

## La protezione post-raccolta e la qualità delle pesche

Alice Spadoni<sup>1</sup>, Anna Rizzolo<sup>2</sup>, Maurizio Grassi<sup>2</sup>, Fabio Lovati<sup>2</sup>, Marta Mari<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CRIOF, Dipartimento di Scienze Agrarie (DipSA), Università di Bologna

<sup>2</sup> Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, Unità di ricerca per i processi dell'Industria agroalimentare (CREA-IAA), Milano

### Post-harvest quality management tools for peaches

**Abstract.** Brown rot control is achieved with chemical applications; however, the concerns on the use of the fungicides for human health and environment have resulted in the need to develop alternative methods to control the disease. Hot water treatments and the Index of Absorbance Difference ( $I_{AD}$ ) could be attractive for the fruit industry. The treatment with hot water is not only efficacy (more than 60% of infection reduction) but it is safe, immediately utilized without registration and incorporated into handling practices without extensive technical modifications. However the efficacy of hot water treatment may be improved if a selection of fruit according to their maturity is carried out using the  $I_{AD}$  index. In addition, examples of non-destructive post-harvest quality management tools for peaches and nectarines based on DA-meter ( $I_{AD}$  index) and time-resolved reflectance spectroscopy (TRS; absorption coefficient at 670 nm,  $\mu_a670$ ) are presented.

**Key words:** *Monilinia* spp., hot water treatment, Index of Absorbance Difference, absorption coefficient, TRS.

### Introduzione

Il marciume bruno è una delle principali alterazioni fungine che colpiscono le drupacee in ogni areale di produzione. La malattia può essere causata da tre specie: *Monilinia laxa* (Aderhold and Ruhland) Honey, *Monilinia fructicola* (Winter) Honey e *Monilinia fructigena* (Aderhold and Ruhland), tutte in grado di causare importanti perdite di prodotto, più spesso dopo la raccolta, durante la conservazione e la commercializzazione. In Europa, l'entità di queste perdite può raggiungere valori molto alti (59%)

(Larena *et al.*, 2005) con drammatiche ricadute sulla commercializzazione dei frutti. Le condizioni climatiche che in prossimità dell'epoca di raccolta favoriscono lo sviluppo del marciume sono: alta umidità, temperature miti e frequenti piogge. I disciplinari di lotta integrata raccomandano al massimo tre trattamenti fungicidi durante la stagione vegetativa, specifici per il contenimento delle moniliosi, il primo alla fioritura, e gli altri due prima della raccolta nel rispetto dei tempi di carenza dei prodotti usati. Non sono previsti trattamenti con fungicidi in post-raccolta, nonostante alcuni paesi quali la Spagna e in ultimo anche l'Italia hanno ottenuto deroghe per l'utilizzo di alcuni principi attivi. Ciò nonostante è bene ricordare come un'efficace lotta al marciume bruno ha bisogno di strategie integrate basate su adeguati calendari di trattamenti, pratiche colturali che permettano un'equilibrata crescita della pianta nonché una corretta gestione dei frutti durante la fase di conservazione, trasporto e commercializzazione, che può essere più efficace quando metodi non distruttivi spettroscopici vengono implementati per la classificazione dei frutti in gradi di maturazione.

Per superare alcune problematiche di ordine igienico-sanitario relative all'uso di fungicidi di sintesi e alla loro presenza come residui sui frutti, ed evitare la comparsa di fenomeni di resistenza ai principi attivi usati, da alcuni decenni i ricercatori sono impegnati nello studio e messa a punto di metodi alternativi che consentano un'adeguata difesa dal marciume bruno economicamente sostenibile, rispettosa dell'ambiente e della salute umana.

### La termoterapia

La termoterapia prima della conservazione ha evidenziato una potenziale capacità di lotta nei confronti di diverse alterazioni tipiche del post-raccolta come il marciume bruno delle drupacee (Spadoni *et al.*, 2013). La termoterapia può essere effettuata con

\* marta.mari@unibo.it

acqua, con aria, con vapore. In particolare un trattamento con acqua calda si caratterizza essenzialmente per 5 punti:

- di facile attuazione;
- inibisce la germinazione delle spore fungine sulla superficie del frutto;
- è relativamente economico;
- salubre per l'ambiente e l'uomo;
- non richiede lunghi e costosi processi di registrazione.

D'altra parte, la risposta fisiologica dei frutti può differenziarsi a seconda della varietà, della stagione e della localizzazione della coltura, pertanto è fondamentale stabilire un giusto tempo e una corretta temperatura di trattamento. L'attività antifungina del calore è diretta nei confronti del patogeno; prove preliminari hanno evidenziato come la germinazione dei conidi sia completamente inibita dopo l'immersione degli stessi in acqua a 55°C per 1 min e che *M. fructicola* è più resistente al calore rispetto alle altre due specie (fig. 1). Nelle prove *in vivo* è stata scelta come temperatura ottimale di trattamento 60°C per un tempo di 20 s. I risultati ottenuti, su nettarine e pesche naturalmente infette in prove semi-commerciali, hanno rivelato una riduzione dell'incidenza di marciume bruno variabile da -86,4% per 'Red Moon' a -66,3% per 'Royal Glory' (tab. 1). Questi dati sono stati confermati anche su scala commerciale con una significativa riduzione dei marciumi di *Monilinia* spp. di oltre il 70% (Spadoni et al., 2013).

Tab. 1 - Influenza della termoterapia (60°C per 20 s) nei confronti del marciume bruno da *Monilinia* spp. su pesche naturalmente infette. Dopo il trattamento i frutti sono stati conservati a 0°C per 6 gg e successivamente per altri 3 gg a 20°C. L'incidenza del marciume bruno è stata rilevata al termine della prova. Indice di efficacia = (% testimone - % trattato/% testimone)x100.

\* Nell'ambito della stessa varietà a lettere uguali corrispondono differenze non significative per DMS test (P<0.05).

Tab. 1 - Effect of hot water treatment (60°C) against *Monilinia* rots on peach naturally infected in semi-commercial trials. The duration of treatment was of 1 min, after treatment fruit were stored at 0°C for 6 days and subsequently other 3 days at 20°C. The brown rot incidence was recorded at the end of experiment.

aEffectiveness Index = (% control - % treatment/% control)x100.

\* Within the same trial and cultivar the same letter represent no significant differences according LSD test (P<0.05).

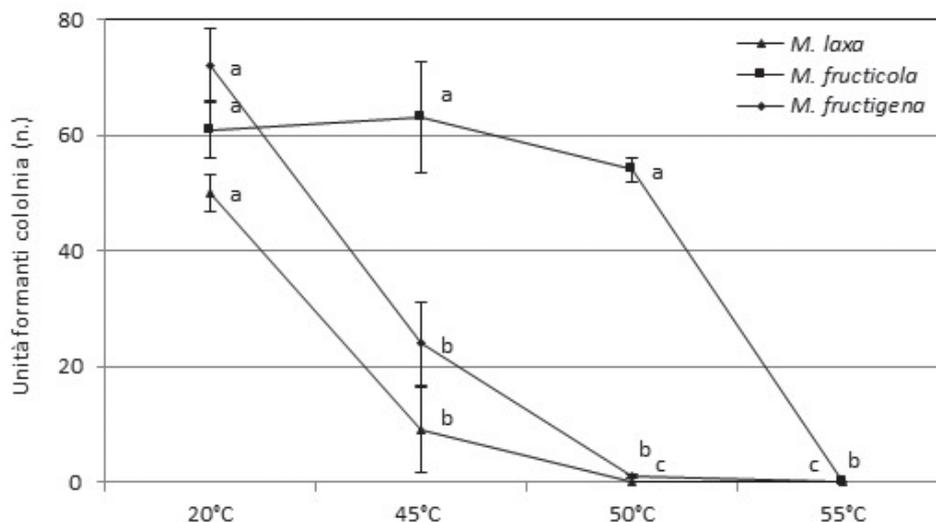
Varietà	Testimone	Termoterapia	Indice di efficacia
	(%)		
'Royal Glory'	63,6a*	21,4b	66,3
'Royal Majestic'	50a	10,8b	78,4
'Red Moon'	44a	6b	86,4

### Indici di maturazione spettrali

Negli ultimi anni sono state proposte metodologie non-distruttive per la gestione della qualità delle pesche e delle nettarine in post-raccolta (Vanoli e Buccheri, 2012). Le tecniche spettroscopiche, basate sulla misura di indici di maturazione spettrali, hanno dimostrato potenzialità interessanti per la gestione di queste drupacee nelle fasi di commercializzazione. Gli indici di maturazione  $I_{DA}$  (differenza di assorbanza), misurato con la strumentazione portatile DA-Meter (Ziosi et al.,

Fig. 1 - Influenza del trattamento con acqua calda (20°C, 45°C, 50°C e 55°C) per 1 min sulla vitalità dei conidi di *Monilinia fructicola*, *Monilinia fructigena* e *Monilinia laxa*. I conidi sono stati distribuiti su piastre di agar malto, incubate a 25°C per 3 gg. Ogni valore è la media di quattro ripetizioni ± errore standard. Nell'ambito della stessa specie a lettere uguali corrispondono differenze non significative per DMS test (P<0.05).

Fig. 1 - Culturable conidia of *Monilinia fructicola*, *Monilinia fructigena* and *Monilinia laxa* treated in a water bath at 20°C (control) and at 45°C, 50°C and 55°C for 1 min. The conidia were spread on Petri dishes and incubated at 25°C for 3 days. Each value is the mean of four replicates ± standard error. Within the same specie the same letter represent no significant differences according LSD test (P<0.05).



2008), e  $\mu_{670}$  (coefficiente di assorbimento a 670 nm), misurato tramite spettroscopia di riflettanza risolta nel tempo (TRS) (Torricelli *et al.*, 2008), si basano sulla misura dell'assorbanza in corrispondenza del picco di assorbimento della clorofilla, pigmento presente nella buccia e nella polpa dei frutti, la cui quantità diminuisce con il procedere della maturazione del frutto. Con il DA-meter vengono misurate le proprietà ottiche della buccia e della polpa fino alla profondità di 4-5 mm (Lammartyn *et al.*, 2000), mentre con la tecnica TRS sono misurate le proprietà ottiche della polpa fino alla profondità di 2 cm senza che ci sia influenza della buccia sulla misura (Torricelli *et al.*, 2008).

### L'indice $I_{DA}$

E' stato dimostrato che l'indice  $I_{DA}$  decresce con andamento esponenziale con il procedere della maturazione ed è significativamente correlato in nettarine 'Stark Red Gold' ( $R^2=0,988$ ) con il contenuto di clorofilla-*a* del mesocarpo esterno (Ziosi *et al.*, 2008; Noferini *et al.*, 2009), come pure in altre undici cultivar di nettarine come riportato da Reig *et al.* (2012). E' stato anche dimostrato che l'indice  $I_{DA}$  è linearmente correlato con la durezza della polpa ( $R^2=0.797 - 0.998$ ) in cultivar commerciali non tardive (Drogoudi *et al.*, 2013). Poichè l'intervallo dei valori di  $I_{DA}$  alla raccolta varia notevolmente con la cultivar (Drogoudi *et al.*, 2013), è necessario determinare l'intervallo naturale dei valori di  $I_{DA}$  per ciascuna cultivar per poter classificare efficacemente i frutti della stessa raccolta in classi di maturazione differenziate. Infatti misurando l' $I_{DA}$  alla raccolta è possibile suddividere i frutti di uno stesso lotto in classi che manifestano una diversa velocità di intenerimento della polpa nella fase post-raccolta. Ad esempio per frutti di pesco 'Rich Lady' suddivisi in tre classi in base al valore di  $I_{DA}$ , i frutti della classe 1 ( $I_{DA}=1,4-1,2$ ) hanno impiegato 25 giorni a raggiungere valori di durezza della polpa ottimali per il consumo, quelli della classe 2 ( $I_{DA}=1,0-0,8$ ) 15 giorni e quelli della classe 3 ( $I_{DA}=0,8-0,6$ ) 5 giorni (Noferini *et al.*, 2009). Lurie *et al.* (2013) hanno sviluppato un modello cinetico di predizione dell'intenerimento in *shelf life* che lega l' $I_{DA}$ , espresso come 'biological shift factor' (BSF), indice dell'età biologica dei frutti (Tjiskens *et al.*, 2006), alla diminuzione di durezza in maturazione per le pesche cultivar 'Oded' (precoce) e 'September Snow' (tardiva), riportando che il modello della cultivar precoce spiega l'88% della variazione della durezza, mentre quello della cultivar tardiva solo il 60%.

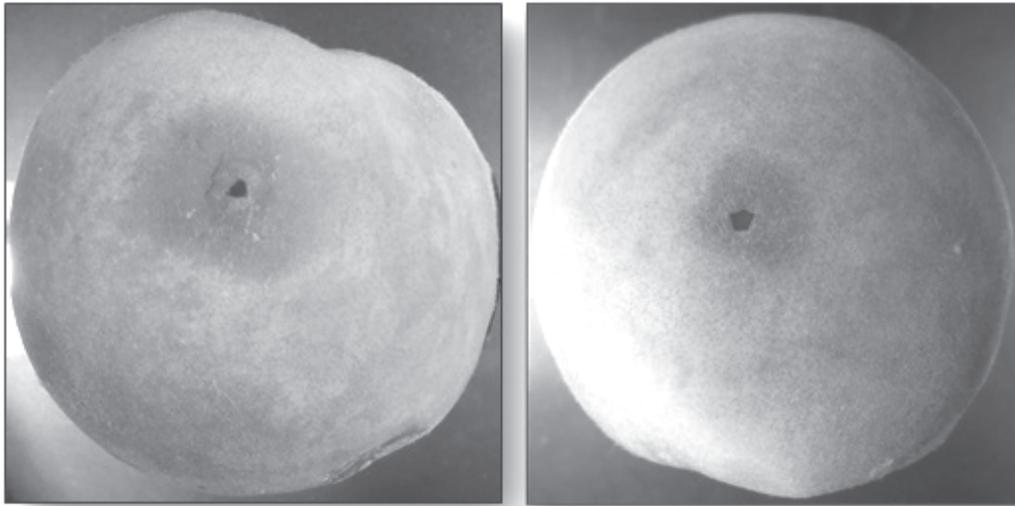
Misurando il valore di  $I_{DA}$  alla raccolta è stato possibile evidenziare fra frutti appartenenti ad una stessa

partita, differenze apprezzabili dal consumatore ma non evidenziabili mediante le tradizionali analisi qualitative (residuo secco rifrattometrico, acidità titolabile). Infatti, Costa *et al.* (2010) hanno evidenziato per pesche 'Rich Lady' che i frutti raccolti con  $I_{DA}$  più basso (classi 2:  $I_{DA}=1,0-0,8$ ; classe 3:  $I_{DA}=0,8-0,6$ ) ad un consumer test con 180 consumatori avevano un valore medio di apprezzamento, su una scala da 1 (non mi piace per niente) a 5 (mi piace molto), attorno a 4 per consistenza, dolcezza, aroma, e come giudizio complessivo, mentre quelli appartenenti alla classe con  $I_{DA}$  più elevato (classe 1:  $I_{DA}=1,4-1,2$ ) hanno mostrato un grado di apprezzamento per gli stessi attributi attorno a 3. Analogamente nettarine 'Big Top' raccolte con  $I_{DA}$  più basso (classe 3:  $I_{DA}=0,6-0,4$ ) hanno ricevuto in un consumer test punteggi più elevati per la consistenza, la dolcezza ed il sapore rispetto ai frutti delle classi 1 ( $I_{DA}=1,4-1,0$ ) e 2 ( $I_{DA}=1,0-0,8$ ). Allo stesso panel di consumatori è stato anche richiesto di esprimere la volontà di propensione a riacquistare e consumare nuovamente i frutti di nettarina 'Big Top' appartenenti alle tre classi utilizzando un punteggio da 1 (certamente no) a 5 (certamente sì). I risultati hanno indicato che la propensione al riacquisto e consumo aumentava, sia in punteggio che in percentuale di consumatori propensi, con il diminuire del valore di  $I_{DA}$  della classe; infatti il punteggio maggiore (3,5) era stato assegnato ai frutti della classe 3 con circa il 55% dei consumatori propensi al riacquisto a confronto di un punteggio di 2,7 con solo circa il 25% di consumatori propensi al riacquisto per i frutti della classe 1 (Noferini *et al.*, 2009).

Inoltre sperimentazioni con il DA-meter applicato su pesche hanno evidenziato una correlazione tra l'indice  $I_{DA}$  e la suscettibilità dei frutti al marciume bruno (*Monilinia* spp.) al momento della raccolta. I frutti asintomatici raccolti a maturazione commerciale sono stati preventivamente suddivisi in due classi  $I_{DA}$  a seconda della varietà: classe I, con bassi valori di  $I_{DA}$  ( $<0,3$ ) e classe II con valori più alti di  $I_{DA}$  ( $>0,4$ ). Per ciascuna classe  $I_{DA}$  i frutti sono stati valutati in termini di severità della malattia (frutti inoculati artificialmente con una sospensione conidica di *M. fructicola*) (Fig. 2) e incidenza di marciume (frutti naturalmente infetti) dopo, rispettivamente, 3 e 6 giorni di conservazione a 20 °C. Un campione di 10 frutti per classe è stato utilizzato per la valutazione degli indici di qualità ed emissione di etilene a 0, 3 e 6 giorni dalla raccolta. I risultati delle sperimentazioni mostrano per entrambe le varietà, valori significativamente più alti in relazione alla severità della malattia nella classe I (più maturo) rispetto alla classe II (meno maturi) (fig. 2) (Spadoni *et al.*, 2014).

Fig. 2 - Influenza dell'indice DA (IDA) sul diametro della lesione prodotta da *Monilinia fructicola* su pesche 'Springbelle' inoculate artificialmente con 20 µl di una sospensione conidica (103 conidi per ml). Il rilievo è stato eseguito dopo 3 gg a 20°C. Classe I, IDA 0-0,03 (sinistra); classe II, IDA 0,4-0,6 (destra).

Fig.2 - Influence of AD index (IAD) on lesion diameter produced by *Monilinia fructicola* on 'Springbelle' peaches artificially infected with 20 µl of a conidia suspension (103 conidia per ml). The lesion diameter was recorded after 6 days at 20°C. Class I, IAD 0-0.03 (left); class II, IAD 0.4-0.6 (right).



### Il coefficiente di assorbimento $\mu_a 670$

Il coefficiente di assorbimento misurato a 670 nm con la tecnica TRS ( $\mu_a 670$ ) diminuisce con la maturazione seguendo una curva logistica e, convertito in 'biological shift factor' (BSF), indicante il tempo richiesto per raggiungere il punto centrale della curva logistica, può essere utilizzato come indice dell'età biologica del frutto (Tijskens et al., 2006). Anche l'intenerimento dei frutti presenta un andamento logistico in funzione del valore di  $\mu_a 670$  misurato alla raccolta e del tempo trascorso in *shelf life* a 20°C (Eccher Zerbini et al., 2006), con i frutti molto maturi (basso valore di  $\mu_a 670$ ) che inteneriscono prima dei frutti poco maturi (alto valore di  $\mu_a 670$ ). Su queste basi è stato sviluppato un modello cinetico che lega il  $\mu_a 670$ , espresso come BSF, alla diminuzione di durezza in maturazione, permettendo quindi la predizione dell'intenerimento di ciascun frutto dal valore di  $\mu_a 670$  misurato alla raccolta (Tijskens et al., 2007). I parametri del modello cinetico variano con la cultivar, e per la stessa cultivar, dipendono dalla data di raccolta,

dalla temperatura di *shelf life* e dal tempo di conservazione refrigerata applicato dopo la raccolta prima della *shelf life* (Tijskens et al., 2007; Eccher Zerbini et al., 2011; Rizzolo et al., 2010). Con una prova di esportazione dall'Italia all'Olanda in piccola scala mirata a simulare la catena di distribuzione dal magazzino ortofrutticolo al consumatore, 1.000 nettarine cv 'Spring Bright' sono state suddivise in 5 classi di previsto intenerimento in *shelf life* in base al valore di  $\mu_a 670$  misurato alla raccolta (da 'non intenerirà mai' a 'sovramatura') e sono state valutate all'arrivo per il grado di intenerimento durante un periodo di *shelf life* di 13 giorni con un test sensoriale; i dati ottenuti hanno dimostrato che le classi di intenerimento previste erano state predette correttamente (Eccher Zerbini et al., 2009).

Inoltre misurando il  $\mu_a 670$  alla raccolta è possibile raggruppare i frutti nelle classi di maturazione TRS: 'poco maturi' (less mature, LeM), 'medio maturi' (medium mature, MeM) e 'molto maturi' (more mature, MoM). Nella tabella 2 sono mostrati ad esempio i valori minimi e massimi della partita, e i valori medi

Tab. 2 - Coefficiente di assorbimento misurato a 670 nm ( $\mu_a 670$ ,  $\text{cm}^{-1}$ ) in pesche e nettarine: valore minimo (min), massimo (max) e valore medio per le classi di maturazione 'poco maturi' (LeM) e 'molto maturi' (MoM).

Tab. 2 - Absorption coefficient measured at 670 nm ( $\mu_a 670$ ,  $\text{cm}^{-1}$ ) in peaches and nectarines: minimum (min) and maximum (max) values in the batch and average values of less mature (LeM) and more mature (MoM) TRS maturity classes.

Varietà	min	max	LeM	MoM	Bibliografia
'Spring Belle'			0,247	0,127	Rizzolo et al., 2013
'Ambra'			0,148	0,068	Vanoli et al., 2009
'Spring Bright'	0,03	0,35	0,22	0,012	Eccher Zerbini et al., 2005
'Morsiani 90'	0,03	0,19			Eccher Zerbini et al., 2011

di  $\mu_a 670$  alla raccolta per le classi LeM e MoM riscontrati in pesche e nettarine. E' stato riportato che nettarine 'Spring Bright' della classe MoM alla raccolta avevano minore durezza e acidità e maggior contenuto in solidi solubili dei frutti della classe LeM (Eccher Zerbini *et al.*, 2005). Con la *shelf life*, le nettarine 'Spring Bright' della classe MoM intenerivano prima, con maggiore percentuale di succo dei frutti della classe LeM, e all'analisi sensoriale erano descritte meno dure, più succose, dolci, polpose e aromatiche (Eccher Zerbini *et al.*, 2003). Le nettarine 'Ambra' della classe MoM avevano un contenuto maggiore di zuccheri totali con una proporzione maggiore di saccarosio, contenuti più elevati di acido malico e acido quinicico, e contenuti minori di acidi totali e acido citrico dei frutti della classe LeM (Jacob *et al.*, 2006). Dopo tre giorni di *shelf life* a 20°C le nettarine 'Ambra' della classe LeM avevano maggiore acidità titolabile e maggiori valori di durezza dei frutti MoM, e all'analisi sensoriale erano più dure, più acide e meno succose, meno dolci e aromatiche (Vanoli *et al.*, 2009). Le pesche 'Spring Belle' della classe LeM alla raccolta erano più dure, avevano minor succo estraibile, minor contenuto in glucosio, minor rapporto zuccheri totali/acidi totali, e maggior contenuto in acido malico e acido citrico dei frutti MoM (Rizzolo *et al.*, 2013). Anche dopo 1 mese di conservazione in aria a 0°C e 4°C permangono le differenze nelle caratteristiche sensoriali tra i frutti classificati poco maturi e molto maturi (fig. 3). Infatti, le nettarine 'Morsiani 90' della classe LeM conservate a 0°C sono state giudicate più dure, più succose, dolci, acide e aromatiche e meno pastose dei frutti MoM

conservati a 0°C e dei frutti LeM e MoM conservati a 4°C. In contrasto, i profili sensoriali delle pesche 'Spring Belle' hanno evidenziato che i frutti della classe LeM conservati a 0°C erano più duri e acidi, e meno succosi ed aromatici dei frutti della classe MoM conservati ad entrambe le temperature e che i frutti della classe LeM conservati a 4°C avevano il punteggio più elevato per l'attributo pastoso.

### Rilevazione dei danni da freddo

La tecnica TRS, permettendo l'esplorazione della polpa fino alla profondità di 2 cm, si è dimostrata una tecnica efficace per la rilevazione non distruttiva delle caratteristiche della polpa legate alla struttura e al colore, e quindi per la rilevazione di fisiopatie quali imbrunimenti interni e farinosità (Vanoli *et al.*, 2010). Ad esempio si riportano i risultati ottenuti in un esperimento con nettarine 'Morsiani 90' suddivise alla raccolta nelle classi di maturazione TRS LeM, MeM e MoM in base al valore di  $\mu_a 670$  e conservate per 1 mese a 0°C e 4°C. Durante la *shelf life* a 20°C i frutti sono stati misurati con TRS per le proprietà ottiche (coefficiente di assorbimento -  $\mu_a$  - e coefficiente di scattering ridotto -  $\mu_s'$  -) a 670 e 780 nm e sono stati valutati per la presenza e gravità dei sintomi dei danni da freddo relativi ad arrossamento, imbrunimento e pastosità (Lurie *et al.* 2011). Con l'aumentare della gravità dei sintomi dell'imbrunimento si sono osservati aumenti significativi dei valori di  $\mu_a 670$  e  $\mu_a 760$  e diminuzioni significative dei valori di  $\mu_s' 670$  e  $\mu_s' 760$  (fig. 4), mentre solo i frutti che hanno manifestato sintomi di gravità eleva-

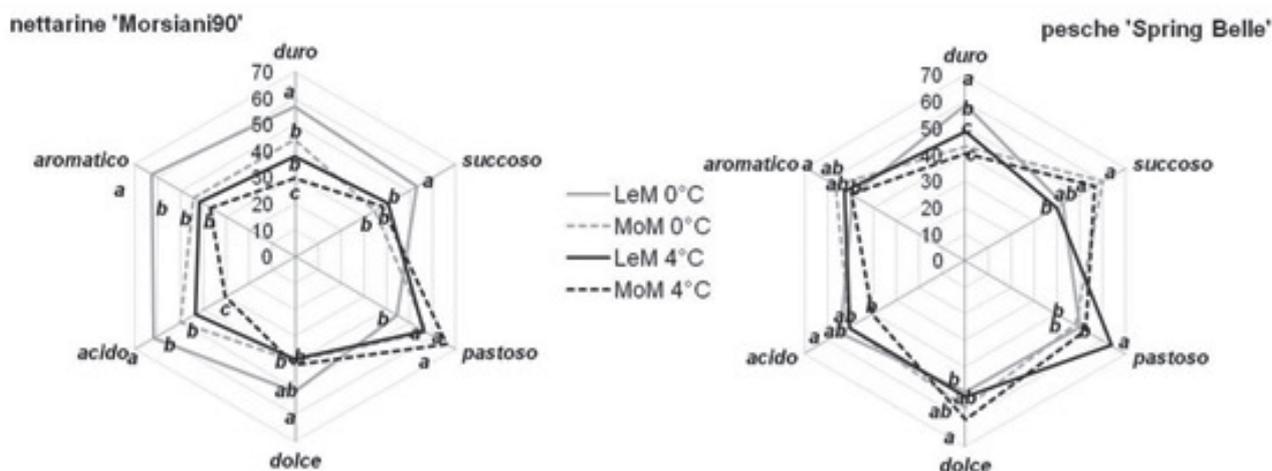
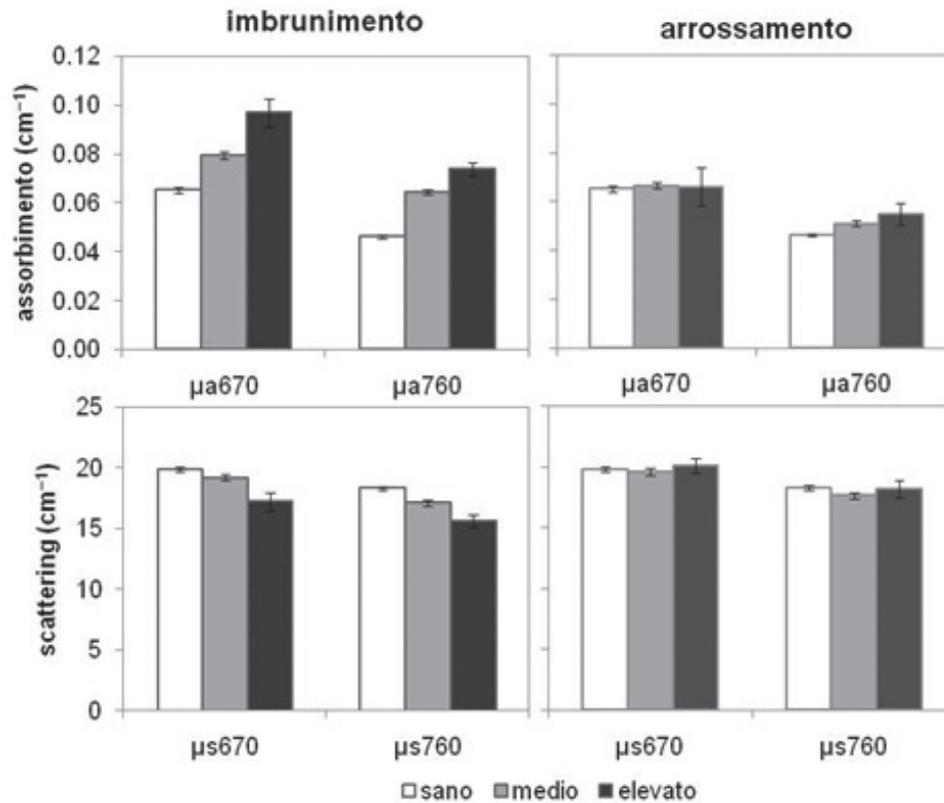


Fig. 3 - Influenza della classe di maturazione TRS (poco maturi, LeM; molto maturi, MoM) sui profili sensoriali di nettarine 'Morsiani 90' e pesche 'Spring Belle' dopo 1 mese di conservazione in aria a 0°C e 4°C e 5 (nettarine) / 3 (pesche) giorni di *shelf life* a 20°C. Per ciascun attributo, a lettere diverse corrispondono punteggi medi statisticamente differenti ( $P \leq 0,05$ ; test di Tukey).

Fig. 3 - Sensory profiles of 'Morsiani 90' nectarines and 'Spring Belle' peaches after 1 month' storage in air at 0°C and 4°C and 5 (nectarines) / 3 (peaches) days of *shelf life* at 20°C in function of TRS maturity class (less mature, LeM; more mature, MoM). For each attribute, mean scores followed by different letters are statistically different at  $P \leq 0.05$  (Tukey's test).

Fig. 4 - Influenza della severità dell'imbrunimento e dell'arrossamento della polpa di nettarine 'Morsiani 90' sulle proprietà ottiche TRS (coefficienti di assorbimento -  $\mu_a$  - e di scattering ridotto -  $\mu_s$ ) misurati a 670 e 760 nm durante la *shelf life* a 20°C dopo un mese di conservazione a 0°C e 4°C. Le barre riportano l'errore standard della media.

Fig. 4 - Influence of pulp internal browning and bleeding severity of 'Morsiani 90' nectarines on TRS optical properties (absorption coefficient -  $\mu_a$  - and reduced scattering coefficient -  $\mu_s$ ) measured at 670 and 760 nm during shelf life at 20°C after 1 month of storage in air at 0°C and 4°C. Bars refer to standard error.

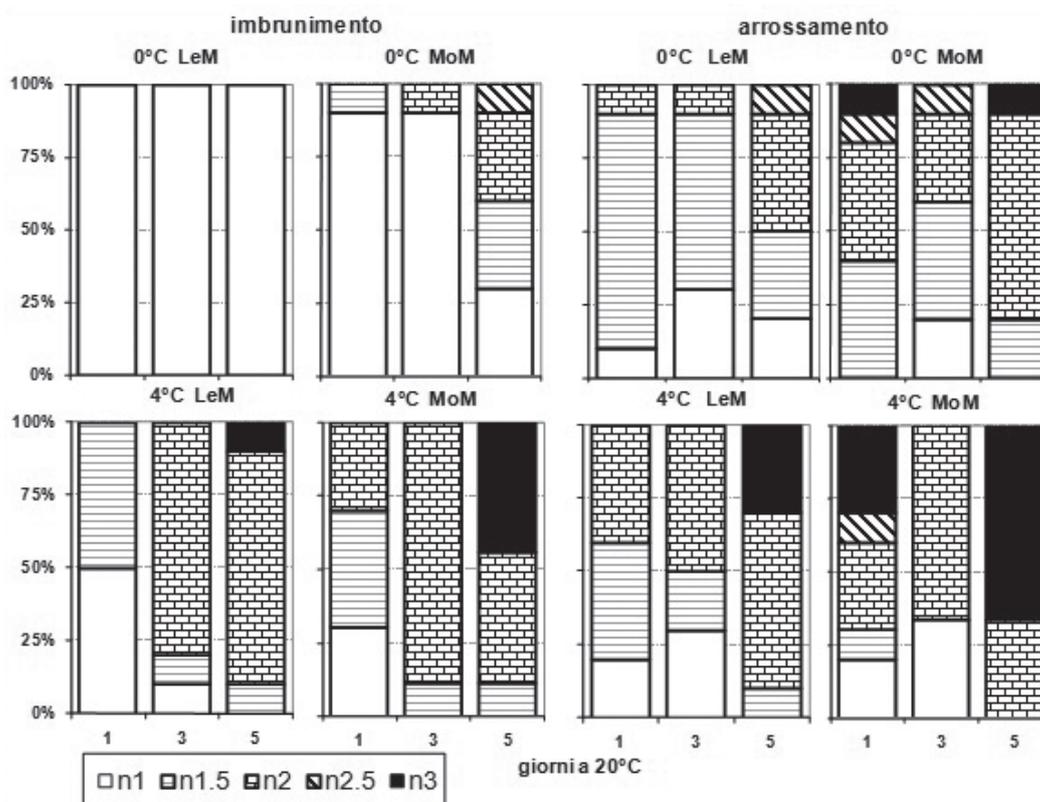


ta per quanto riguarda l'arrossamento della polpa avevano valori di  $\mu_{a760}$  significativamente maggiori rispetto ai frutti sani (fig. 4). Ovviamente la temperatura di conservazione più alta (4°C) ha favorito lo sviluppo di imbrunimento e ha aggravato i sintomi di arrossamento della polpa, in modo differenziato in funzione della classe di maturazione TRS (fig. 5). Infatti per quanto riguarda l'imbrunimento i frutti LeM conservati a 0°C sono rimasti tutti sani fino alla fine della *shelf life*, mentre quasi il 70% dei frutti MoM a fine *shelf life* hanno presentato sintomi di imbrunimento da lieve a grave. I frutti conservati a 4°C hanno sviluppato imbrunimento dal giorno 1 di *shelf life*; la gravità dei sintomi è aumentata con la *shelf life*, ma in modo differenziato per le classi di maturazione LeM e MoM, in quanto i frutti LeM avevano solo sintomi lievi al giorno 1, ancora frutti sani al giorno 3 e solo un 10% di frutti con sintomi molto gravi a fine *shelf life*, mentre i frutti MoM erano sani solo per meno del 30% al giorno 1 e 45% dei frutti al giorno 5 manifestavano sintomi di imbrunimento molto gravi (fig. 5). Inoltre i frutti conservati ad entrambe le temperature hanno sviluppato arrossamento della polpa fin dal primo giorno di *shelf life*,

ma nelle nettarine LeM i sintomi sono risultati meno gravi rispetto ai frutti MoM. A fine *shelf life* il 20% dei frutti LeM conservati a 0°C era sano e solo il 10% era interessato da arrossamento grave, mentre tutti i frutti MoM conservati a 0°C avevano sviluppato arrossamento e 10% dei frutti era interessato da sintomi molto gravi (fig. 5). I frutti conservati a 4°C hanno manifestato sintomi più gravi rispetto ai frutti conservati a 0°C, e anche a questa temperatura i sintomi sono risultati meno gravi nelle nettarine LeM rispetto ai frutti MoM. A fine *shelf life* il 15% dei frutti LeM conservati a 4°C aveva manifestato sintomi lievi ed il 30% sintomi molto gravi, mentre il 70% dei frutti MoM conservati a 4°C presentava sintomi molto gravi (Fig. 5). Le nettarine 'Morsiani 90' con la *shelf life* a 20°C dopo conservazione hanno sviluppato anche la pastosità, in misura maggiore nei frutti conservati a 4°C, che è stata correlata alle proprietà ottiche TRS della polpa. Infatti Lurie et al. (2011) hanno trovato correlazioni significative tra la pastosità, misurata come percentuale di succo estraibile, e i valori di  $\mu_{a760}$ , riportando valori di  $r$  da -0,438 ( $P < 0.0001$ ) per i frutti conservati a 4°C a -0,618 ( $P < 0.0001$ ) per quelli conservati a 0°C.

Fig. 5 - Distribuzione percentuale dei frutti di nettarina 'Morsiani 90' delle classi di maturazione TRS 'poco maturo' (LeM) e 'molto maturo' (MoM) dopo 1 mese di conservazione in aria a 0°C e 4°C e 1, 3 e 5 giorni di shelf life a 20°C in funzione del punteggio di gravità dei sintomi per l'imbrunimento e l'arrossamento della polpa (1=sano; 1,5=lieve; 2=moderato; 2,5= grave; 3=molto grave).

Fig. 5 - Percentage distribution of nectarines 'Morsiani 90' of 'less mature' (LeM) and 'more mature' (MoM) TRS maturity classes after 1 month of storage in air at 0°C and 4°C and 1, 3 and 5 days of shelf-life at 20°C in function of pulp browning and bleeding severity scores (1=healthy; 1.5=slight; 2=moderate; 2.5=severe; 3=extremely severe).



## Conclusioni

Come illustrato, significativi progressi sono stati ottenuti nell'ambito di strategie alternative di lotta anche se è prematuro poter disporre di mezzi al tempo stesso pienamente efficaci, rispettosi dell'ambiente e della salute umana. In questo scenario la termoterapia e l'utilizzo del DA-meter appaiono delle valide soluzioni per ottenere una riduzione delle perdite post-raccolta dovute al marciume bruno, non escludendo una loro possibile integrazione al fine di definire strategie utili per un'ottimale gestione postraccolta di pesche e nettarine. Il DA-meter e la tecnica TRS permettono di segregare i frutti di pesche e nettarine in base alla maturità dei frutti, e quindi, con distinte caratteristiche qualitative relative a intenerimento della polpa e caratteristiche sensoriali. Utilizzando i valori di  $I_{DA}$  e di  $\mu_a 670$  è possibile suddividere i frutti di una stessa partita in classi di maturazione che sviluppano con la *shelf life* alla raccolta profili sensoriali caratteristici della classe. Utilizzando i valori di  $\mu_a 670$  misurati alla raccolta è possibile suddividere i frutti di una stessa partita in classi di maturazione, che durante la *shelf life* dopo conservazione refrigerata sviluppano i danni

da freddo della polpa relativi ad imbrunimento e arrossamento con cinetiche e gravità dei sintomi differenziate. Inoltre con la tecnica TRS è possibile rilevare in modo non distruttivo i danni da freddo (imbrunimento, arrossamento e pastosità) che interessano la polpa dei frutti anche vicino al nocciolo.

## Riassunto

Alcuni metodi alternativi ai tradizionali fungicidi di sintesi consentono un'adeguata difesa dal marciume bruno delle drupacee, difesa non solo economicamente sostenibile ma rispettosa dell'ambiente e della salute umana. La termoterapia prima della conservazione ha evidenziato una potenziale capacità di lotta nei confronti dei marciumi da *Monilinia* spp. (riduzione oltre il 60% delle infezioni). Negli ultimi anni sono state inoltre proposte metodologie non-distruttive quali il DA-meter (indice di differenza di assorbimento,  $I_{DA}$ ) e la spettroscopia di riflettanza risolta nel tempo (TRS, coefficiente di assorbimento a 670 nm,  $\mu_a 670$ ) per la gestione della qualità delle pesche e delle nettarine in post-raccolta.

**Parole chiave:** *Monilinia* spp., termoterapia, Indice DA, coefficiente di assorbimento, TRS.

## Bibliografia

- COSTA G., NOFERINI M., BONORA E., 2010. *Metodi non distruttivi per valutare la qualità dei frutti*. In: Regione Emilia Romagna, Servizio Sviluppo Agroalimentare (Ed.) Metodi innovativi di gestione dei frutti nella fase post-raccolta, CRPV: 16-38.
- DROGOUDI P., PANTELIDIS G.E., GOULAS V., ZIOGAS V., MANGANARIS G.A., VASILAKAKIS M., MANGANARIS A., 2013. *The  $I_{AD}$  index as an indicator of fruit ripening in 26 commercially important peach and nectarine cultivars*. VIII International Peach Symposium, 17-20 giugno 2013, Matera, Book of Abstracts, p. 160.
- ECCHER ZERBINI P., GRASSI M., FIBIANI M., RIZZOLO A., BISCOTTI G., PIFFERI A., TORRICELLI A., CUBEDDU R., 2003. *Selection of 'Spring Bright' nectarines by time-resolved reflectance spectroscopy (TRS) to predict fruit quality in the marketing chain*. Acta Horticulturae, 604: 171-177.
- ECCHER ZERBINI P., VANOLI M., GRASSI M., RIZZOLO A., FIBIANI M., CUBEDDU R., PIFFERI A., TORRICELLI A., BISCOTTI G., 2005. *Una nuova tecnica per la valutazione non distruttiva della qualità interna dei frutti: la spettroscopia risolta nel tempo*. Atti VII Giornate Scientifiche SOI, 136-138.
- ECCHER ZERBINI P., VANOLI M., GRASSI M., RIZZOLO A., FIBIANI M., CUBEDDU R., PIFFERI A., SPINELLI L., TORRICELLI A., 2006. *A model for the softening of nectarines based on sorting fruit at harvest by time-resolved reflectance spectroscopy*. Postharvest Biology and Technology, 39: 223-232.
- ECCHER ZERBINI P., VANOLI M., RIZZOLO A., JACOB S., TORRICELLI A., SPINELLI L., SHOUTEN R.E., 2009. *Time-resolved reflectance spectroscopy as a management tool in the fruit supply chain: an export trial with nectarines*. Biosystems Engineering, 102: 360-363.
- ECCHER ZERBINI P., VANOLI M., LOVATI F., SPINELLI L., TORRICELLI A., RIZZOLO A., LURIE S., 2011. *Maturity assessment at harvest and prediction of softening in a late maturing nectarine cultivar after cold storage*. Postharvest Biology and Technology, 62: 275-281.
- JACOB S., VANOLI M., GRASSI M., RIZZOLO A., ECCHER ZERBINI P., CUBEDDU R., PIFFERI A., SPINELLI L., TORRICELLI A., 2006. *Changes in sugar and acid composition of 'Ambra' nectarines during shelf life in relation to non-destructive assessment of maturity by time-resolved reflectance spectroscopy*. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, XIV (suppl. 2): 183-194.
- LAMMERTYN J., PEIRS A., DE BAERDEMAEKER J., NICOLAÏ B., 2000. *Light penetration properties of NIR radiation in fruit with respect to non destructive quality assessment*. Postharvest Biology and Technology, 18: 121-132.
- LARENA I., TORRES R., DE CAL A., 2005. *Biological control of postharvest brown (Monilinia spp.) of peaches by field applications of Epicoccum nigrum*. Biological Control, 32: 305-310.
- LURIE S., VANOLI M., DAGAR A., WEKSLER A., LOVATI F., ECCHER ZERBINI P., SPINELLI L., TORRICELLI A., FENG R., RIZZOLO A., 2011. *Chilling injury in stored nectarines and its detection by time-resolved reflectance spectroscopy*. Postharvest Biology and Technology, 59: 211-218.
- LURIE S., FRIEDMAN H., WEKSLER A., DAGAR A., ECCHER ZERBINI P., 2013. *Maturity assessment at harvest and prediction of softening in an early and late season melting peach*. Postharvest Biology and Technology, 76: 10-16.
- NOFERINI M., FIORI G., ZIOSI V., GOTTARDI F., BRASINA M., MAZZINI C., COSTA G., 2009. *DA-meter, più facile il controllo della qualità dei frutti dal campo alla distribuzione*. Rivista di frutticoltura e ortofloricoltura, 71(4): 74-80.
- REIG G., ALEGRE S., IGLESIAS I., ECHEVERRÍA G., GATIUS F., 2012. *Fruit quality, colour development and index of absorbance difference ( $I_{AD}$ ) of different nectarine cultivars at different harvest dates*. Acta Horticulturae, 934: 1117-1126.
- RIZZOLO A., VANOLI M., ZERBINI P.E., SPINELLI L., TORRICELLI A., 2010. *Influence of cold storage time on the softening prediction in 'Spring Bright' nectarines*. Acta Horticulturae, 877: 1395-1402.
- RIZZOLO A., BIANCHI G., VANOLI M., LURIE S., SPINELLI L., TORRICELLI A., 2013. *Electronic nose to detect volatile compound profile and quality changes in 'Spring Belle' peaches (Prunus persica L.) during cold storage in relation to fruit optical properties measured by time-resolved reflectance spectroscopy*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 61: 1671-1685.
- SPADONI A., NERI F., BERTOLINI P., MARI M., 2013. *Control of Monilinia rots on fruits naturally infected by hot water treatment in commercial trials*. Postharvest Biology and Technology, 94: 66-73.
- SPADONI A., CAMELDI I., BONORA E., NOFERINI M., COSTA G., MARI M., 2014. *Applicazione innovativa del DA-meter per una ottimizzazione della gestione post-raccolta delle pesche*. Atti del 27° Convegno Peschicolo Nazionale, 23-24 ottobre 2014, Ravenna.
- TIJSKENS L.M.M., ECCHER ZERBINI P., VANOLI M., JACOB S., GRASSI M., CUBEDDU R., SPINELLI L., TORRICELLI A., 2006. *Effects of maturity on chlorophyll-related absorption in nectarines, measured by non-destructive time-resolved reflectance spectroscopy*. International Journal of Postharvest Technology and Innovation, 1: 178-188.
- TIJSKENS L.M.M., ECCHER ZERBINI P., SHOUTEN R.E., VANOLI M., JACOB S., GRASSI M., CUBEDDU R., SPINELLI L., TORRICELLI A., 2007. *Assessing harvest maturity in nectarines*. Postharvest Biology and Technology, 43: 204-213.
- VANOLI M., ECCHER ZERBINI P., RIZZOLO A., GRASSI M., TORRICELLI A., SPINELLI L., 2009. *Influenza della selezione alla raccolta con spettroscopia in riflettanza risolta nel tempo (TRS) sulle proprietà sensoriali di nectarine al consumo*. In: M. Bertuccioli, E. Monteleone Ed. Secondo Convegno Nazionale della Società Italiana di Scienze Sensoriali - Atti dei Lavori, University Press (Firenze): 121-126.
- VANOLI M., ECCHER ZERBINI P., RIZZOLO A., SPINELLI L., TORRICELLI A., 2010. *Time-resolved Reflectance Spectroscopy for the non-destructive detection of inner attributes and defects of fruit*. Acta Horticulturae, 877: 1379-1386.
- VANOLI M., BUCCHERI M., 2012. *Overview of the methods for assessing harvest maturity*. Stewart Postharvest Review, 1-11.
- TORRICELLI A., SPINELLI L., CONTINI D., VANOLI M., RIZZOLO A., ECCHER ZERBINI P., 2008. *Time-resolved reflectance spectroscopy for non-destructive assessment of food quality*. Sensing and Instrumentation for Food Quality and Safety, 2: 82-89.
- ZIOSI V., NOFERINI M., FIORI G., TADIELLO A., TRAINOTTI L., CASADORO G., COSTA G., 2008. *A new index based on vis spectroscopy to characterize the progression of ripening in peach fruit*. Postharvest Biology and Technology, 49: 319-329.