atti del Convegno Internazionale del Pesco, Verona*, pp. 193-206.

- Scalzo J., Politi A., Pellegrini N., Mezzetti B., Battino M. (2005). Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. *Nutrition* 21, 207-213.
- Schaare P.N., Fraser D.G. 2000. Comparison of reflectance, interactance and transmission modes of visible-near infrared spectroscopy for measuring internal properties of kiwifruit (*Actinidia chinensis*). *Postharvest Biology and Technology* 20(2): 175-184.
- Schmilovitch Z., Hoffman A., Egozi H., Ben Zvi R., Bernstein Z., Alchanatis V. 1999. Maturity determination of fresh dates by near infrared spectrometry. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 79(1): 86-90.
- Schmilovitch Z., Mizrach A., Hoffman A., Egozi H., Fuchs Y. 2000. Determination of mango physiological indices by near-infrared spectrometry. *Postharvest Biology and Technology* 19(3): 245-252.
- Seiden P., Bro R., Poll L., Munck L. 1996. Exploring fluorescence spectra of apple juice and their connection to quality parameters by chemometrics. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 44: 3202-3205.
- Sembiring H., Lees H.L., Raun W.R., Johnson G.V., Solie J.B., Stone M.L., DeLeon M.J., Lukina E.V., Cossey D.A., LaRuffa J.M., Woolfolk C.W., Phillips S.B., Thomason W.E. 2000. Effect of growth stage and variety on spectral radiance in winter wheat. *Journal of Plant Nutrition* 23(1): 141-149.
- Shewfelt R.L. 1999. What is quality? *Postharvest Biology and Technology* 15(3): 197-200.
- Simon J.E., Hetzroni A., Bordelon B., Miles G.E., Charles D.J. 1996. Electronic sensing of aromatic volatiles for quality sorting of blueberries. *Journal of Food Science* 61(5): 967-969, 972.
- Slaughter D.C., Crisosto C.H. (1998). Nondestructive internal quality assessment of kiwifruit using near-infrared spectroscopy. *Seminar in Food Analysis* 3, 131-140.
- Smith G., Clark C.J., Bolding H.L. 1992. Seasonal accumulation of starch by components of the kiwifruit vine. *Annals of Botany* 70(1): 19-25.
- Smith G., Gravett I.M., Edwards C.M., Curtis J.P., Buwalda J.G. 1994. Spatial analysis of the canopy of kiwifruit vines as it relates to the physical, chemical and postharvest attributes of the fruit. *Annals of Botany* 73: 99-111.

- Smith G., Mowat A., Costa G. 1997. La qualità dei frutti di actinidia: come determinarla, come uniformarla. *Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura* 59(5): 45-49.
- Smith G.S., Buwalda J.G. 1994. Kiwifruit. In: CRC Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops. Volume 1. Temperate Crops. 135-163.
- Smith G.S., Edwards C.M., Miller S.A. 1993. The case for selective harvesting. *New Zealand Kiwifruit* 98: 20-21
- Souty M., Génard M., Reich M., Albagnac G. 1999. Influence de la fourniture en assimilats sur la maturation et la qualité de la pêche (*Prunus persica* L. 'Suncrest'). *Canadian Journal of Plant Science* 79(2) : 259-268.
- Souty M., Reich M., Albagnac G., Genard M. 1998. Quality of peach fruit in relation to carbon supply. *Acta Horticulturae* 465: 481-489.
- Spencer S., Couvillon G.A. 1975. The relationship of node position to bloom date, fruit size, and endosperm development of the peach, *Prunus persica* L. Batsch cv. Sullivan's Elberta. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 100(3): 242-244.
- Stafford J.V., Weaving G.S., Lowe J.C. 1989. A portable infrared moisture meter for agricultural and food materials. Part 1, Instrument development. *Journal of Agricultural Engineering Research* 43: 45-56.
- Succi F., Magnanini E., Quadretti R., Miserocchi O., Costa G. 1995. A Geometric Approach to Kiwifruit Canopy Modelling. *Acta Horticulturae* 444: 181-186.
- Szeto Y.T., Tomlinson B., Benzie I.F.F. (2002). Total antioxidant and ascorbic acid content of fresh fruits and vegetables: implications for dietary planning and food preservation. *British Journal of Nutrition* 87, 55-59.
- Testolin R., Messina R., Peterlunger E. 1987. Kiwifruit growth and yield as affected by in-row spacing. *Acta Horticulturae* 282: 151-158.
- Throp T.G., Barnett A.B., Toye J.D. 2001. Harvesting light in persimmon and kiwifruit orchards with reflective ground covers. *Acta Horticulturae* 557: 363-368.
- Tollner E.W., Hung Y.C., Upchurch B.L., Prussia S.E. 1992. Relating x-ray absorption to density and water content in apples. *Transactions of the ASAE* 35: 1921-1928.

- Tombesi A., Antognozzi E., Palliotti A. 1994. Optimum leaf index in T-bar trained kiwifruit vines. *Journal of Horticultural Science* 69: 339-350.
- Upchurch B.L., Delwiche M.J., Peterson D.L. 1990. Evaluation of an optical measurement for peach maturity sorting. *Applied Engineering in Agriculture* 6(2): 189-193.
- Upchurch B.L., Throop J.A., Aneshansley D.J. 1994. Influence of time, bruise-type, and severity on near-infrared reflectance from apple surface for automatic bruise detection. *Transactions of the ASAE* 37(5): 1571-1575.
- Valentini R., Cecchi G., Mazzinghi P., Scarascia-Mugnozza G., Agati G., Bazzani M., De Angelis P., Fusi F., Matteucci G., Raimondi V. 1994. Remote sensing of chlorophyll a fluorescence of vegetation canopies 2. Physiological significance of fluorescence signal in response to environmental stresses. *Remote Sensing of Environment* 47(1): 29-35.
- Vasilakakis M., Papadopoulos K., Papageorgiou E. 1997. Factors affecting the fruit size of 'Hayward' kiwifruit. *Acta Horticulturae* 444(1): 419-424.
- Vaysse P., Reynier P. 2001. Les mesures de la qualité. *L'Arboriculture Fruitière* 545 : 34-42.
- Ventura M., De Jager A. 1997. Determinazione non distruttiva dei solidi solubili mediante riflettanza "NIR": esperienze sulle mele. *Rivista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura* 59(12): 67-70.
- Ventura M., De Jager A., De Putter H., Roelofs F. 1998. Non-destructive determination of soluble solids in apple fruit by near infrared spectroscopy (NIRs). *Postharvest Biology and Technology* 14(1): 21-27.
- Walsh K.B., Guthrie J.A., Burney J.W. 2000. Application of commercially available, low-cost, miniaturised NIR spectrometers to the assessment of the sugar content of intact fruit. *Australian Journal of Plant Physiology* 27(12): 1175-1186.
- Warmund M.R., Barritt B.H., Brown J.M., Schaffer K.L., Jeong B.R. 1993. Detection of vascular discontinuity in bud unions of "Jonagold" apple on mark rootstock with magnetic resonance imaging. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 118(1): 92-96.
- Watada A.E. 1995. Methods for determining quality of fruits and vegetables. *Acta Horticulturae* 379: 559-567.

- Wills R.B.H., Greenfield H. (1981). Methodological considerations in producing data for food composition tables. *Food Technology in Australia* 33, 122-124.
- Wunsche J.N., Lakso A.N., Robinson T.L., Lenz F., Denning S.S. 1996. The base of productivity in apple production system: the role of light interception by different shoot types. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 121(5): 886-893.
- Xia Y., Sarafis V., Campbell E.O., Callaghan P.T. 1993. Non invasive imaging of water flow in plants by NMR microscopy. *Protoplasma* 173: 170-176.
- 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. In *Atti MacFruit: Agr.Bio.Frut., Cesena, 10-11 maggio 1996*, pp. 162-163.
- Zapp H.R., Ehlert S.H., Brown G.K., Armstrong P.R., Sober S.S. 1990. Advanced instrumented sphere (IS) for impact measurements. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.* 33: 955-960.