

## Trattamenti e metodi di controllo per il mantenimento della qualità in frutti di arancio cv Tarocco sottoposti a frigoconservazione

Maria Concetta Strano\*, Mariarosaria Calandra, Viviana Aloisi e Paolo Rapisarda

Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura - ACM Centro di Ricerca per l'Agrumicoltura e le Colture Mediterranee, Acireale (CT)

### Postharvest treatments and control methods for the maintenance of quality in cold storage 'Tarocco' orange fruits

**Abstract.** This paper addresses the effectiveness of some alternative means to manage the prevention of postharvest decay and disorders of 'Tarocco' orange fruits, during cold storage. Hot water dipping and generally recognized as safe compounds (GRAS) were evaluated. An attempt to reduce shrivelling caused by transpiration of the peel, mould invasion and to maintain quality parameters of 'Tarocco' orange fruits with plastic film was carried out. Hot water treatment at 56 °C x 20 s was more effective in decay control compared to GRAS compounds tested. Plastic film was effective in reducing weight loss and physiological disorders in cold stored fruits.

**Key words:** Orange fruits, hot water treatments, GRAS, plastic films.

### Introduzione

Nella fase postraccolta gli agrumi possono andare incontro ad alterazioni sia di natura parassitaria (*Penicillium digitatum* Sacc. e *P. italicum* Weh) sia fisiologica (dermatosi, necrosi peripeduncolare), che causano una riduzione della qualità e della quantità di prodotto da immettere sul mercato.

Allo stato attuale, il principale sistema di controllo delle micopatie prevede l'impiego di fungicidi di sintesi, il cui uso, tuttavia, è sotto stretto controllo a causa della crescente attenzione dei consumatori verso la salubrità dei prodotti ortofrutticoli e il rispetto dell'ambiente, nonché delle problematiche legate allo sviluppo di ceppi di patogeni resistenti (Lanza e Strano, 2009). Per tale motivo, la ricerca è stata orientata verso metodi di difesa alternativi, tra cui l'impiego dei metodi fisici e dei composti chimici privi di

effetti residuali (*Generally Recognized As Safe*, GRAS).

La termoterapia con acqua a 52-53 °C per 2-3 min., sperimentata in diversi Paesi con risultati ritenuti accettabili sul contenimento del marcio da Penicilli, ha come limite la durata di immersione dei frutti, rappresentando un ostacolo all'adozione di tale trattamento, particolarmente nelle centrali agrumicole che movimentano consistenti volumi di prodotto. Possibili soluzioni al problema sono date dall'impiego di livelli termici più elevati e ridotti tempi di esposizione.

Tra i GRAS impiegati in agricoltura biologica rientra il formulato a base di sodio bicarbonato e biossido di silice, la cui attività inibitoria è legata alla presenza di residui della miscela all'interno dei siti di infezione eventualmente presenti sulla superficie del frutto (Palou *et al.*, 2001; Fawe *et al.*, 2001).

Il controllo delle alterazioni fisiologiche durante la conservazione frigorifera, si basa sulla corretta gestione dei parametri ambientali (temperatura e umidità) e sul controllo dell'attività metabolica dei frutti. Gli avvolgimenti plastici hanno lo scopo di preservare la qualità del prodotto, rallentando l'attività respiratoria e attenuando i disordini fisiologici dei prodotti ortofrutticoli (D'Aquino *et al.*, 2001).

L'obiettivo del lavoro è stato il controllo delle alterazioni parassitarie e il mantenimento della qualità dei frutti di arancio cv Tarocco mediante l'impiego di trattamenti alternativi ai fungicidi di sintesi. È stata, inoltre, valutata la risposta dei frutti alla conservazione frigorifera con avvolgimenti plastici macroforati.

### Materiali e metodi

#### Interventi termoterapici

Frutti di arancio [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] cv Tarocco, sono stati suddivisi, *at random*, in 3 repliche da 100 frutti ciascuna per ogni tesi e sono stati trattati secondo il seguente schema sperimentale: A) immersione in acqua a 52 °C x 3 min; B) immersione in acqua a 20 °C x 3 min; C) immersione in Imazalil 1 g/l a 20 °C x 1 min; D) immersione in acqua a 56 °C

\* mariaconcetta.strano@entecra.it

x 20 s; T) controllo non trattato. I frutti sono stati conservati a 6 °C e 85-90% UR per 60 giorni più una settimana di simulato periodo di mercantizzazione (SPM). A fine conservazione e dopo una settimana di SPM, su 20 frutti, sono state effettuate le analisi chimico-fisiche (acidità titolabile, solidi solubili totali, colore della buccia e della polpa) e reologiche (consistenza e deformazione). È stata, inoltre, valutata l'incidenza delle micopatie, l'entità del danno da freddo e della necrosi peripeduncolare.

#### Composti chimici privi di effetti residuali (GRAS)

Saggi *in vitro* e *in vivo* sono stati effettuati utilizzando una miscela di sodio bicarbonato/biossido di silice a confronto con i singoli componenti.

- *Saggi in vitro*. Allo scopo di valutare l'efficacia dei GRAS in esame sull'inibizione della crescita del *P. digitatum*, dischetti di micelio del diametro di 1 cm, sono stati posizionati al centro di scatole Petri, contenenti APD (Agar Patata Destrosio) a diverse concentrazioni dei tre prodotti saggiati (0,6- 0,9- 1- 3- 6- 9%) a confronto con Imazalil (1g/L). La crescita miceliare è stata valutata dopo 3, 6 e 12 giorni di incubazione a 23 °C.
- *Saggi in vivo*. Frutti di arancio cv Tarocco portanti infezioni incipienti (24 h prima dalla inoculazione), sono stati trattati secondo il seguente schema sperimentale: A) e D) immersione in una soluzione di sodio bicarbonato/silice 3% a 20 e a 40 °C x 2 min; B) e E) immersione in una soluzione di sodio bicarbonato 3% a 20 e a 40 °C x 2 min; C) e F) immersione in una soluzione di silice 3% a 20 e a 40 °C x 2 min; G) e H) immersione in acqua a 20 e 40 °C x 2 min; I) immersione in Imazalil 1g/L a 20 °C x 1 min; T) controllo non trattato. I frutti sono stati conservati a 20 °C e 85-90% di U.R.; l'incidenza del marcio è stata valutata dopo 7 e 14 giorni.

#### Film plastici

Frutti di arancio cv Tarocco, dopo trattamento con Imazalil (1 g/l) per 60 s, sono stati suddivisi in tre tesi da 240 frutti ciascuna: MF) conservazione in film plastico (PE) macroforato; BC) conservazione in film plastico (PE) chiuso e T) conservazione senza film plastico.

I frutti, una volta asciutti, sono stati riposti in casse da campo (tre repliche da 80 frutti per ogni tesi) e conservati per 80 gg a 5 °C, più una settimana di simulato periodo di mercantizzazione (SPM). A fine conservazione su 20 frutti/tesi sono stati valutati il calo peso, l'incidenza delle mico e fisiopatie e sono stati analizzati i parametri chimico-fisici e reologici.

#### Analisi statistica

I dati sono stati elaborati mediante analisi della varianza semplice (ANOVA) seguita dal test di Tukey ( $P \leq 0,05$ ) per la separazione delle medie.

### Risultati e discussioni

#### Interventi termoterapici

A fine conservazione le immersioni in acqua a 52 °C e a 56 °C hanno ridotto in maniera significativa l'incidenza del marcio sui frutti, comportandosi allo stesso modo della tesi trattata con Imazalil. Dopo una settimana di SPM i trattamenti per immersione a 20 e 52 °C sono risultati inefficaci, a differenza del trattamento a 56 °C che ha presentato la stessa efficacia dell'Imazalil (tab. 1). Per quanto riguarda i parametri chimico-fisici e reologici, nessuna differenza significativa è stata riscontrata tra le tesi; è risultato assente anche il danno da freddo e la necrosi peripeduncolare (dati non riportati).

#### Composti chimici privi di effetti residuali

Nelle prove *in vitro*, la miscela sodio bicarbonato/biossido di silice e i singoli componenti saggiati, hanno inibito in maniera efficace la crescita miceliare del *P. digitatum*, anche a basse concentrazioni. Nelle prove *in vivo* (tab. 2), dopo 7 gg, sia il trattamento termoterapico a 40 °C sia i trattamenti con sodio bicarbonato (SBC) a 20 e a 40 °C hanno presentato una bassa incidenza di marcio paragonabile come efficacia all'Imazalil. Non sono risultati efficaci i trattamenti con acqua a 20 °C e con la miscela SBC/biossido di silice a 20 e a 40 °C. I trattamenti con il biossido di silice a 20 e 40 °C, si sono differenziati in maniera significativa da tutti gli altri, ma hanno pre-

Tab. 1 - Influenza della termoterapia sull'incidenza marcio (%) dopo 60 giorni di conservazione più 1 settimana di SMP in frutti di arancio cv Tarocco.

Tab. 1 - Influence of hot water dipping on decay incidence (%) after 60 days of storage plus 1 week of shelf-life on Tarocco orange fruits.

Trattamento	Incidenza marcio (%) <sup>z</sup>	
	60 gg	60 gg + 1 settimana di SPM
A) Immersione in acqua a 52°C x 3 min	15 b	45 b
B) Immersione in acqua a 20°C x 3 min	33 c	50 bc
C) Immersione in Imazalil 1000 ppm a 20°C x 1 min	12 ab	18 a
D) Immersione in acqua a 56°C x 20 s	2 a	11 a
T) Non trattato	40 c	63 c

Tab. 2 - Incidenza marcio (%) su frutti di arancio cv Tarocco con infezioni incipienti di *Penicillium digitatum*. Medie in colonne seguite dalla stessa lettera non sono statisticamente significative (test di Tukey 5%).

Tab. 2 - Decay incidence (%) on 'Tarocco' orange fruit with incipient *P. digitatum* infection.

Trattamento	Incidenza marcio(%) dopo 1 settimana dall'inoculo
Immersione in imazalil (1 g/l x 1min)	1,06 a
Immersione in sodio bicarbonato a 20°C x 2 min	8,28 a
Immersione in silice a 20 x 2 min	47,87 b
Immersione nella miscela SBC/ biossido di silice a 20°C x 2 min	98 c
Immersione in acqua a 20 °C x 2 min	100 c
Immersione in sodio bicarbonato a 40°C x 2 min	7,69 a
Immersione in silice a 40 x 2 min	43,43 b
Immersione nella miscela SBC/ biossido di silice a 40°C x 2 min	100 c
Immersione in acqua a 40 °C x 2 min	8,98 a
Controllo non trattato	100 c

sentato incidenze di marcio prossime al 50%. Al controllo successivo (14 gg), in tutte le tesi si è avuta un'incidenza di marcio prossima all'80%, imputabile all'elevata suscettibilità dei frutti raccolti a campagna inoltrata e alla particolare annata caratterizzata da abbondanti piogge (dati non riportati).

#### Film plastici

A fine conservazione il testimone presentava valori di calo peso superiori al 20% e significativamente differenti rispetto alla tesi MF e BC, con valori pari a 8,5 e 7,8% rispettivamente. L'eccessiva traspirazione del testimone, corrisponde ad una perdita di freschezza visiva del prodotto, con la comparsa della necrosi peripeduncolare. Per quanto riguarda le analisi chimico-fisiche e reologiche, nessuna differenza significativa è stata riscontrata nel colore e nella deformazione; mentre differenze significative sono state riscontrate

per i parametri della consistenza, dell'acidità titolabile e dei solidi solubili totali (tab. 3).

#### Conclusioni

La presente ricerca ha messo in evidenza gli effetti positivi del trattamento di termoterapia a 56 °C per 20 s, sia per il contenimento del marcio sia sulla qualità dei frutti. Tale intervento, tuttavia, non protegge il frutto da reinfezioni che possono manifestarsi successivamente in seguito a lesioni o contaminazione ambientale, pertanto se ne raccomanda un uso in interventi integrati.

I trattamenti con sodio bicarbonato, biossido di silice e il formulato in miscela sono risultati efficaci nelle prove *in vitro*. La mancata efficacia dei trattamenti sui frutti con infezioni incipienti, induce ad ulteriori indagini sul loro impiego in interventi integrati, come agenti sanitizzanti o seguiti da un ridotto dosaggio di fungicidi. Di conseguenza è consigliabile utilizzare i metodi alternativi in sinergia con tutti quei sistemi messi in atto per minimizzare le lesioni sui frutti, quali accurate lavorazioni in magazzino e misure decontaminanti presso gli ambienti di lavorazione al fine di ridurre la densità di inoculo dei patogeni.

Infine, la tecnica della conservazione mediante utilizzo di film plastici macroforati, ha consentito di rallentare la traspirazione del frutto con conseguente diminuzione del calo peso e di riduzione di alcuni disordini fisiologici della buccia (danno da freddo, necrosi peripeduncolare) che possono causare severe perdite economiche del prodotto. In tal modo si mantiene inalterata la freschezza del frutto traducendosi in una migliore presentazione commerciale del prodotto.

#### Riassunto

Vengono riportate le esperienze riguardanti il contenimento delle mico e fisiopatie di frutti di arancio cv Tarocco in postraccolta mediante l'impiego di interventi termoterapici e di composti privi di effetto residuale (GRAS). Sono stati, inoltre, condotti studi

Tab. 3 - Influenza di film plastici su alcuni parametri chimico-fisici e reologici in frutti di arancio cv Tarocco in conservazione. Medie in colonne seguite dalla stessa lettera non sono statisticamente significative (test di Tukey 5%).

Tab. 3 - Influence of plastic film on some physico-chemical and rheological parameters on cold stored Tarocco orange fruits.

Film plastico	Acidità (mg/ml)		Solidi solubili totali (°Brix)		Consistenza (kg)	
	Raccolta	80gg+ 1 settimana di SPM	Raccolta	80gg 1 settimana di SPM	Raccolta	80gg+ 1 settimana di SPM
BC	1,35	0,73 a	11,91	11,40 a	2,63	2,05 a
MF	1,35	0,88 b	11,91	11,96 ab	2,63	2,26 ab
T	1,35	1,0 b	11,91	12,12 b	2,63	2,35 b

sull'influenza di avvolgimenti plastici sui parametri qualitativi dei frutti durante una prolungata conservazione frigorifera. I risultati ottenuti hanno dimostrato un efficace controllo del marcio mediante termoterapia a 56 °C x 20 s. e una insoddisfacente azione antimarcio dei GRAS saggiati su frutti inoculati. L'impiego degli avvolgimenti plastici si è dimostrato utile nel contenimento del calo peso e delle fisiopatie nei frutti frigoconservati.

**Parole chiave:** Arance, termoterapia, GRAS, film plastici.

## Bibliografia

- FAWE, A., MENZIES, J.G., CHÉRIF, M., BÉLANGER, R.R., 2001. *Silicon and disease resistance in dicotyledons*. In: Datnoff, L.E., Snyder, G.H. & Korndörfer (Eds) *Silicon in Agriculture*. Elsevier, Amsterdam, vol. 8: 159-169.
- LANZA G., STRANO M.C. 2009., *Gestione post-raccolta*. In: Vacante e Calabrese. *Citrus- Trattato di Agrumicoltura-Edagricole* (Milano): 273-288.
- PALOU L., SMILANICK J.L., USALL J., VINAS I., 2001. *Control of postharvest decay blue and green molds of oranges by hot water, sodium carbonate and sodium bicarbonate*. *Plant Dis.* 85: 371-376.
- D'AQUINO S., MOLINU M.G., PIGA A., AGABBIO M., 2001. *Influence of film wrapping on quality maintenance of "Salustiana" oranges under shelf-life conditions*. *Ital. J. Food Sci.* 13(1). 87-100.

## Ottimizzazione degli impianti per la prerrefrigerazione e per il *cold treatment* di frutti di agrume destinati all'esportazione

Giovanni Carlo Di Renzo<sup>1</sup>, Giuseppe Altieri<sup>1\*</sup>, Maria Concetta Strano<sup>2</sup>, Mariarosaria Calandra<sup>2</sup>, Francesco Genovese<sup>1</sup> e Antonella Tauriello<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento Tecnico Economico per la Gestione del Territorio Agricolo - Forestale, Università della Basilicata

<sup>2</sup> Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura - ACM Centro di Ricerca per l'Agrumicoltura e le Colture Mediterranee, Acireale (CT)

### Research on pre-cooling and cold treatment technology for the export of fresh cut citrus fruit

**Abstract.** This work shows the results of a research activity aiming both to a quick decrease and a homogeneous distribution of citrus fruits temperature during the postharvest and the transport phases. Citrus fruits are widely transported worldwide in the last years, and trade towards extra UE countries grew continuously; moreover, commercial agreements with extra UE countries generally require both the respect of the fruit quality standards and the restriction of the parasites spread by means of an opportune fruit treatment named as "cold treatment". A pilot plant for the rapid cooling of citrus fruits, stacked in pallet, was assembled, supplied with an automatic system for temperature monitoring and recording. Moreover, the temperature distribution inside a transport container simulating the "cold treatment", using both conventional and innovative (more vented surface) package boxes for citrus. Data show that the pre-cooling operation is an important stage to improve the quality of citrus fruits before the container loading. The vented boxes guarantee a more accurate control of fruit temperature versus classic boxes. Concerning the temperature monitoring, probes show a good result in terms of temperature homogeneity.

**Key words:** postharvest quality, *Ceratitis capitata*, food plants automation, temperature monitoring.

### Introduzione

Negli anni recenti è stato possibile osservare un crescente interesse da parte dei mercati extra-europei (U.S.A., Giappone ed Australia) per l'importazione di agrumi dall'Italia, con particolare riguardo alle clementine ed alle arance pigmentate. Considerato l'ele-

vato valore economico del prodotto venduto in mercati "ricchi", è richiesta un'attenta gestione della catena del freddo ed il mantenimento delle caratteristiche qualitative del prodotto fresco (Di Renzo *et al.*, 2005, Altieri *et al.*, 2007). Infatti gli agrumi, nelle fasi post-raccolta, vanno incontro ad un forte decadimento qualitativo (Di Renzo *et al.*, 2007, Lanza *et al.*, 2009), che può essere controllato con il rapido abbassamento della temperatura del prodotto (Aswaney, 2007) e l'allontanamento del cosiddetto "calore di campo" tramite una prerrefrigerazione rapida (Amirante *et al.*, 2004). Tra le tecniche di conservazione degli agrumi basate sull'impiego del freddo rientra il *cold treatment*, che viene richiesto dai Paesi importatori per la devitalizzazione di eventuali uova o larve della mosca mediterranea (*Ceratitis capitata* Wiedemann) (Hill *et al.*, 1988, Lanza *et al.*, 2005). Il *cold treatment* viene effettuato nei magazzini frigoriferi prima del trasporto, o durante il trasporto, nella stiva di navi o in container autorefrigerati: ciò permette di accorciare i tempi per la distribuzione, non dovendo subire il periodo di trattamento all'arrivo; in tal modo è possibile immettere sul mercato un prodotto qualitativamente migliore perché conservato per un periodo di tempo inferiore (Ismail *et al.*, 1986).

Scopo del presente lavoro è stato quello di definire sia le condizioni ottimali durante la prerrefrigerazione ed il *cold treatment*, sia la messa a punto di un prototipo di prerrefrigeratore ad aria funzionante in aspirazione: per il controllo dei parametri ambientali (temperatura ed umidità relativa) sono stati progettati due diversi sistemi di controllo ed acquisizione dati (uno per il prerrefrigeratore ed uno per il *cold treatment*).

### Materiali e metodi

#### *Prerrefrigerazione ad aria su singola pedana*

Il prototipo di prerrefrigerazione è stato realizzato utilizzando un ventilatore centrifugo a doppia bocca di aspirazione con pale rivolte in avanti (Nicotra

\* giuseppe.altieri@unibas.it

ADH-250, portata nominale  $5500\text{m}^3\text{h}^{-1}$ ) azionato da un motore elettrico (potenza 4kW), entrambi posti all'interno di un telaio di contenimento; variando la frequenza di funzionamento del motore per mezzo di un inverter elettronico ("Micromaster vector" da 5kW - Siemens) sono state effettuate prove sperimentali a diverse velocità del ventilatore. Il sistema di acquisizione realizzato nell'attività sperimentale è costituito da un personal computer con software di acquisizione, memorizzazione e gestione dei dati creato tramite LabView 6.0.2 (National Instruments), 63 sonde di temperatura digitali (DS18B20+, Maxim - Dallas Semiconductors,  $-55\text{ }^\circ\text{C}/+125\text{ }^\circ\text{C}$ , accuratezza  $\pm 0,5\text{ }^\circ\text{C}$  e significatività 0,99), una scheda di acquisizione dati autocostituita basata su microcontrollore (PIC18F4620 - Microchip Technology Inc.) con trasmissione dei dati di temperatura tramite modem "wireless". Per il rilievo della temperatura sono state realizzate 5 serie di sonde, ognuna formata da 12 sonde da inserire al centro dei frutti collocati al centro delle cassette. Oltre a queste sono state utilizzate altre 3 sonde per la misura della temperatura dell'aria: nella cella, aspirata e scaricata dal ventilatore. Le prove si sono svolte in collaborazione con l'azienda Geagri Soc. Coop. Agricola di Massafra (Taranto). I frutti sono stati lavorati in centrale e confezionati in plateau di cartone (9 kg), quindi sono state realizzate delle pedane con rispettivamente 80 plateau. Le prove sono state condotte in cella frigorifera (10 x 20 x 8 m) accostando la pedana dinanzi alla bocca di aspirazione del prerfrigeratore. Sono state allestite quattro tesi sperimentali: Tesi A (frequenza= 50 Hz), Tesi B (frequenza= 40 Hz), Tesi C (frequenza= 35 Hz), Testimone (prerfrigerato in cella alla temperatura finale di  $1,2\text{ }^\circ\text{C}$ ). Le sonde di temperatura sono state inserite al cuore dei frutti (un frutto per ciascun plateau della pedana) nei livelli della pedana I, III, V, VII e IX partendo dal basso verso l'alto. Ciascuna prova è stata replicata per tre volte. I dati sono stati elaborati ed è stato ricavato il coefficiente di scambio termico convettivo "h" (Pereira Da Silva *et al.*, 2010).

#### Cold treatment

La prova di simulazione di trasporto in container autorefrigerato, su prodotto prerfrigerato, è stata eseguita presso la centrale ortofrutticola Oranfrizer di Scordia (CT). Frutti di arancio della cv Tarocco, dopo lavorazione in magazzino consistente in preselezione, lavaggio con detergente, trattamento fungicida (imazalil), ceratura (cera ad acqua a base di gommalacca), asciugatura in tunnel ad aria calda, selezione e calibratura, sono stati confezionati in contenitori di cartone e sistemati in 21 pallet numerati. Per alcuni pallet è

stato previsto l'impiego di contenitori di cartone con una maggiore superficie forata (innovativi), rispetto ai contenitori normalmente impiegati. Per valutare la distribuzione della temperatura, sono state impiegate 6 sonde/pallet in frutti prescelti a caso e 6 sonde/pallet per valutare l'effetto della temperatura nei frutti presenti nei contenitori innovativi. Sono state impiegate sonde di temperatura digitali (DS18B20+). Al raggiungimento della temperatura di circa  $0\text{ }^\circ\text{C}$ , i pallet sono stati caricati in un container 40'HC, costituito da un'unità refrigerante posta sulla parete opposta alla porta di ingresso. Durante il carico delle pedane all'interno del container sono state posizionate le sonde per il rilievo della temperatura, l'intervallo di campionamento è stato di 10 minuti. Alla chiusura del container è iniziata la prova di simulazione di spedizione di 30 giorni: al periodo di *cold treatment* di 14 giorni a  $T < 1,2\text{ }^\circ\text{C}$ , è seguito un rialzo termico di  $1\text{ }^\circ\text{C}$  al giorno fino al raggiungimento della temperatura di conservazione di  $8\text{ }^\circ\text{C}$ , mantenuta per tutti i restanti giorni di spedizione simulata. Aperto il container, i pallet sono stati trasferiti nella cella frigorifera dell'azienda e mantenuti ad  $8\text{ }^\circ\text{C}$  per altri 15 giorni (*shelf-life*), per un totale di 45 giorni.

#### Valutazione qualitativa

Per verificare il corretto funzionamento dei parametri impostati e la loro influenza sulla qualità dei frutti, sono stati ispezionati i pallet posizionati nella parte anteriore, centrale e posteriore del container. I parametri rilevati in pre-trattamento e a fine prova su campioni di 30 frutti per pallet, prelevati dai livelli 3, 6, 9 (dal basso verso l'alto) sono stati: colore dell'epicarpo e della polpa nelle sue componenti  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ; acidità (% di acido citrico anidro); solidi solubili totali ( $^\circ\text{Brix}$ ); consistenza in kg (puntale da 8 mm); deformazione residua (mm) (3 kg per 30 s); calo peso (15 frutti per stratificazione) (Mitcham *et al.*, 1996). Dopo 15 giorni di conservazione a  $8\text{ }^\circ\text{C}$  (*shelf-life*), sui frutti presenti nei contenitori delle tre stratificazioni individuate, è stata valutata l'incidenza dei frutti affetti da micopatie da agenti primari (*Penicillium digitatum* ed *italicum*) e secondari (*Alternaria*, *Botrytis*, *Phytophthora*, *Phomopsis*, *Diplodia*, etc.), l'entità del danno da freddo e della necrosi peripeduncolare.

#### Risultati e discussione

##### Prerfrigerazione ad aria su singola pedana

In figura 1 è riportato il grafico delle curve medie ( $-\log(T-T_{\text{aria}}) / (T_0-T_{\text{aria}})$  vs tempo) relative alla prerfrigerazione su singola pedana: la pendenza delle curve è proporzionale al coefficiente di scambio termi-

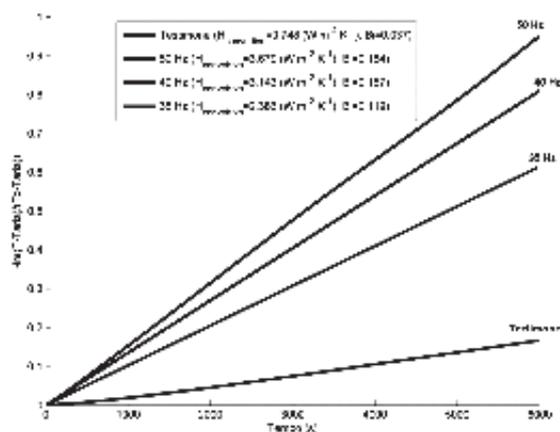


Fig. 1 - Curve medie  $(-\log(T-T_{aria})/(T_0-T_{aria}))$  vs tempo per le prove di preraffreddamento su singola pedana, con frequenza inverter regolata a 35, 40, 50Hz ed il testimone preraffreddato in condizioni normali.

Fig. 1 - Average curves  $(-\log(T-T_{air})/(T_0-T_{air}))$  vs time of pre-cooling tests on a single pallet with the inverter frequency set at 35, 40 and 50Hz and the reference pallet pre-cooled under normal conditions.

co convettivo medio “ $h$ ”, essendo lo scambio termico esclusivamente regolato dalla convezione, le curve sono delle rette riferite alle diverse tesi sperimentali.

Dai dati si evince che con frequenza massima dell’inverter pari a 50Hz lo scambio termico aumenta di 5 volte ( $h= 3,679 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ ) rispetto al testimone che presenta il più basso valore del coefficiente ( $h= 0,748 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ ). Nelle prove effettuate con il preraffreddatore si ottiene un incremento nella velocità di raffreddamento dei frutti, in relazione alla velocità dell’aria e al livello di depressione attraverso la pedana: passando da una velocità dell’aria da 0,5 a 1m/s ed un livello di depressione da 20 a 70 mmH<sub>2</sub>O si ha una diminuzione del tempo di raffreddamento del 57%.

Per la relazione tra velocità di raffreddamento e posizione dei frutti nella pedana si osserva che nello strato inferiore della pedana (L1), così come nei due strati superiori (L7 ed L9), la velocità di raffreddamento è significativamente più bassa. La tendenza ad un raffreddamento più lento è dovuta sia all’esistenza di percorsi d’aria preferenziali sia all’intimo contatto tra bocca di aspirazione dell’aria del preraffreddatore e pedana che contribuiscono a differenziare il raffreddamento dei frutti, privilegiando gli strati intermedi della pedana (L3, L5) rispetto agli strati estremi.

### Cold treatment

Dai dati delle sonde collocate nello spazio di testa del container si evince che le temperature medie tra le sonde presentano una differenza inferiore a 0,5 °C a dimostrazione di una omogenea circolazione dell’aria nell’interno del container e attraverso il prodotto. I picchi osservati nel grafico si ripropongono ciclica-

mente ogni 25 ore, per una durata di 30 minuti, essi rappresentano gli innalzamenti di temperatura dovuti all’entrata in funzione del sistema temporizzato di sbrinamento elettrico; questo sistema, operando a un’elevata temperatura, porta il livello termico dell’aria a oltre 10 °C in prossimità dell’aerorefrigerante, con conseguente riscaldamento anche del prodotto più vicino. Tale fenomeno risulta progressivamente attenuato all’aumentare della distanza dall’aerorefrigerante. Un andamento simile è stato osservato per le sonde di temperatura collocate nei canali del pavimento grigliato del container a distanza crescente rispetto all’aerorefrigerante. In particolare, la temperatura media è risultata compresa nel range  $\pm 0,5 \text{ °C}$  nelle diverse posizioni di misura, mentre i valori minimi misurati sono stati sensibilmente inferiori a 0 °C, con punte fino a -0,8 °C in fase di avviamento degli aerorefrigeranti. Tale livello termico minimo raggiunto dall’aria, anche se per pochi minuti, può apparire pericoloso in considerazione del livello di temperatura a cui le arance cominciano a manifestare sintomi di danno da freddo (-1 °C).

Dal confronto tra le temperature medie raggiunte nelle due pedane centrali (pallet 10 con contenitori innovativi e pallet 11) (fig.2), non si osservano differenze significative tra i frutti posizionati nelle due tipologie di contenitori; sul pavimento e nello spazio di testa si possono osservare delle differenze soltanto in corrispondenza dei cicli on/off del sistema di sbrinamento dell’aerorefrigerante del container, che influenza la temperatura dello spazio di testa (picchi più elevati). Allo stesso tempo va considerato che tale differenza si limita a valori inferiori a 1 °C (fig. 2).

### Valutazione qualitativa

Dai risultati della valutazione dei parametri reologici e chimico-fisici non è emersa alcuna variazione

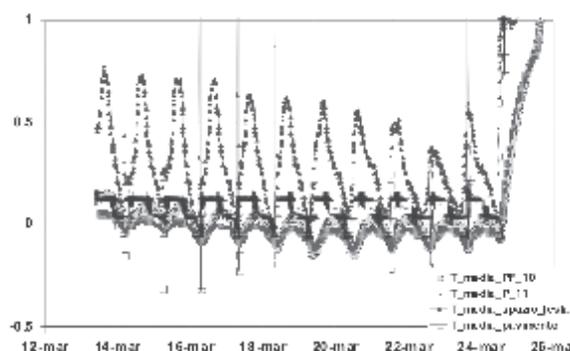


Fig. 2 - Temperature medie registrate durante la sperimentazione in quattro punti differenti all’interno del container: spazio di testa, pavimento, pallet con contenitori innovativi forati e pallet classico.  
Fig. 2 - Average temperatures recorded during the test in 4 different points into container: head space, floor, pallet with innovative boxes and pallet with standard boxes.

significativa tra i campioni valutati ad inizio e fine prova. I dati sul calo peso hanno mostrato un maggiore calo ponderale nei frutti nei contenitori innovativi (4%), rispetto ai contenitori tradizionali (3%). La valutazione delle mico e fisiopatie (tab.1) ha evidenziato un'elevata incidenza di marcio, con prevalente presenza di *P. italicum*, osservata sia sui frutti conservati in contenitori tradizionali (4%), che su quelli conservati in quelli innovativi (5%). Riguardo alla necrosi peripeduncolare, valori più elevati, prossimi o superiori al 2%, sono stati registrati rispettivamente nei frutti dei pallet 10 e 21. L'indice del danno da freddo, mediamente inferiore a 0,20 è risultato nella norma.

## Conclusioni

Le prove sperimentali con il prerrefrigeratore ad aria mostrano che, operando a 50 Hz, si ottiene un significativo aumento delle prestazioni dell'impianto. Il testimone presenta un valore di  $h$  molto basso, pari a  $0,748 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ , mentre a 50Hz lo scambio termico aumenta di circa 5 volte con un valore di  $h$  pari a  $3,679 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ . Dalle prove preliminari si osserva che i frutti che occupano lo strato intermedio della pedana (L5) subiscono un abbassamento di temperatura maggiore rispetto agli altri livelli considerati. Tali tempi sono di circa 10 volte più bassi rispetto ai tempi ottenuti per il testimone.

Nel *cold treatment* è opportuno disporre i pallet in modo da massimizzare la circolazione dell'aria ed il trasferimento del calore per un uniforme raffreddamento e avviare prontamente al mercato i frutti appena giunti al porto di destinazione. Riguardo ai container risulta opportuno migliorare lo sbrinamento con un sistema "on demand" o riducendo i tempi a 20 min/24h. L'impiego di contenitori idonei è un aspetto determinante per il successo dell'operazione, anche in considerazione delle diverse modalità di circolazione dell'aria fredda attraverso il carico che vengono attuate durante il trasporto con container.

Tab. 1 - Influenza del preraffreddamento e del *cold treatment* sull'incidenza delle mico e fisiopatie su frutti di arancio Tarocco dopo 15 giorni di conservazione in cella frigorifera a 8°C (45 giorni dall'inizio della prova). Medie in colonne seguite dalla stessa lettera non sono statisticamente significative (test Tukey 5%).  
Tab. 1 - Influence of rapid prerrefrigeration and cold treatment on decay incidence and chilling injury rating on Tarocco orange after 15 days of cold storage at 8°C (45 days after the beginning of the trial).

Pallet	Incidenza marcio* (%)	Necrosi peripeduncolare* (%)	Indice danno da freddo*
1	4,3a	0,4a	0,10a
10	5,1a	2,1b	0,18a
21	4,3a	2,3b	0,16a

## Riassunto

Il presente lavoro riassume i risultati delle attività sperimentali realizzate nell'ambito del progetto MiPAAF "RAVAGRU", ed ha riguardato l'ottimizzazione degli impianti di prerrefrigerazione e *cold treatment* dei frutti di agrume destinati all'esportazione. È stato assemblato un prototipo di impianto per la refrigerazione ad aria forzata (in depressione) operante su singola pedana, completamente automatizzato, corredato di un sistema di controllo della temperatura dei frutti. Un secondo sistema di registrazione della temperatura è stato realizzato per il controllo delle condizioni termigrometriche delle arance all'interno dei container, simulando le condizioni di trasporto cui vanno incontro i frutti durante la spedizione all'estero.

**Parole chiave:** qualità in postraccolta, *Ceratitis capitata*, automazione degli impianti agroalimentari, controllo della temperatura.

## Bibliografia

- ALTIERI G., DI RENZO G.C., GENOVESE F., 2007. *Air-cooler defrosting management and performance optimization in fruit and vegetable cold storage rooms*. Proc. of 2007 CIGR Section VI Intern. Symp. on Food And Agricultural Products: Processing and Innovations. Naples, 24-26 September 2007.
- AMIRANTE P., COLELLI G., 1994. *Criteri costruttivi degli impianti di frigoconservazione in relazione alle esigenze post-raccolta dei prodotti*. Atti del Convegno "Scelte Varietali e Aspetti Qualitativi della Frigoconservazione", Firenze, Italy, 129-169.
- ASWANEY M., 2007. *Forced - Air precooling of fruits and vegetables*. Air conditioning and Refrigeration Journal, 57-62.
- DI RENZO G.C., ALTIERI G., GENOVESE F., 2005. *Conservazione dei prodotti agro-alimentari. Ottimizzazione degli aerorefrigeranti*. ZeroSottoZero, 14 (6), 60-66.
- DI RENZO G.C., ALTIERI G., LANZA G., GENOVESE F., STRANO M.C., 2007. *Problematiche del settore postraccolta*. Italus Hortus 14 (6): 47-49.
- HILL A.R., RIGNEY C.J., SPROUL A.N., 1988. *Cold storage of oranges as a disinfections treatment against fruit flies Dacus tryoni (Froggatt) and Ceratitis capitata (Wiedemann)*. J. Econ. Entomol. 81 (1): 257-260.
- ISMAIL M.A., HATTON T.T., DEZMAN D.J., MILLER W.R., 1986. *In transit cold treatment of Florida grapefruit shipped to Japan in refrigerated van containers: problems and recommendations*. Proc. Fla. State Hort. 99: 117-121.
- LANZA G., CALANDRA M., BARBAGALLO S., PORTO M.E., CALVITTI M., D'ANNA R., PEDROTTI C., 2005. *Evaluation of cold treatment against Mediterranean Fruit Fly in "Tarocco" oranges*. Acta Hort. (ISHS) 682: 2141-2146.
- LANZA G., STRANO M.C., 2009. *Gestione post-raccolta*. In: Citrus - Trattato di Agrumicoltura, Edagricole: 273-288.
- MITCHAM B., CANTWELL M., KADER A., 1996. *Methods for determining quality of fresh commodities*. Perishables Handling Newsletter, 85: 1-5.
- PEREIRA DA SILVA W., CLEIDE M. D., 2010. *Calculation of the convective heat transfer coefficient and cooling kinetics of an individual fig fruit*. Heat Mass Transfer, 46: 371-380.

## Controllo dei penicilli degli agrumi mediante trattamenti postraccolta con fungicidi di nuova generazione

Salvatore D'Aquino<sup>1\*</sup>, Amedeo Palma<sup>1</sup>, Domenico Mura<sup>1</sup>, Maria Concetta Strano<sup>2</sup>, Mariarosaria Calandra<sup>2</sup> e Mario Schirra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CNR Istituto di Scienze delle Produzioni Alimentari, Sassari

<sup>2</sup>Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura - ACM, Centro di Ricerca per l'Agrumicoltura e le Colture Mediterranee, Acireale (CT)

### Effectiveness of new fungicides to control penicillium decay of citrus fruit

**Abstract.** Objective of this study was to reduce fruit dip time in fungicidal solutions of fludioxonil, azoxystrobin, cyprodinil by comparing their effectiveness with imazalil and/or thiabendazole as standard fungicides. Effectiveness of all active compounds was very high even reducing dip duration to 30 s. Dipping the fruit in water heated at 52 °C had a little effect of decay incidence. Sodium bicarbonate was ineffective at 20 °C and slight effective at 52 °C, but in combination with thiabendazole allowed a partial restoration of thiabendazole activity against a resistant strain of *P. digitatum*.

**Key words:** citrus fruit, rotting, penicillium decay, dip treatment.

### Introduzione

Lo sviluppo di ceppi resistenti nei confronti di fungicidi quali imazalil (IMZ), thiabendazole (TBZ) e *o*-phenylphenate di sodio (SOPP), generalmente utilizzati nel trattamento postraccolta degli agrumi, ha reso molto difficile il controllo dei patogeni responsabili dei marciumi nella fase postraccolta e dei penicilli in modo particolare. L'intensa ricerca condotta a livello mondiale cominciata sul finire del secolo scorso, ha portato all'individuazione e alla registrazione negli USA di nuovi formulati - fludioxonil (FDL), azoxystrobin (AZX) e pyrimethanil (PYR) - con meccanismi di azione differenti da IMZ, TBZ e SOPP (Adaskaveg e Förster, 2010). Recenti studi hanno confermato la loro efficacia nei confronti dei penicilli e di altri patogeni chiave responsabili di marciumi sia in agrumi che in altre specie (Schirra *et al.*, 2011).

L'attività fungicida di queste molecole è stata valutata immergendo i frutti per 1-3 minuti in soluzioni a temperatura ambiente o riscaldata, combinando uno o più principi attivi con bicarbonato di sodio o altri composti considerati generalmente sicuri (GRAS) (D'Aquino *et al.*, 2006; Schirra *et al.*, 2002; Schirra *et al.*, 2008, Schirra *et al.*, 2011). Il trattamento per immersione risulta essere di elevata efficacia nel contenimento delle micopatie dei frutti, tuttavia, nelle centrali agrumicole la pratica maggiormente diffusa prevede l'applicazione del fungicida per mezzo di sistemi a spruzzo direttamente sui frutti nella fase di lavaggio o di ceratura, quando questa operazione è prevista. Tale metodo risulta condizionato principalmente dall'esigenza di ridurre il tempo di permanenza dei frutti lungo la linea di lavorazione.

Obiettivo della ricerca è stato quindi di valutare l'efficacia di nuove molecole fungicide, applicate da sole o in combinazione tra loro o con bicarbonato di sodio, riducendo a 30 secondi la durata delle immersioni.

### Materiali e metodi

Sono stati utilizzati due ceppi di *Penicillium digitatum* Sacc.: uno sensibile a thiabendazole (TBZs), selezionato da frutti affetti da muffa verde raccolti nel campo collezione agrumi dell'Istituto (Nuraxineddu-OR) ed uno resistente a thiabendazole (TBZr), proveniente dalla collezione del Prof. Smilanick (California, USA). I conidi, provenienti da colture di una settimana cresciute su PDA (Agar Patata Destrosio), sono stati sospesi in una soluzione acquosa (0,01%) di Tween 20 (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO) e diluiti fino ad ottenere una concentrazione di 10<sup>6</sup> conidi/mL.

Gli agrumi utilizzati, provenienti dal campo collezione dell'Istituto sito in agro di Oristano, sono stati disinfettati mediante immersione per 60 s in una soluzione di ipoclorito di sodio (300 mg/l) e risciacquati

\*salvatore.daquino@ispa.cnr.it

con acqua corrente. Successivamente i frutti sono stati lesionati utilizzando un puntale (diametro 2 mm; profondità 2 mm) e inoculati con 20 µl della sospensione conidica.

Sono stati utilizzati i seguenti formulati commerciali: Deccoil 50 (imazalil 44,66 %; Janssen Pharmaceutica N. V., Turmhoutseweg 30, Beerse, Belgium); Tecto SC (thiabendazole 42,9%; Decco Italia srl, Piano Tavola, Catania); Ortiva (azoxystrobin 23,2%; Syngenta Crop Protection S.p.A. Via Milano); Chorus (cyprodinil 50%, Syngenta Crop Protection S.p.A. Milano); Scholar (fludioxonil 20,4%; Syngenta Crop Protection S.p.A. Milano); Bicarbonato di sodio titolo 100%.

I trattamenti sono stati effettuati immergendo i frutti per 30 s in acqua (Controllo) o nelle soluzioni fungicide contenenti uno o più principi attivi con concentrazioni di 50, 100, 300 o 600 mg/l nel caso dei fungicidi e di 10 g/l nel caso del bicarbonato di sodio (BCS). La temperatura dell'acqua e delle soluzioni fungicide è stata di 20 °C o 52 °C. Nelle prove in cui è stata valutata l'attività preventiva dei fungicidi, i trattamenti sui frutti sono stati effettuati 6 ore prima dall'inoculo, intervallo durante il quale sono stati mantenuti a 20 °C e 60-65% di U.R. Invece, nelle prove in cui è stata valutata l'attività curativa, i trattamenti sono stati effettuati 24 ore dopo l'inoculo, periodo in cui i frutti sono stati mantenuti a 20 °C e 90-95% U.R. La presenza dei marciumi è stata rilevata dopo una settimana di conservazione a 20 °C e 90% U.R.

Inoltre è stata valutata l'efficacia dei trattamenti mediante rilevazione dell'incidenza dei marciumi su frutti non inoculati, dopo quattro settimane di conservazione frigorifera (5 °C e 90% U.R.) più una settimana di *shelf-life*.

### Analisi statistica

Per ogni trattamento sono state utilizzate 4 repliche di 25 frutti ciascuna. L'incidenza dei marciumi è stata sottoposta all'analisi della varianza dopo trasformazione dei valori percentuali in  $\sqrt{x}$  o  $\arcsin \sqrt{x}$ . Il test di Duncan è stato utilizzato per la separazione delle medie ( $P < 0,05$ ).

### Risultati

Tutti i fungicidi hanno evidenziato elevata attività protettiva nei confronti del ceppo sensibile al TBZ (TBZs) (tab. 1). In particolare, i risultati migliori sono stati ottenuti con AZX, FDL e IMZ, mentre una percentuale leggermente più elevata di marciumi è stata

Tab. 1 - Incidenza dei marciumi in frutti di satsuma 'Okitsu' e clementine 'Nules', feriti artificialmente, immersi per 30 s in acqua (controllo) o in una sospensione fungicida (20 °C; 600 mg/l) di azoxystrobin (AZX), fludioxonil (FDL), imazalil (IMZ) o thiabendazole (TBZ) e inoculati con un ceppo di *Penicillium digitatum* resistente (TBZr) o sensibile (TBZs) a TBZ dopo 6 ore di incubazione a 20 °C e 90% UR. I controlli sono stati effettuati dopo una settimana di conservazione a 20 °C e 90-95% UR. I valori in colonna seguiti da lettere uguali non sono significativamente differenti per  $P < 0,05$  secondo il test di Duncan.

Tab. 1 - Decay incidence in fruit of 'Okitsu' satsuma and 'Nules' clementine. Artificially wounded fruit were dipped for 30 s in water or in 600 mg/l water mixture of azoxystrobin (AZX), fludioxonil (FDL), imazalil (IMZ) or thiabendazole (TBZ) and inoculated with a strain of *Penicillium digitatum* resistant (TBZr) or sensible (TBZs) to TBZ. Fruit were checked for decay after 1 week of storage at 20 °C and 90-95% RH. Means in columns followed by the same letters are not different at  $P < 0.05$  according to Duncan's multiple range test.

Trattamenti	Marciumi (%)			
	<i>P. digitatum</i> TBZs		<i>P. digitatum</i> TBZr	
	Okitsu	Nules	Okitsu	Nules
Controllo	100 a	98 a	98 a	100 a
AZX 600 mg/l	5 c	3 c	5 bc	6 c
CYP 600 mg/l	14b	13b	11b	16 b
FDL 600 mg/l	7 c	2 c	3 c	7 c
IMZ 600 mg/l	4 c	2 c	2 c	4 c
TBZ 600 mg/l	12 b	9 b	92 a	98 a

riscontrata nei frutti trattati con TBZ e CYP. L'efficacia di IMZ, FDL e AZX non è stata condizionata dal ceppo di *P. digitatum*; diversamente nel caso di TBZ, all'alta efficacia nei confronti del ceppo sensibile (TBZs), ha fatto riscontro la totale assenza di attività verso quello resistente (TBZr), con perdite simili al controllo (tab. 1). Nelle prove in cui gli stessi trattamenti sono stati effettuati a distanza di 24 ore dall'inoculo (attività curativa) l'attività dei singoli fungicidi nei confronti di entrambi i ceppi di *P. digitatum* è stata simile a quella mostrata nella prova precedente, fatta eccezione per AZX, che è risultata meno efficace (tab. 2).

La minore attività curativa di AZX è stata evidenziata in un'altra prova in cui frutti di mandarino 'Page', limone 'Verna' e arancio 'Salustiana' sono stati inoculati con il ceppo TBZs. Come riportato in tabella 3, le perdite nei frutti trattati con AZX erano del 18-29%, contro il 2-8% e il 4-7% di quelli trattati con FDL o TBZ, rispettivamente. Tuttavia, l'efficacia di AZX+FDL, impiegati a dose dimezzata rispetto ai trattamenti singoli, è stata simile a quella riscontrata nei trattamenti con FDL o TBZ.

Nella prova in cui frutti sani di mandarino 'Page', limone 'Verna' e arancio 'Salustiana' sono stati sottoposti agli stessi trattamenti e frigoconservati, l'incidenza dei marciumi nei frutti trattati con AZX è stata

Tab. 2 - Incidenza dei marciumi in frutti di satsuma 'Okitsu' e clementine 'Nules', inoculati artificialmente con un ceppo di *Penicillium digitatum* resistente (TBZr) o sensibile (TBZs) e trattati dopo 24 ore di incubazione a 20 °C e 90-95% UR per immersione (30 s) in acqua (controllo) o in una sospensione fungicida a 20 °C di azoxystrobin (AZX), fludioxonil (FDL), imazalil (IMZ) o thiabendazole (TBZ). I controlli sono stati effettuati dopo una settimana di conservazione a 20 °C e 90-95% UR. I valori in colonna seguiti da lettere uguali non sono significativamente differenti per  $P < 0,05$  secondo il test di Duncan.

Tab. 2 - Decay incidence in fruit of 'Okitsu' satsuma and 'Nules' clementine artificially inoculated with a strain of *Penicillium digitatum* resistant (TBZr) or sensible (TBZs) to TBZ and dipped after 24 h of incubation at 20 °C and 90-95% RH for 30 s in water or in water mixture at 20 °C of azoxystrobin (AZX), fludioxonil (FDL), imazalil (IMZ) or thiabendazole (TBZ). Fruit were checked for decay after 1 week of storage at 20 °C and 90-95% RH. Means in columns followed by the same letters are not different at  $P < 0,05$  according to Duncan's multiple range test.

Trattamenti	Marciumi (%) <sup>56</sup>			
	<i>P. digitatum</i> TBZs	<i>P. digitatum</i> TBZr		
		Okitsu	Nules	Okitsu
Controllo	95 a	100 a	100 a	100 a
AZX 600 mg/l	20 b	14 b	19 b	16 b
CYP 600 mg/l	14 b	17 b	12 bc	10 bc
FDL 600 mg/l	5 c	3 c	4 c	3 c
IMZ 600 mg/l	1 c	0 c	2 c	5 c
TBZ 600 mg/l	16 b	5 c	94 a	97 a

Tab. 3 - Incidenza dei marciumi in frutti di mandarino 'Page', limone 'Verna' e arancio 'Salustiana', inoculati artificialmente con un ceppo di *Penicillium digitatum* sensibile a thiabendazole e trattati dopo 24 ore di incubazione a 20 °C e 90-95% UR per immersione (30 s) in acqua (controllo) o in una sospensione fungicida a 20 °C di azoxystrobin (AZX), fludioxonil (FDL), thiabendazole (TBZ) o AZX + TBZ. I controlli sono stati effettuati dopo una settimana di conservazione a 20 °C e 90-95% UR. I valori in colonna seguiti da lettere uguali non sono significativamente differenti per  $P < 0,05$  secondo il test di Duncan.

Tab. 3 - Decay incidence in fruit of 'Page' mandarin, 'Verna' lemon and 'Salustiana' orange artificially inoculated with a strain of *P. digitatum* sensible to TBZ and dipped after 24 h of incubation at 20 °C and 90-95% RH for 30 s in water or in a water mixture at 20 °C of azoxystrobin (AZX), fludioxonil (FDL), thiabendazole (TBZ) or AZX+FDL. Fruit were checked for decay after 7 days at 20 °C and 90-95% RH. <sup>1</sup> Means in columns followed by the same letters are not different at  $P < 0,05$  according to Duncan's multiple range test.

Trattamenti	Marciumi (%)		
	Mandarino Page	Limone Verna	Arancio Salustiana
Controllo	100 a	97 a	100 a
AZX 600 mg/l	29 b	18 b	21 b
FDL 600 mg/l	8 c	2 c	4 c
AZX 300 mg/l + FDL 300 mg/l	10 c	3 c	2 c
TBZ 600 mg/l	7 c	5 c	7 c

simile a quelli trattati con FDL, TBZ o FDL+AZX (tab. 4). I risultati riportati in tabella 5, relativi a frutti di limone 'Verna' inoculati con TBZs o TBZr e sottoposti a trattamenti per immersione con bassi dosaggi di FDL, TBZ o BCS a 20 °C o a 52 °C hanno confermato l'elevata attività di FDL e TBZ, da soli o combinati nei confronti di TBZs. Nelle tesi inoculate con TBZr, l'attività di FDL e di FDL+TBZ è stata simile a quella mostrata nei confronti di TBZs, mentre il TBZ utilizzato da solo non ha avuto alcun effetto (tab. 5). Il trattamento per immersione dei frutti in acqua a 52 °C per 30 s ha ridotto solo parzialmente le perdite, mentre l'immersione dei frutti nelle soluzione riscaldate di FDL e FDL+TBZ ha portato ad una minore incidenza dei marciumi. Per quanto concerne i trattamenti con TBZ, effetti positivi sono stati osservati solo nei frutti inoculati con TBZs, mentre perdite non differenti dal Controllo sono state rilevate nei frutti inoculati con TBZr (tab. 5). Lo sviluppo dei patogeni è stato simile al controllo nella tesi trattata con BCS a 20 °C mentre è stato un leggermente contrastato in quella trattata con BCS a 52 °C. La miscela riscaldata di TBZ+BCS ha parzialmente ripristinato l'attività di TBZ nei confronti di TBZr. L'incidenza dei marciumi nei frutti di limone 'Verna' non inoculati e conservati per 4 settimane a 5 °C più una settimana a 20 °C non ha mai superato il 10 ed il 5% nelle tesi trattate con FDL, TBZ e FDL+TBZ a 20 °C e 52 °C, rispettivamente (tab. 6).

## Discussione e conclusioni

I risultati ottenuti hanno confermato l'elevata attività preventiva/protettiva (tabb. 4 e 6) e curativa (tabb.

Tab. 4 - Incidenza dei marciumi in frutti di agrumi conservati per 4 settimane a 5 °C e 90% UR più una settimana in condizioni simulate di mercato a 20 °C e 60-65% UR. I valori in colonna seguiti da lettere uguali non sono significativamente differenti per  $P < 0,05$  secondo il test di Duncan.

Tab. 4 - Decay incidence in citrus fruit stored for 4 weeks at 5 °C and 90% RH plus one week at 20 °C and 60-65% Rh in simulated marketing conditions. Means in columns followed by the same letters are not different at  $P < 0,05$  according to Duncan's multiple range test.

Trattamenti	Marciumi (%)		
	Mandarino Page	Limone Verna	Arancio Salustiana
Controllo	25 a	18 a	32 a
AZX 600 mg/l	10 b	9 b	10 b
FDL 600 mg/l	6 b	4 b	9 b
AZX 300 mg/l+ FDL 300 mg/l	5 b	6 b	8 b
TBZ 600 mg/l	8 b	2 b	13 b

Tab. 5 - Incidenza dei marciumi in frutti di limone 'Verna' inoculati con un ceppo di *P. digitatum* resistente (TBZr) o sensibile (TBZs) a thiabendazole e sottoposti dopo un periodo di incubazione di 24 ore a 20 °C e 90-95% UR ad un trattamento per immersione (30 s) in acqua o in soluzioni/sospensioni a 20 °C o a 52 °C di thiabendazole (TBZ), fludioxonil (FDL) e bicarbonato di sodio (BCS), sia da soli sia combinati. Per la presenza di marciumi i frutti sono stati controllati dopo 1 settimana di conservazione a 20 °C e 90-95% UR. I valori in colonna seguiti da lettere uguali non sono significativamente differenti per  $P < 0.05$  secondo il test di Duncan.

Tab. 5 - Decay incidence in 'Verna' lemons inoculated 24 hours before treatments with an isolate of *P. digitatum* resistant (TBZr) or sensible (TBZs) to thiabendazole and subjected to a 30-s-dip treatment in a suspension at 20 °C or 52 °C containing thiabendazole (TBZ), fludioxonil (FDL) or sodium bicarbonate, either alone or in combination. Fruit were checked for decay after 7 days of storage at 20 °C and 90-95% RH. <sup>1</sup> Means in columns followed by the same letters are not different at  $P < 0.05$  according to Duncan's multiple range test.

Trattamenti	Marciumi (%)			
	Immersione a 20 °C per 30 s		Immersione a 52 °C per 30 s	
	TBZr	TBZs	TBZr	TBZs
Controllo	100 a	100 a	78 a	72 a
FDL 100	11 c	13 b	1 d	0 c
TBZ 100	87 b	16 b	72 ab	0 c
FDL 50 + TBZ 50	15c	18 b	4 d	0 c
BCS 1%	98 a	94 a	63 b	60 b
FDL 100 + BCS 1%	14 c	12 b	0 d	2 c
TBZ 100 + BCS 1%	80 b	15 b	48 c	1 c
FDL 50 + TBZ 50 + BCS 1%	18 c	20 b	8 d	0 c

Tab. 6 - Incidenza dei marciumi in frutti di limone 'Verna' trattati per immersione (30 s) in acqua o in soluzioni/sospensioni di fungicidi a 20 °C o 52 °C. La presenza di marciumi è stata rilevata dopo 4 settimane di conservazione a 5 °C e 90% UR più una settimana in condizioni simulate di mercato a 20 °C e 60-65% UR. I valori in colonna seguiti da lettere uguali non sono significativamente differenti per  $P < 0.05$  secondo il test di Duncan.

Tab. 6 - Decay incidence in 'Verna' lemons dipped for 30 s in water or in fungicidal solutions/suspensions at 20 or 52 °C for 30 s and stored for 4 weeks at 5 °C and 90% RH plus one week at 20 °C and 60-65% RH in simulated marketing conditions. Means in columns followed by the same letters are not different at  $P < 0.05$  according to Duncan's multiple range test.

Trattamenti	Marciumi (%)	
	Immersione a 20 °C per 30 s	Immersione a 52 °C per 30 s
	Controllo	35 a
FDL 600	7 b	2 b
TBZ 600	8 b	5 b
FDL 300 + TBZ 300	9 b	3 b
BCS 1%	38 a	16 a
FDL 600 + BCS 1%	9 b	3 b
TBZ 600 + BCS 1%	6 b	2 b
FDL 300 + TBZ 300 + BCS 1%	10 b	2 b

1, 2, 3, 5) di tutti i fungicidi utilizzati singolarmente o in combinazione tra di loro riportata in altri lavori (Kanetis *et al.*, 2007; Schirra *et al.*, 2005) e indicato che non sempre esiste una chiara relazione tra durata del trattamento e controllo dei patogeni. Al contrario, l'attività di BCS e del trattamento per immersione in acqua a 52 °C sembra essere più fortemente condizionata dalla durata del trattamento. Infatti, BCS, diversamente da quanto riportato da Schirra *et al.* (2008), non ha mostrato alcuna attività a 20 °C, mentre ha ridotto solo leggermente le perdite per marciumi quando impiegato a 52 °C. Analogamente, l'immersione dei frutti in acqua a 52 °C per soli 30 s ha contrastato solo debolmente lo sviluppo dei patogeni e non ha evidenziato il marcato effetto fungicida/fungistatico osservato in prove con tempi di immersione più prolungati (Palou *et al.*, 2008). Anche se, contrariamente a quanto riportato in letteratura (Schirra *et al.*, 2012), BCS non ha migliorato l'attività dei fungicidi con cui è stato miscelato, in combinazione con TBZ a 52 °C ne ha in parte ripristinato l'attività nei confronti del ceppo di *P. digitatum* resistente (TBZr). Questi risultati in parte concordano con quanto riportato in precedenza da Schirra *et al.* (2008). Diversamente non è stato osservato alcun miglioramento dell'attività di TBZ in soluzione riscaldata nei confronti del ceppo di *P. digitatum* resistente (TBZr).

In conclusione possiamo affermare che FDL, AZX e CYP mantengono una elevata efficacia anche per un periodo di immersione di soli 30 s e che tale attività può essere ulteriormente migliorata se vengono utilizzati in soluzioni riscaldate.

## Riassunto

Con l'obiettivo di ridurre i tempi di contatto dei frutti con la soluzione fungicida, l'efficacia di azoxystrobin, fludioxonil, cyprodinil e del bicarbonato di sodio contro gli agenti dei marciumi degli agrumi è stata confrontata con quella di imazalil e thiabendazole. I risultati ottenuti confermano l'elevata attività dei principi attivi anche riducendo la durata del trattamento a soli 30 s. Diversamente la durata di immersione dei frutti di 30 s in acqua a 52 °C ha ridotto solo parzialmente le perdite per marciumi. Il bicarbonato di sodio non ha evidenziato alcuna attività a 20 °C ed ha leggermente ridotto le perdite per marciumi a 52 °C, ma ha riattivato parzialmente l'attività di thiabendazole verso un ceppo resistente di *Penicillium digitatum* a 52 °C.

**Parole chiave:** agrumi, marciumi, penicilli, trattamenti per immersione.

## Bibliografia

- ADASKAVEG J. E., FORSTER H., 2010. *New developments in postharvest fungicide registrations for edible horticultural crops and use strategies in the United States*. In: Prusky D., Gullino M. L. eds., *Postharvest Pathology*, Springer: New York: 107-116.
- D'AQUINO S., SCHIRRA M., PALMA A., ANGIONI A., CABRAS P., MIGHELI Q., 2006. *Residue levels and effectiveness of pyrimethanil versus imazalil when using heated postharvest dip treatments for control of Penicillium decay on citrus fruit*. *J. Agr. Food Chem.* 54: 4721-4726.
- KANETIS L., FORSTER H., ADASKAVEG J.E., 2007. *Comparative efficacy of the new postharvest fungicides azoxystrobin, fludioxonil, and pyrimethanil for managing citrus green molds*. *Plant Dis.*, 91: 1502-1511.
- PALOU L., SMILANICK J.L., DROBY S., 2008. *Alternatives to conventional fungicides for the control of citrus postharvest green and blue moulds*. *Stewart Postharvest Review*. 2: 1-16.
- SCHIRRA M., CABRAS P., ANGIONI A., BRANDOLINI V., 2002. *Residue levels and storage decay control in 'Star Ruby' grapefruit after dip treatments with azoxystrobin*. *J. Agr. Food Chem.*, 50: 1461-1465.
- SCHIRRA M., D'AQUINO S., CABRAS P., ANGIONI A., 2011. *Control of Postharvest Diseases of Fruit by Heat and Fungicides: Efficacy, Residue Levels, and Residue Persistence. A Review*. *J. Agr. Food Chem.*, 59: 8531-8542.
- SCHIRRA M., D'AQUINO S., PALMA A., ANGIONI a., CABRAS P., 2008. *Factors Affecting the Synergy of Thiabendazole, Sodium Bicarbonate, and Heat To Control Postharvest Green Mold of Citrus Fruit*. *J. Agr. Food Chem.* 56 (22): 10793-10798.
- SCHIRRA M., D'AQUINO S., PALMA A., MARCEDDU S., ANGIONI A., CABRAS P., SCHERM B., MIGHELI Q., 2005. *Residue level, persistence, and storage performance of citrus fruit treated with fludioxonil*. *J. Agr. Food Chem.*, 53: 6718-6724.

## Indirizzi costruttivi delle linee per l'attenuazione delle sollecitazioni meccaniche degli agrumi nel postraccolta

Emanuele Cerruto e Giuseppe Manetto\*

Dipartimento di Gestione dei Sistemi Agroalimentari e Ambientali, Sezione di Meccanica, Università di Catania

### Building guidelines for packing-lines to reduce mechanical damage of citrus during postharvest operations

**Abstract.** The present paper reports the results of a study on the potentiality of some machinery, used in citrus packing-lines and devised with different technology, to damage fruit. Damage potentiality was expressed in terms of features of the mechanical impacts suffered by fruits during the packing process: peak acceleration, mean acceleration and average number of impacts. These quantities were measured by using an IS100 instrumented sphere, a device specifically designed to be introduced in packing lines together with the fruits and capable of recording all the impacts. The results showed that the new machines introduced for line feeding, fruit discharge in bins, fruit release from the conveyor belts of the optical sizing-machines, and fruit transfer between orthogonal conveyor belts, have greatly reduced the mechanical stress of the fruits with respect to the conventional ones. In fact, considering only these four machines, the average acceleration of the impacts decreased by 24% (from 31.2 to 23.6 g) and their maximum acceleration by 65% (from 270 to 94 g), but the number of impacts per replicate increased by 14% (from 6.3 to 7.2), mainly due to the filling of the bins.

**Key words:** mechanical damages, IS100 Instrumented Sphere, impacts, packing lines.

### Introduzione

La forte concorrenza rende indispensabile presentare sul mercato arance con caratteristiche esteriori e qualitative quanto più possibile rispondenti agli elevati standard nutrizionali, igienico-sanitari ed organolettico-sensoriali ricercati dai consumatori. I mezzi necessari al raggiungimento di tali scopi risiedono nelle linee di condizionamento che, però, infliggono

ai frutti che vi transitano una serie di sollecitazioni meccaniche che, in alcuni casi, possono portare ad un'alterazione delle loro caratteristiche esteriori e/o igieniche (Bielza *et al.*, 2003). Inoltre, risultati di precedenti ricerche (Blandini *et al.*, 2002) indicano che gli urti ripetuti in una stessa zona dell'epicarpo, anche se di modesta intensità, sono una delle principali cause di danneggiamento meccanico delle arance, per cui è di fondamentale importanza cercare di ridurre sia il numero che l'intensità. Numerosi studi in merito (Ragni *et al.*, 1998; Blandini *et al.*, 2005; Di Renzo *et al.*, 2009), hanno individuato nelle connessioni tra le macchine, nell'alimentazione della linea e nel confezionamento con retinatrici o in cassetta, le fasi più critiche.

Considerata la rilevanza della problematica, e tenuto conto che le arance tendono a non manifestare subito il danno, costruttori e gruppi di ricerca continuano ad applicarsi per individuare soluzioni tecniche che, magari introducendo piccoli accorgimenti in corrispondenza di scivoli e raccordi tra macchine successive o, se del caso, modificando le macchine più sollecitanti, siano in grado di ridurre il rischio di danneggiamento dei frutti (García-Ramos *et al.*, 2003).

Con il presente lavoro, utilizzando una sfera sensorizzata IS100, si è voluto verificare l'efficacia di alcune macchine presenti in una moderna linea per il condizionamento di agrumi ai fini della riduzione delle sollecitazioni trasmesse ai frutti.

### Materiali e metodi

L'attività sperimentale è stata svolta presso uno stabilimento per il confezionamento di arance con installate due linee di lavorazione. La prima, di tipo convenzionale e di più vecchia installazione, opera sulle arance provenienti direttamente dai campi in cassette palettizzate di circa 20 kg e viene utilizzata per effettuare una prima selezione e calibrazione dei frutti. È costituita da un depalettizzatore automatico, un ribaltatore di tipo tradizionale (fig. 1), un banco di preselezione, una precalibratrice, una macchina per il

\* gmanetto@unict.it

lavaggio con spazzole, una per il lavaggio per immersione in acqua, una preasciugatrice, un tunnel di asciugatura ad aria calda, un banco di selezione e una calibratrice ottica. La calibratrice separa i frutti nelle previste categorie commerciali, smistandoli tra le diverse uscite ove idonei dispositivi, atti a limitare l'altezza di caduta e di norma adottati in linee per il confezionamento di prodotti più delicati quali le mele, provvedono al riempimento di bin di circa 200 kg (fig. 2). Lo scarico della calibratrice è stato pure oggetto di attenzione, poiché è stata modificata la modalità di rilascio dei frutti, tendente a un loro accompagnamento piuttosto che a una proiezione.

Le arance così calibrate vengono conservate in attesa del confezionamento finale, effettuato con la seconda linea immediatamente prima della loro spedizione. Siffatta organizzazione con due linee, riscontrata anche in altri stabilimenti, è stata adottata per disporre in magazzino di prodotto prelavato, così da

poter rispondere con maggiore flessibilità e tempestività alle richieste di fornitura da parte dei partner commerciali.

La seconda linea, per rispondere alle finalità aziendali, è costituita da un ribaltatore di bin appositamente progettato per limitare traumi ai frutti (fig. 3), un banco di selezione, una ceratrice, un tunnel di asciugatura ad aria calda e una seconda calibratrice ottica che serve le postazioni di confezionamento, realizzato automaticamente con retinatrici o manualmente in scatole o cassette presso appositi banchi. In questa linea si segnala la presenza di un ripartitore a bandelle (fig. 4), che distribuisce i frutti lungo tutta la larghezza di un sottostante nastro trasportatore ad esso trasversale.

Lo studio di entrambe le linee è stato effettuato tramite la sfera sensorizzata IS100, uno pseudo-frutto elettronico progettato per affrontare gli stessi trattamenti cui sono soggetti i frutti, ma in grado di memorizzare gli urti al di sopra di una soglia prefissata dal-



Fig. 1 - Il tradizionale sistema di ribaltamento delle cassette.  
Fig. 1 - The conventional line feeder system.



Fig. 2 - Il ribaltatore di bin di recente introduzione nelle linee per agrumi siciliane.  
Fig. 2 - The new line feeder system installed in Sicilian citrus packing lines.



Fig. 3 - Il sistema di riempimento dei bin per limitare le altezze di caduta dei frutti.  
Fig. 3 - The bin filling system to limit the drop height of the fruits.

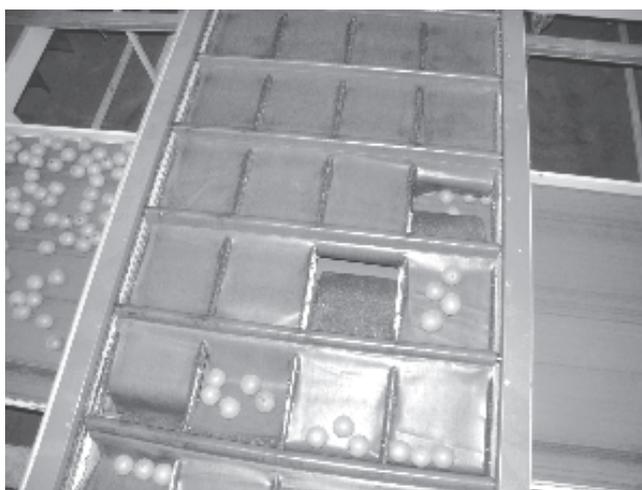


Fig. 4 - Il sistema a bandelle per la connessione di nastri trasportatori trasversali.  
Fig. 4 - The strip system to connect transversal conveyor belts.

l'utente, registrando in una memoria interna le accelerazioni ad essi conseguenti. Come soglia di registrazione degli urti è stato impostato il valore di 10 g ( $1 \text{ g} = 9,81 \text{ m/s}^2$ ), sufficiente affinché la sfera completasse il percorso senza da un lato saturare la memoria e dall'altro tralasciare urti potenzialmente pericolosi.

## Risultati e discussione

L'analisi dei dati riguardanti le macchine tradizionali presenti nelle due linee ha confermato che il livello di sollecitazione è sostanzialmente equivalente a quello misurato in precedenti attività di ricerca su altre linee di lavorazione (Blandini *et al.*, 2002; 2005). I modesti scarti sono imputabili allo stato del materiale di imbottitura, alla sua modalità di applicazione, alle piccole differenze di quota tra macchine consecutive, alle diverse modalità di connessione delle macchine, legate soprattutto alla disposizione in pianta della linea in funzione degli spazi disponibili. Di contro, si segnala una considerevole riduzione dell'entità delle sollecitazioni per tutte quelle fasi realizzate con macchine di recente introduzione e, in un certo senso, "innovative" per le linee di condizionamento degli agrumi (fig. 5).

Il ribaltatore di bin, grazie al sistema di nastri, che li chiude superiormente al momento del rovesciamento, e al sistema di movimentazione, che realizza uno scarico progressivo dei frutti, ha fatto registrare una

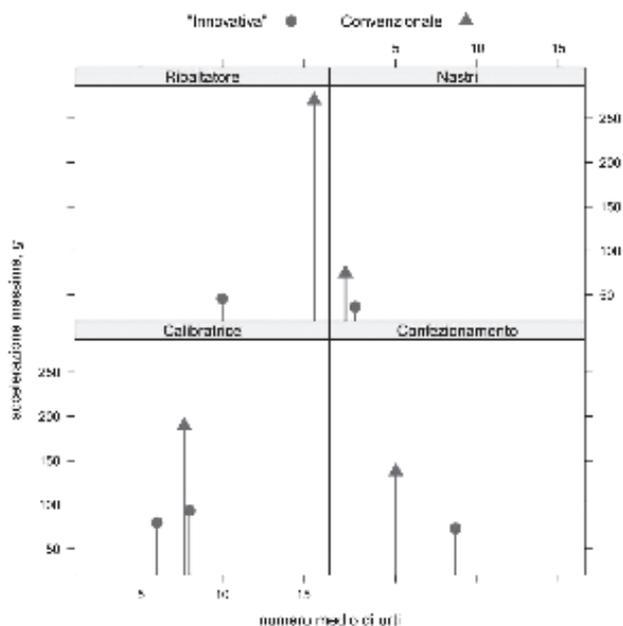


Fig. 5 - Confronto fra i sistemi convenzionali e "innovativi" in termini di accelerazione massima e numero medio di urti.

Fig. 5 - Comparison between conventional and "innovative" systems in terms of maximum acceleration and average number of impacts.

riduzione dell'accelerazione massima pari all'83% (da 270,4 a 46,1 g). A ciò contribuisce sia il ribaltamento su un nastro trasportatore invece che su scivoli in metallo, sia la presenza di un rullo in setole disposto trasversalmente, che rallenta la velocità di caduta dei frutti. Il numero di impatti per ripetizione si è pure ridotto, passando da 15,7 a 10,0 (-36%), grazie al rapido allontanamento dei frutti scaricati ad opera del nastro trasportatore, che così non vengono urtati da quelli in arrivo.

Anche per la fase di riempimento dei bin si è registrato un abbattimento considerevole delle sollecitazioni rispetto al confezionamento tradizionale in cassette da 20 kg (fig. 5). L'accelerazione massima, infatti, è passata da 137,6 a 73,3 g (-47%), quella media da 39,9 a 19,0 g (-52%). La riduzione è da attribuire alla macchina installata, che opera in modo da minimizzare l'intensità degli urti. Essa, infatti, è costituita da un piccolo elevatore a tazze che mantiene costante e limitato il salto che i frutti devono superare all'uscita del nastro trasportatore da cui provengono, e che scarica i frutti su un sistema di bandelle rotanti, che li rallenta e li distribuisce per tutta la larghezza del bin, evitando la formazione di cumuli e riducendo gli urti dovuti agli altri frutti che sopraggiungono. Tutto il sistema è dotato di moto di traslazione verticale, regolato in funzione del grado di riempimento del bin.

Analoghe riduzioni delle accelerazioni (-51%), sono state registrate in corrispondenza dello scarico dei frutti ad opera delle calibratrici ottiche (fig. 5). Nonostante notevole influenza abbia il sistema di raccordo tra il piano della catenaria e quello del nastro trasportatore sottostante, si ritiene che alla riduzione abbia significativamente contribuito la modalità di scarico dei frutti in corrispondenza dell'uscita programmata. Infatti, le due calibratrici presenti nel magazzino, nonostante siano realizzate da due differenti costruttori, hanno entrambe una catenaria di trasporto con carrelli, che operano lo scarico di frutti mediante rotazione laterale e provocano urti di intensità comparabile in termini di accelerazione massima e media (80 vs 94 g e 30 vs 31 g, rispettivamente). Diversamente accade con altre calibratrici con la catenaria costituita da rulli e dove lo scarico avviene attraverso un cavaliere che espelle i frutti proiettandoli lateralmente e verso l'alto, con urti che raggiungono valori di accelerazione massima pari a 190 g.

Infine, appare funzionale alla riduzione degli urti il nastro a bandelle come sistema per ripartire delicatamente i frutti su corsie parallele. Il suo confronto con analoghi sistemi di connessione in cui i frutti compiono cadute libere e urtano contro le paratie laterali che

delimitano i nastri di arrivo, mostra una riduzione dell'accelerazione massima del 51% (da 74,7 a 36,8 g).

## Conclusioni

Lo studio effettuato, seppur suscettibile di integrazioni derivanti da ulteriori rilievi sperimentali, ha dimostrato la validità delle soluzioni proposte ai fini della riduzione degli stress meccanici cui vanno incontro le arance durante il processo di condizionamento in linea. Mediamente, le quattro operazioni esaminate hanno evidenziato, rispetto ai sistemi convenzionali, una riduzione dell'accelerazione massima del 65% (da 270,4 a 93,5 g) e dell'accelerazione media del 24% (da 31,2 a 23,6 g). È però aumentato il numero medio di urti per ripetizione, passato da 6,3 a 7,2, principalmente ad opera del sistema di riempimento dei bin: la macchina introdotta privilegia la riduzione del livello di accelerazione (-47% sull'accelerazione massima e -52% sulla media), ma aumenta il numero di urti per la complessità del sistema di movimentazione. Complessivamente si può affermare che la problematica è quanto mai attuale e si deve auspicare un continuo interesse da parte dei ricercatori e dei costruttori per trovare sempre nuove e più efficienti realizzazioni.

## Riassunto

Nel presente lavoro si analizzano, in termini di sollecitazioni meccaniche subite dai frutti, alcune delle fasi di lavorazione previste nelle linee di condizionamento delle arance, eseguite con macchine di

diversa concezione. Il confronto è stato effettuato in termini di accelerazione massima, accelerazione media e numero medio di urti che si verificano in ogni passaggio, misurati attraverso una sfera sensorizzata IS100. È stato riscontrato che le nuove macchine per l'alimentazione della linea, lo scarico dei frutti nei bin, il rilascio dei frutti dai nastri della calibratrice, hanno consentito di abbattere sensibilmente il livello di sollecitazione durante il condizionamento.

**Parole chiave:** danni meccanici, IS100, urti, linee di lavorazione.

## Bibliografia

- BIELZA C., BARREIRO P., RODRÍGUEZ-GALIANO M.I., MARTÍN J., 2003. *Logistic Regression for Simulating Damage Occurrence on a Fruit Grading Line*. Computers and Electronics in Agriculture, 39: 95-113.
- BLANDINI G., CERRUTO E., MANETTO G., 2002. *Indagine sul danneggiamento meccanico delle arance nelle linee di lavorazione*. Riv. di Ing. Agr., 2: 1-12.
- BLANDINI G., CARUSO L., CERRUTO E., MANETTO G., ROMANO E., 2005. *Il danneggiamento delle arance nel post-raccolta: l'effetto degli urti*. Atti su CD-ROM dell'VIII Convegno Nazionale di Ingegneria Agraria, Catania, 27-30 giugno.
- DI RENZO G.C., ALTIERI G., GENOVESE F., D'ANTONIO C., 2009. *A Method to Set-up Calibration Curve for Instrumented Sphere IS100 to Control Mechanical Damage during Post-harvest and Handling of Oranges*. J. of Ag. Eng.-Riv. di Ing. Agr., 4: 9-17.
- GARCÍA-RAMOS F.J., ORTIZ-CAÑAVATE J., RUIZ-ALTISENT M., 2003. *Decelerator Elements for Ramp Transfer Points in Fruit Packing Lines*. Journal of Food Engineering, 59: 331-337.
- RAGNI L., COLORIO G., VASSALLINI G., 1998. *Risposta dinamica di uno strumento per la misura degli impatti subiti dai frutti nelle linee di lavorazione post raccolta*. Riv. Ing. Agr., 1: 16-25.

## Test reometrici innovativi e sensoriali per una valutazione non distruttiva della consistenza delle arance

Federico Pallottino<sup>1\*</sup>, Mauro Moresi<sup>2</sup>, Carmela Maria Lanza<sup>3</sup>, Maria Concetta Strano<sup>4</sup> e Paolo Menesatti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura - ING, Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria, Monterotondo Scalo (RM)

<sup>2</sup>Dipartimento per l'innovazione nei sistemi biologici, agroalimentari e forestali, Università della Tuscia

<sup>3</sup>Dipartimento Orto-Floro-Arbicoltura E Tecnologie Agro-Alimentari, Università di Catania

<sup>4</sup>Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura - ACM, Centro di Ricerca per l'Agrumicoltura e le Colture Mediterranee, Acireale (CT)

### Innovative rheometrical e sensorial tests for a non-destructive evaluation of orange fruit firmness

**Abstract.** This work dealt with the assessment of the rheometrical (elastic tension  $T_5$  at 5% of the fruit initial diameter), chemico-physical (total solid content, titratable acidity, Magness-Taylor firmness, rind and juice colorimetric analyses and rind thickness), and sensory properties of 'Tarocco' blood oranges, on the base of preliminary trials carried out during the harvesting campaigns 2008-2009 and 2009-2010. The aim of this work was to identify an appropriate rapid, non-destructive test to be implemented on-line for the selection of citrus fruit stocks. It was recommended an operating tool to grade on-line orange fruits with a resistance per unit diameter ( $T_5$ ) ranging from 220 to 420 N m<sup>-1</sup>, this range being confirmed by expert panelists.

**Key words:** 'Tarocco' orange fruit, firmness, Magness-Taylor test, rheometry, panel test.

### Introduzione

I mercati esteri dove le arance rosse italiane rappresentano una remunerativa nicchia di mercato richiedono arance selezionate di alta consistenza (USDA, 2003). Nel tempo differenti tecniche, non basate sulla reometria, si sono rilevate di scarsa efficacia (Menesatti *et al.*, 2009; Pallottino *et al.*, 2011; Shmulevich *et al.*, 2003).

Ad oggi sono stati commercializzati solamente due sistemi ad impatto per la valutazione in continuo della consistenza di numerosi frutti (i.e., *Intelligent*

*Firmness Detector*, iFD, Greefa, Trich, NL; *Sinclair Internal Quality-Firmness Tester*, SIQFT, *Sinclair Systems International*, Fresno, CA, USA). La loro applicazione nel campo agrumicolo è tuttora ancora sconosciuta.

Lo scopo del presente lavoro è stato quello di identificare un sistema rapido e non distruttivo, da implementare sulle linee di confezionamento in continuo, per la selezione di arance rosse della varietà 'Tarocco' in base alla loro consistenza. Tali sistemi di selezione creerebbero la possibilità di attuare più efficaci strategie di marketing, indirizzando il prodotto, selezionato in classi commerciali differenti, verso specifici mercati.

### Materiali e metodi

Per le prove sono stati usati circa 150 kg di arance 'Tarocco Arcimusa' (400 frutti), forniti dall'azienda sperimentale Palazzelli (Lentini, SR) del CRA-ACM (Centro di Ricerca per l'Agrumicoltura e le Colture Mediterranee) di Acireale (CT) e raccolti durante la campagna agrumicola 2009-2010. Per le prove reometriche si è usato il dinamometro Zwick 1.0 Universal Testing Machine (Zwick/Roell Testing System, Kennesaw, GA, USA), equipaggiato con un piatto di compressione graduato o con un puntale a punta tonda da ~ 1 cm<sup>2</sup> e telecamere (connesse ad un PC) posizionate in corrispondenza degli assi x, y e z come indicato in figura 1. Durante la campagna di raccolta 2008-2009 sono stati svolti alcuni test preliminari (Pallottino *et al.*, 2009, 2010, 2011) per l'acquisizione delle curve forza-deformazione relative a compressioni monoassiali sia non-distruttive che distruttive; per la determinazione delle effettive superfici di contatto piatto-campione mediante analisi d'immagine, nonché per l'esecuzione di test penetro-

\* fedepall@yahoo.it

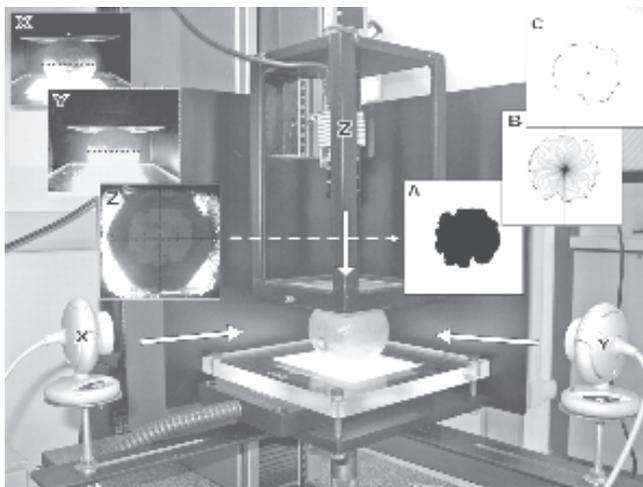


Fig. 1 - Apparato sperimentale equipaggiato con un piatto in Plexiglass® fisso (inferiore) ed uno mobile (superiore) e tre web-cam posizionate lungo gli assi x, y, z per l'acquisizione delle immagini proiettate X, Y e Z dei frutti testati successivamente binarizzate (A), digitalizzate (B) ed infine sottoposte all'analisi ellittica di Fourier (C).

Fig. 1 - Experimental apparatus equipped with fixed (lower) and moving (upper) Plexiglass® plates and three web cams, positioned along the axis lines x, y and z so as to collect the projection images X, Y and Z of the fruit under testing, sequentially binarized (A), digitized (B) and finally submitted to Elliptic Fourier Analysis (C).

metrici standard distruttivi del tipo Magness-Taylor (Menesatti *et al.*, 2009). Utilizzando la *thin-shell theory* proposta da Carin *et al.* (2003), è stato possibile ritenere la cosiddetta tensione elastica, ossia la forza per unità di diametro del frutto ( $T_5 = F_{z5}/D_{z0}$ ) necessaria per comprimere il frutto di una quantità pari al 5% del diametro iniziale lungo l'asse z ( $D_{z0}$ ), un parametro atto a quantificare in maniera non distruttiva la consistenza (*firmness*) del frutto stesso e quindi pilotare una linea di confezionamento operante in continuo.

In base ai valori puntuali di questo parametro, si è suddiviso lo stock di arance in tre classi di diversa *firmness*, ognuna costituita da un insieme di 65 frutti, denominate: HF (alta), MF (media), LF (bassa). I frutti dello stock iniziali, considerati troppo duri o troppo morbidi, sono stati eliminati.

Ogni classe è stata poi ulteriormente divisa in due sottoclassi. La prima era composta da 40 campioni, ciascuno dei quali è stato sottoposto al test di Magness-Taylor, per poi determinare lo spessore della buccia e le coordinate CIE  $L^*a^*b^*$  caratteristiche sia della buccia che della polpa del frutto mediante lo spettrocolorimetro X-rite SP64 ed infine analizzare il succo di spremitura per misurarne l'acidità titolabile ed il tenore di solidi solubili.

La seconda sottoclasse era composta da 25 campioni, ciascuno dei quali è stato saggiato tramite panel

test presso il laboratorio DOFATA dell'Università di Catania. Si sono, a tal fine, reclutati 12 giudici addestrati per valutare, in una scala da 1 a 9, i seguenti attributi sensoriali: forma, difetti di forma, compattezza, facilità di distacco dell'epicarpo, facilità di separazione degli spicchi, odore tipico di arancia, off-odour, succosità, dolce, acido, amaro, flavour tipico di arancia, off-flavour. La significatività statistica delle risposte sensoriali è stata valutata tramite analisi della varianza (ANOVA).

## Risultati e discussione

I 400 frutti sono stati compressi in maniera non distruttiva fino al 5% del diametro iniziale, misurando la relativa forza di compressione  $F_5$ . In base alla distribuzione della tensione elastica ( $T_5$ ), si sono individuate tre classi di *firmness* con gli intervalli di variazione di  $T_5$ : 390-420  $Nm^{-1}$  per la classe HF; 300-320  $Nm^{-1}$  per la classe MF; 220-240  $Nm^{-1}$  per la classe LF.

Per tutti i campioni saggiati, le variazioni delle coordinate CIE  $L^*a^*b^*$  della buccia ( $L^*=62\pm 2$ ;  $a^*=38\pm 2$ ;  $b^*=59\pm 3$ ), come pure lo spessore medio della buccia ( $1,8\pm 0,5$  mm) in quattro punti contrapposti, una volta tagliata l'arancia lungo il piano equatoriale, sono risultate statisticamente non significative al livello di confidenza del 99%.

I campioni sottoposti al test di Magness-Taylor (MT) presentavano una forza di compressione a rottura compresa fra 40 e 123 N, consentendo la discriminazione dei frutti della classe HF (MT=73±16 N) da quelli appartenenti alla classi MF (MT=59±9 N) ed LF (MT=49±6 N). Analogamente, tramite le coordinate CIE  $L^*a^*b^*$  della polpa dei frutti è stato possibile distinguere i campioni della classe HF ( $L^*=37\pm 3$ ;  $a^*=13\pm 2$ ;  $b^*=10\pm 4$ ) da quelli delle classi MF ed LF ( $L^*=42\pm 3$ ;  $a^*=12\pm 2$ ;  $b^*=14\pm 5$ ).

Al contrario, qualunque fosse la classe di appartenenza dei frutti saggiati, non si sono riscontrate differenze statisticamente significative nel tenore di solidi solubili totali (TSS=11,7±0,5 °Brix) e nell'acidità titolabile (TA=1,38±0,04 % w/v di acido citrico) del succo di spremitura.

Similmente, i panelisti addestrati non hanno rilevato alcuna differenza significativa tra gli attributi sensoriali dei frutti appartenenti alle tre classi di *firmness* in esame: forma (7±2), difetti di forma (3±2), odore tipico di arancia (7±2), off-odour (2±1), succosità (7±2), acidità (4±2), dolcezza (5±2), amarezza (2±1), sapore tipico di arancia(6±2), off-flavour (2±2). Per contro, hanno notato, da un lato, la maggiore compattezza (7±2) e, dall'altro, la minore facilità di distacco

sia dell'epicarpo ( $4\pm 2$ ) che di separazione dei segmenti ( $4\pm 2$ ) dei frutti appartenenti alla classe HF, mentre non sono stati in grado di differenziare i campioni delle classi MF e LF in relazione agli stessi attributi ( $5\pm 2$ ;  $6\pm 2$ ;  $5\pm 2$ ).

È risultato pertanto impossibile per i panelisti distinguere le arance rosse 'Tarocco' nell'intervallo di variazione di MT compreso fra 40 e 86 N o di  $T_5$  compreso fra 220 e 320 N  $m^{-1}$ .

## Conclusioni

I test preliminari hanno mostrato che le arance 'Tarocco Arcimusa' testate si comportano come un solido viscoelastico lineare per compressioni fino al 12% del diametro iniziale (Pallottino *et al.*, 2010) e come i due sistemi basati sull'analisi di immagine ideati e testati per la valutazione della effettiva superficie di compressione (Pallottino *et al.*, 2011) siano più efficaci della procedura descritta nel metodo standard ASABE (2008). Si è anche rilevato che queste procedure non possano essere utilizzate per una valutazione rapida, e dunque per la selezione on-line del prodotto, ma risultino più idonee per supportare l'attività di selezione e di caratterizzazione di nuove cultivar. Applicando la *Thin-Shell theory* (Carin *et al.*, 2003) è possibile caratterizzare la firmness delle arance, misurando la resistenza opposta dal frutto per unità di diametro ( $T_5 = F_{z5}/D_{z0}$ ) ad una compressione uniassiale pari al 5% del diametro iniziale del frutto. Si è infatti verificato che la compressione anzidetta comporta limitate contrazioni nella massa ( $0,04\pm 0,03\%$ ) e nel volume ( $2 \pm 1\%$ ) dei campioni, lasciandoli praticamente indeformati e dunque convalidando ulteriormente il test. Tale parametro pertanto può essere considerato eleggibile per essere implementato ed utilizzato a fini industriali in modo efficiente per la selezione on-line di partite di arance a diversa consistenza.

A questa procedura si può attribuire una certa valenza economica, soprattutto a supporto dell'esportazione delle arance rosse di Sicilia nei mercati che richiedono frutti *firm*, come USA e Giappone, evitando così il rigetto dei lotti con frutti troppo soffici.

## Riassunto

Questo lavoro ha affrontato la valutazione reometrica basata sulla Thin-Shell theory (tensione elastica  $T_5$  al 5% di compressione dell'altezza iniziale del frutto) e sulle proprietà chimico-fisiche (solidi solubili totali, acidità titolabile, consistenza a rottura secondo il Magness-Taylor test, colore della buccia e del succo e spessore dell'epicarpo) e sensoriali di arance 'Tarocco', sulla base di test preliminari svolti nelle campagne di raccolta 2008-2009 e 2009-2010. L'obiettivo del lavoro è stato l'identificazione di un test reometrico rapido e non distruttivo da implementare sulle linee di lavorazione per la selezione dei frutti in base alla consistenza e verificarne le differenze mediante panel test.

**Parole chiave:** 'Tarocco', consistenza, Magness-Taylor test, reometria, panel test.

## Bibliografia

- ASABE Standards (2008) *Standards Engineering Practices Data. Compression test of food materials of convex shape*. Am. Soc. Agr. Biol. Eng., 55th edn.: 671-678.
- CARIN M., BARTHÉS-BIESEL D., EDWARDS-LEVY F., POSTEL C., ANDREI D.C., 2003. *Compression of biocompatible liquid-filled HAS-Alginate capsules: determination of the membrane mechanical properties*. Biotechnol Bioeng, 82: 207-212.
- MENESATTI P., PALLOTTINO F., LANZA G., PAGLIA G., 2009. *Prediction of blood orange MT firmness by multivariate modelling of low alternative penetrometric data set: A preliminary study*. Postharvest Biol Technol, 51: 434-436.
- PALLOTTINO F., COSTA C., MENESATTI P., MORESI M., 2011. *Assessment of the mechanical properties of Tarocco orange fruit under parallel plate compression*. J. Food Eng., 103: 308-316.
- PALLOTTINO F., COSTA C., MENESATTI P., MORESI M., 2009. *Compression testing of orange fruit*. In Proc. 9<sup>th</sup> Int. Conf. Chemical and Process Engineering, Roma (Italy), 10-13 May, Chemical Engineering Transactions, 17: 885-890.
- PALLOTTINO F., MORESI M., GIORGI S., MENESATTI P., 2010. *Orange fruit rheometrical characterization using stress-relaxation tests*. In Proc. XVII<sup>th</sup> Cong. Int. Commission of Agricultural and Biosystem Engineering (CIGR), Québec City, Canada, 13-17 June, 256.
- SHMULEVICH I., GALILI N. & HOWARTH M.S., 2003. *Non destructive dynamic testing of apple for firmness evaluation*. Postharvest Biol. Techn., 29: 287-299.
- USDA, 2003. *Agricultural Marketing Service*. Available at: [www.ams.usda.gov/AMSV1.0/getfile?dDocName=STELPRDC5050384](http://www.ams.usda.gov/AMSV1.0/getfile?dDocName=STELPRDC5050384). Ultimo accesso 20/01/2012.