

**Antonio Piga<sup>(1)</sup> - Salvatore D'Aquino<sup>(1)</sup> - Mario Agabbio<sup>(2)</sup>**

*<sup>(1)</sup>Istituto per la fisiologia della maturazione e della conservazione del frutto delle specie arboree mediterranee,  
CNR - Sassari*

*<sup>(2)</sup>Dipartimento di scienze ambientali agrarie e di biotecnologie agro-alimentari, Università degli studi - Sassari*

# **EFFETTI DELL'APPLICAZIONE PER BREVE PERIODO DI UN'ATMOSFERA A BASSA CONCENTRAZIONE D'OSSIGENO SUI PARAMETRI QUALITATIVI DI FRUTTI DI TANGELO PAGE**

# EFFETTI DELL'APPLICAZIONE PER BREVE PERIODO DI UN'ATMOSFERA A BASSA CONCENTRAZIONE D'OSSIGENO SUI PARAMETRI QUALITATIVI DI FRUTTI DI TANGELO PAGE

Antonio Piga<sup>(1)</sup> - Salvatore D'Aquino<sup>(1)</sup> - Mario Agabbio<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Istituto per la fisiologia della maturazione e della conservazione del frutto delle specie arboree mediterranee, CNR - Sassari

<sup>(2)</sup>Dipartimento di scienze ambientali agrarie e di biotecnologie agro-alimentari, Università degli studi - Sassari

**Riassunto.** Frutti di tangelo Page [ibrido ottenuto dall'incrocio (*Citrus paradisi* Macf. x *C. reticulata*) x *C. reticulata*] sono stati esposti ad un'atmosfera contenente inizialmente il 99% di N<sub>2</sub> e l'1% di O<sub>2</sub> alla temperatura di 20 °C e trasferiti dopo 24 ore in condizioni di shelf-life (SL) a 20 °C e 70% di umidità relativa (U.R.) per 30 giorni, oppure a 4 °C e 95% di U.R. per periodi di 4 e 8 settimane a ciascuno dei quali seguiva una settimana di SL.

L'applicazione delle condizioni anaerobiche ha avuto degli effetti benefici sulla senescenza del frutto, rallentando sia il naturale peggioramento dell'aspetto esterno, sia il rammollimento rispetto ai frutti del controllo. I frutti trattati hanno fatto registrare un contenuto più alto in solidi solubili totali e in vitamina C. Tali risultati sono stati evidenti quasi esclusivamente nei frutti posti direttamente in SL. Il trattamento ha favorito l'accumulo di acetaldeide ed etanolo nel succo rispetto ai frutti non trattati. Si è registrato comunque un rapido declino della concentrazione dei due metaboliti già dopo 10 giorni di SL. Gli alti valori di concentrazione di etanolo nel succo raggiunti in alcuni casi non hanno comunque pregiudicato le caratteristiche organolettiche del prodotto. Infatti, i frutti all'assaggio non mostravano odori e sapori sgradevoli.

**Parole chiave:** acetaldeide, condizioni anaerobiche, deformazione, etanolo, Page.

SHORT-TERM LOW-OXYGEN EXPOSURE EFFECTS SHELF-LIFE OF PAGE TANGELO FRUIT

**Abstract.** A brief prestorage treatment of Page tangelo [(*Citrus paradisi* Macf. x *C. reticulata*) x *C. reticulata*] with a low-O<sub>2</sub> at-

mosphere was performed, in order to assess if anaerobic conditions could delay senescence of the fruit. Freshly harvested fruits were randomly selected for minimal blemishes and omogenous size and divided into two plots. Fruits to be treated were put in a 250-liter plastic container at 20 °C in which an atmosphere containing 99% N<sub>2</sub> + 1% O<sub>2</sub> was established within 1 hour by flushing water saturated N<sub>2</sub> from a cylinder at a flow rate of 5L/min and then sealing ermetically the container. Control fruits were placed in a container and flushed with water saturated air at the above cited conditions. After 24 hours from the beginning of the experiment containers were opened and fruit transferred immediately either at simulated shelf-life (SL) conditions at 20 °C and 70% of relative humidity (RH) for 30 days, or in cold storage at 4 °C and 95% RH for 4 or 8 weeks periods, each one followed by 1 week of SL. Fruits placed directly in SL were inspected at ten day intervals, while the cold stored fruits after each cold storage and subsequent SL periods. At each inspection the following parameters were monitored: weight loss and decay as percent, as well as firmness of the entire fruit, expressed as deformation in mm, by applying a 1 kg weight on the equatorial side of the fruit for 5 seconds. A visual test was assessed by five technicians, who were asked to rank the overall appearance of 60 undamaged fruit with a scale of 1 to 5 with 3 as the limit of saleability. The incidence of chilling injury symptoms (pitting) was also carried out. At each inspection time three replicates of 20 fruits taken at random were used for juice chemical analyses, which included pH, total soluble solid content (TSS) titratable acidity, vitamin C, ethanol and acetaldehyde content. Respiration rate and ethylene production were also monitored by TCD and FID gaschromatography. Prestorage anaerobic applications significantly reduced deformation of the fruit, probably due to a reduction of the enzymatic activity involved in the cell wall breakdown. Infact, cell turgor, the other important factor responsible for fruit firm-

ness, would not be involved in firmness differences, as water loss leading to a diminution in water pressure of cells was quite similar between exposed and not exposed fruits. Moreover, in citrus fruits weight loss is mainly localized in the epicarp, that assumes a leather like aspect being in this way more resistant to deformation forces, although in this experiment this aspect was not encountered. The low-O<sub>2</sub> treated tangelos also maintained a better external appearance than the control fruit. In particular, fruit that had been exposed to anaerobic conditions appeared more fresh, with the stem end greener and with a more shining epicarp than control fruits. The positive effects of the anaerobic treatment were recorded chiefly during the 30 days of

SL, while during the cold storage regimes the beneficial role of the exposition could have been overlapped by the low temperature. Accumulation of acetaldehyde and ethanol in the fruit juice was registered at the end of the 24h-treatment, the amount of ethanol being 100 times higher than that of acetaldehyde. However, both acetaldehyde and ethanol content declined quickly by 10 days of SL. The level of ethanol, although very high in some cases, did not impart any off-flavour to fruits, as detected by an informal panel test of five persons.

**Key words:** acetaldehyde, anaerobic conditions, deformation, ethanol, Page.

## 1. Introduzione

Il rallentamento della senescenza dei prodotti ortofrutticoli nel postraccolta è in generale efficacemente realizzabile mediante il ricorso alla refrigerazione, da sola o con l'ausilio delle atmosfere controllate (AC) (Hardenburg *et al.*, 1986). Le AC presuppongono lo stoccaggio dei frutti e degli ortaggi in celle frigorifere contenenti miscele gassose a bassa concentrazione di ossigeno (2-3%) ed elevata concentrazione complementare di CO<sub>2</sub> o N<sub>2</sub>. Vari metodi sono stati sviluppati per l'ottenimento di queste atmosfere, ma tutti esigono il mantenimento del prodotto nelle condizioni stabilite, dalla raccolta alla fine della conservazione. A livello commerciale l'AC è impiegata essenzialmente per la conservazione di mele e pere, sulle quali sono stati peraltro condotti numerosi studi (Chen *et al.*, 1985; Couey e Olsen, 1977; Ke *et al.*, 1990; Lau, 1983; Little *et al.*, 1982; Porritt e Metteriuik, 1977). La scarsa diffusione su larga scala di questa tecnologia su altre specie frutticole è dovuta sia agli alti costi di esercizio, che non giustificano i miglioramenti qualitativi, spesso di modesta entità, rispetto alla refrigerazione tradizionale, ma soprattutto per la mancanza di risultati commercialmente apprezzabili. Recentemente, sono stati condotti numerosi studi sull'esposizione per brevi periodi di frutta e ortaggi ad atmosfere con concentrazioni di O<sub>2</sub> < 1% e/o di CO<sub>2</sub> > 5% come metodo alternativo all'uso di fumiganti nel controllo degli insetti parassiti tipici del postraccolta (Aharoni *et al.*, 1979; Lidster *et al.*, 1984; Soderstrom *et al.*, 1990). Brevi pretrattamenti con atmosfere

contenenti oltre il 97% di N<sub>2</sub> o con aria arricchita di CO<sub>2</sub> a concentrazioni variabili dal 30 al 90% apportano effetti benefici in varie specie di prodotti ortofrutticoli, come la perdita di astringenza ed una diminuzione del rammollimento in frutti di diospiro (Pesis e Ben-Arie, 1984), e l'inibizione della maturazione nei pomodori (Kelly e Saltveit, 1988; Pesis e Marinasky, 1993). Relativamente agli agrumi, e in particolare in frutti di arancio e di pompelmo, l'esposizione per 20-40 ore in condizioni anaerobiche (alte concentrazioni di N<sub>2</sub> o di CO<sub>2</sub>) ha fatto diminuire l'acidità titolabile e ha incrementato il rapporto °Brix/acidità titolabile (Bruemmer e Roe, 1969). In frutti di arancio Valencia, di tangerino Topaz e di pummelo un trattamento di 24 ore con N<sub>2</sub> al 99% ha portato ad una drastica riduzione dei marciumi sia in condizioni di frigoconservazione, sia di shelf-life (SL), rispetto al controllo, ed ha aumentato la produzione di volatili come l'acetaldeide, l'etanolo e del monoterpene limonene (Pesis e Avissar, 1988). Nel presente lavoro è stata verificata l'influenza dell'esposizione in condizioni anaerobiche per 24 ore di frutti di tangelo Page sul mantenimento della consistenza, della freschezza e sui principali parametri chimici e fisiologici, nonché l'effetto sulla produzione di composti volatili del succo (acetaldeide, etanolo) e sull'incidenza dei marciumi sia in condizioni di frigoconservazione (periodi di 4 e 8 settimane più una settimana di SL), sia durante 30 giorni di SL a 20 °C. L'ibrido in questione, ottenuto per incrocio tra il tangelo Minneola e il clementine, è quindi da considerare un tangelo in quanto deriva per 3/4 da

mandarino e per 1/4 da pompelmo (Hodgson, 1967). Nei nostri ambienti matura durante il mese di gennaio. Presenta delle buone qualità, quali l'epicarpo sottile, un'alta percentuale in succo, ed un elevato rapporto solidi solubili totali/acidità titolabile (SST/AT), che gli conferisce delle ottime caratteristiche organolettiche, anche se è di pezzatura medio-piccola.

## 2. Materiali e metodi

Frutti di tangelo Page sono stati raccolti il 18 gennaio 1996 presso l'azienda sperimentale dell'Istituto sita in agro di Oristano. Entro 24 ore dalla raccolta si è operata una selezione dei frutti, scartando quelli che presentavano difetti, danni o disomogeneità di dimensione, e una divisione a caso in due gruppi, ciascuno dei quali veniva sistemato all'interno di contenitori di plexiglas a tenuta stagna del volume di 250 litri. In uno dei due contenitori veniva realizzata un'atmosfera contenente il 99% di N<sub>2</sub> e l'1% di O<sub>2</sub>, convogliando al suo interno l'azoto saturo di umidità ad un flusso di 5l/min mediante un tubo Tygon collegato ad una estremità ad una bombola contenente 100% di N<sub>2</sub> e all'altra ad un portagomma su uno dei lati del contenitore. Un'altra apertura serviva per l'uscita dell'aria presente nel contenitore precedentemente al trattamento. Quando la concentrazione dei gas all'interno del contenitore raggiungeva i valori desiderati, l'entrata e l'uscita venivano sigillati con silicone; si aveva inoltre cura di controllare attentamente la perfetta tenuta stagna di tutto l'apparato. L'esatta composizione atmosferica veniva

Tab. 1 - Concentrazione dei gas all'interno del contenitore contenente 1050 frutti di Page in seguito all'esposizione ad un'atmosfera costituita dal 99% di N<sub>2</sub> e l'1% di O<sub>2</sub> dopo 1 e 24 ore dalla chiusura. I dati sono la media di 10 misurazioni ± l'errore standard

Tab. 1 - Headspace concentration of gases in the container with 1050 Page fruits following exposition to an atmosphere containing 99% of N<sub>2</sub> and 1% of O<sub>2</sub> after 1 and 24 hours of sealing. Data are the mean of 10 measurements ± standard error

Tempo (ore)	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)	N <sub>2</sub> (%)
1	1,2 ± 0,20	1,07 ± 0,01	97,41 ± 0,19
24	5,59 ± 0,06	0,25 ± 0,03	93,96 ± 0,06

misurata prelevando dei campioni di gas, che venivano analizzati per gascromatografia, con siringhe a tenuta da aperture poste sulle pareti del contenitore, sigillate con tappi di gomma. Nell'altro contenitore, contenente i frutti di controllo, veniva fatta passare aria satura di umidità. Le operazioni sopraelencate venivano effettuate a 20 °C. Dopo 24 ore i contenitori venivano aperti (in tab. 1 sono riportati gli esatti valori di composizione dell'atmosfera dopo 1 e 24 ore dalla fine del trattamento) e i frutti (150 per periodo e per trattamento, suddivisi in tre repliche) posti direttamente in condizioni simulate di SL a 20 °C e 70% di umidità relativa (UR) per periodi di 10, 20 e 30 giorni o in condizioni di conservazione refrigerata a 4 °C e 95% di UR per periodi di 4 e 8 settimane, ad ognuno dei quali seguiva una settimana di SL.

Alla raccolta e al termine di ognuno dei periodi di conservazione e SL venivano determinati i principali parametri chimici dei frutti [pH, AT (in % di acido citrico), SST in °Brix e contenuto in vitamina C espresso in mg/100ml], e fisiologici (respirazione e produzione di etilene). Le analisi dei gas (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> e O<sub>2</sub>) sono state condotte per gascromatografia utilizzando detector a ionizzazione di fiamma e a termoconducibilità, come riportato in una precedente nota (Piga *et al.*, 1996). Veniva inoltre misurata la deformazione dei frutti interi (in mm) sotto un carico costante di 1 kg per 5 secondi, nonché il calo peso e l'incidenza dei marciumi, entrambi in percentuale.

Alla fine del trattamento e dei succitati periodi venivano determinate le concentrazioni di acetaldeide ed etanolo, ponendo 10 ml di succo ottenuto dalla spremitura e successiva centrifugazione a 3.000 g a 4 °C del-

la polpa in provette da 50 ml, che venivano chiuse con tappi di gomma assicurati con ghiere metalliche. I volatili venivano determinati prelevando dallo spazio di testa delle provette, poste ad agitare a 30 °C per 30 minuti in un bagno termostatico a 100 giri per minuto, 2 ml di gas che venivano iniettati in un gascromatografo equipaggiato con una colonna impaccata Carbograph 1 AW 30 (6,6 % Carbowax 20 M) ed un detector a ionizzazione di fiamma (condizioni operative: T° detector, 180 °C; T° iniettore, 110 °C; T° forno, 80 °C; gas di trasporto, N<sub>2</sub> a 20 ml/min). Le esatte quantità di ciascun componente venivano calcolate confrontandole con un miscuglio di standard esterni a concentrazione nota, iniettato rispettando le medesime condizioni operative utilizzate con i campioni.

I controlli soggettivi visivi prevedevano la valutazione dell'aspetto esteriore del frutto in termini di freschezza e venivano effettuati alla fine di ogni periodo di conservazione e di SL su frutti esenti da difetti utilizzando una scala da 1 a 5 in cui 1=frutto molto vecchio, 3=frutto al limite di commerciabilità e 5=frutto fresco, alla raccolta.

Inoltre, veniva valutata visivamente l'incidenza del danno da freddo alla fine dei periodi di frigoconservazione e delle relative settimane di SL mediante una media ponderata ottenuta utilizzando una scala arbitraria da 1 a 3 (1= danno lieve, 2= medio, 3= danno grave).

I dati sono stati analizzati statisticamente per ogni periodo mediante l'analisi della varianza ad una via, utilizzando il software MSTAT-C (Michigan State University, 1991). Le medie sono state separate attraverso il Duncan's multiple range test per P≤0,05 e P≤0,01.

### 3. Risultati e discussione

Il pretrattamento con N<sub>2</sub> ha in generale rallentato il naturale rammollimento dei tangeli. Infatti, i frutti trattati mostravano una resistenza alla deformazione significativamente superiore, rispetto ai frutti del controllo, nel corso dei 30 giorni di SL e al termine di 7 giorni di SL successivi a 4 settimane di frigoconservazione (fig. 1). La consistenza dei frutti è principalmente determinata da due aspetti fondamentali della biologia cellulare. Il primo di questi è il turgore cellulare, esercitato dai vacuoli, che assorbendo acqua contribuiscono a dare forma e consistenza al frutto. Il secondo fattore è l'integrità delle pareti cellulari. Negli agrumi, comunque, e specialmente nei mandarini, può verificarsi che la buccia assuma consistenza cuoiosa a causa della perdita d'acqua per traspirazione, opponendosi in tal modo all'azione deformante. L'effetto ritardante il rammollimento dei frutti in seguito a brevi esposizioni ad atmosfere a basso tenore di O<sub>2</sub> e alti valori di N<sub>2</sub> o di CO<sub>2</sub> è stato dimostrato principalmente nei frutti climaterici (Wills *et al.*, 1979; Lurie e Pesis, 1992), mentre in alcuni frutti aclimaterici l'esposizione determina la riduzione dei marciumi durante la conservazione (Couey e Wells, 1970; El-Kazzaz *et al.*, 1983). Comunque, il risultato ottenuto nella presente prova, potrebbe essere dovuto principalmente ad una diminuzione dell'attività enzimatica connessa con la degradazione delle pareti cellulari. Infatti al momento dei controlli non si potevano notare né differenze di perdita di peso (che sono da attribuire a perdite d'acqua per traspirazione), né si manifestava il tipico fenomeno della buccia cuoiosa. Parallelamente il trattamento con N<sub>2</sub> ha avuto effetti benefici anche sull'aspetto esterno dei tangeli. Infatti, i frutti trattati mostravano un aspetto significativamente migliore rispetto a quelli del controllo alla fine dei 3 periodi di SL e al termine di 7 giorni di SL successivi a 4 settimane di frigoconservazione (fig. 2). In particolare i frutti esposti all'N<sub>2</sub> apparivano più freschi, la rosetta era più verde e l'epicarpo assumeva una lucentezza più accentuata.

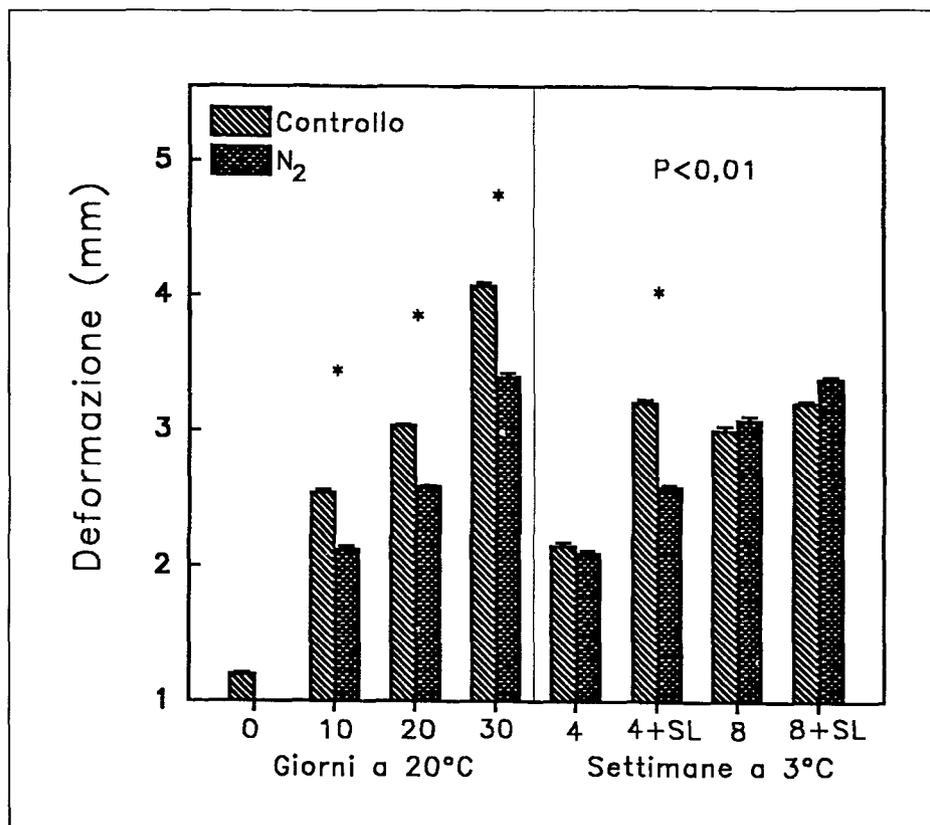


Fig. 1 - Influenza delle condizioni anaerobiche per 24 ore sulla deformazione dei frutti di tangelo Page posti direttamente in shelf-life, o dopo la conservazione refrigerata e le successive condizioni di shelf-life. I dati sono la media di 60 misurazioni + E.S. \* Dati significativamente differenti per  $P \leq 0,01$ .

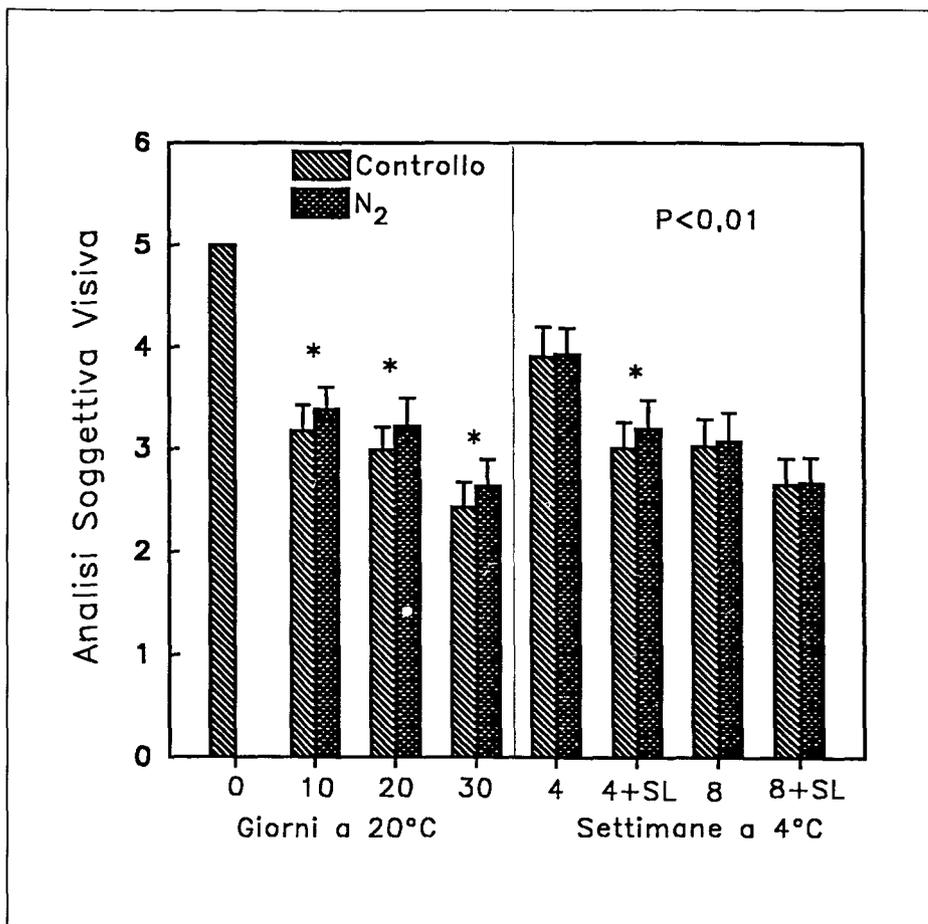
Fig. 1 - Effect of anaerobic conditions applications (atmosphere containing 99% N<sub>2</sub> and 1% O<sub>2</sub>) on deformation of 'Page' tangelo fruit placed directly in shelf-life conditions or after cold storage and subsequent shelf-life. Data are the mean of 60 measurement + S.E. \* Significantly different at 1% level.

In generale i frutti hanno avuto un punteggio medio superiore al limite di commerciabilità sino a 20 giorni di SL e a 8 settimane di frigoconservazione. L'inefficacia del trattamento alla fine dei periodi di conservazione refrigerata può essere ascrivibile all'effetto della bassa temperatura, che ha sicuramente mascherato l'azione benefica dell'azoto sia nel ridurre il rammolimento sia la senescenza del frutto. In generale non si sono riscontrati danni da freddo alla fine dei periodi di frigoconservazione, con l'unica eccezione di una lieve incidenza di tale fisiopatia al termine della SL successiva ad 8 settimane di conservazione, anche se le differenze tra i due trattamenti erano di modesta entità (dati non mostrati). La percentuale dei frutti marci, che nel peggiore dei casi non superava il 7% alla fine della shelf-life successiva ad 8 settimane di frigoconservazione, non era signifi-

cativamente differente tra i due trattamenti, anche se si deve registrare una seppur lieve diminuzione nei frutti trattati (dati non mostrati). La quasi totale assenza di danni da freddo e la bassissima incidenza di marciumi sono in accordo con quanto già rilevato da Hatton per questa varietà (1980).

Per quanto concerne i parametri chimici (tab. 2) è da evidenziare il maggior contenuto di SST al termine di ciascuno dei 3 periodi di 10 giorni di SL e di 4 settimane di frigoconservazione. Il trattamento con azoto ha inoltre diminuito in maniera evidente la degradazione della vitamina C nel succo durante i 30 giorni di SL. Durante le 24 ore in cui i frutti sono stati esposti a basse concentrazioni di ossigeno c'è stato un accumulo di CO<sub>2</sub> all'interno del contenitore (tab. 1). La CO<sub>2</sub> prodotta derivava fondamentalmente da metabolismo di tipo anaerobico. Infatti, a fronte di una di-

minuzione della concentrazione dell'O<sub>2</sub> di 0,82% si aveva un incremento della concentrazione di CO<sub>2</sub> del 4,07%, con un quoziente respiratorio di 4,9. L'applicazione delle condizioni anaerobiche per 24 ore ha causato un accumulo di composti volatili nel succo (tab. 2). Per ciò che riguarda i frutti posti direttamente in condizioni di SL sia il livello di acetaldeide, sia quello di etanolo è diminuito abbastanza rapidamente durante la conservazione, in parte a causa dell'evaporazione come dimostrato da Norman *et al.* (1971) su frutti di arancio Navel e in parte alla conversione di questi volatili in altri metaboliti via acetyl-CoA (Cossins, 1978). Infatti, dopo 20 giorni di SL il contenuto in volatili, anche se nei frutti trattati era dell'ordine di grandezza di una volta e mezzo rispetto ai frutti del controllo, non differiva significativamente nelle due tesi. Il fatto che il livello di etanolo alla fine del trattamento sia all'incirca 100 volte superiore rispetto a quello dell'acetaldeide è dovuto al fatto che probabilmente quest'ultimo metabolita, essendo un precursore dell'etanolo, viene rapidamente convertito via alcool-deidrogenasi. Durante la conservazione refrigerata il livello dei due composti volatili permaneva costantemente più alto nei frutti del trattamento, anche se le differenze erano significative solamente al termine del secondo periodo di frigoconservazione. Si riscontrava inoltre un brusco aumento della concentrazione dei due volatili del succo alla fine di ogni SL, rispetto al precedente periodo di conservazione refrigerata. Tale andamento è in accordo con le esperienze di Davis *et al.* (1974), i quali avevano notato che il contenuto di etanolo nel succo di frutti di pompelmo e arancio aumentava non solo in seguito all'innalzamento della temperatura, ma anche con il procedere della frigoconservazione; in quel caso è comunque da supporre che tale incremento sia in parte dovuto alle temperature di frigoconservazione utilizzate nell'esperimento, che potevano portare in alcuni casi alla comparsa di stress da freddo (4,5 °C per i pompelmi) o ad un invecchiamento precoce dei frutti (10 °C per le arance). Nel nostro caso invece, a parità di temperature adot-



tate, l'incremento progressivo può essere ascritto alla graduale senescenza dei frutti, principalmente a causa della diminuzione di permeabilità dell'epicarpo come notato anche su pompelmo (McDonald *et al.*, 1993). Nonostante l'elevata concentrazione di etanolo registrata alla fine dell'ultimo periodo di SL i frutti all'assaggio non presentavano sapori ed odori sgradevoli, probabilmente a causa dell'effetto di copertura esercitato dall'alto contenuto in SST (Ke *et al.* 1991). Per quanto riguarda i parametri fisiologici non si registravano differen-

Fig. 2. Influenza delle condizioni anaerobiche per 24 ore sull'aspetto esterno dei frutti di tangelo Page posti direttamente in shelf-life, o dopo la conservazione refrigerata e le successive condizioni di shelf-life. I dati sono la media di 60 misurazioni + E.S. \* Dati significativamente differenti per  $P \leq 0,01$ .  
 Fig. 2 - Effect of anaerobic conditions applications (atmsphere containing 99%  $N_2$  and 1%  $O_2$ ) on overall appearance of 'Page' tangelo fruit placed directly in shelf-life conditions or after cold storage and subsequent shelf-life. Data are the mean of 60 measurement + S.E. \* Significantly different at 1% level.

Tab. 2 - Variazioni dei parametri chimici del succo di tangerino Page durante la frigoconservazione e la shelf-life in seguito all'esposizione per 24 ore ad un'atmosfera contenente l'1% di  $O_2$   
 Tab. 2 - Effect of a prestorage 24 hours low  $O_2$  exposition on chemical parameters of Page tangerins during storage and shelf-life conditions

Tesi	periodo di conservazione	pH	Acidità (% ac. citrico)	SST (°Brix)	Vitamina C (mg/100ml)	Acetaldeide (µl/L)	Etanolo (µl/L)
Controllo	Raccolta fine trattamento	3,49	1,14	15,47	50,40	0,25	22,63
		- <sup>2</sup>	-	-	-	0,29 b	25,88 b
Trattato <sup>x</sup>	10 giorni di SL <sup>y</sup>	3,60 a*	0,81 a	14,07 a	44,57 b	0,09 b	14,03 a
		3,58 a	0,82 a	14,03 a	46,09 a	0,60 a	54,27 a
Controllo	20 giorni di SL	3,65 a	0,79 a	14,67 b	51,25 b	0,23 a	30,76 a
		3,56 a	0,87 a	15,10 a	54,31 a	0,35 a	42,45 a
Trattato	30 giorni di SL	3,74 a	0,85 a	14,47 b	50,97 a	0,24 a	18,42 a
		3,67 a	0,87 a	15,23 a	50,30 a	0,19 a	51,48 a
Controllo	4 settimane a 3 °C	3,60 a	1,01 a	14,57 b	50,97 a	0,24 a	18,42 a
		3,54 a	0,97 a	14,93 a	51,05 a	0,28 a	35,94 a
Trattato	4 sett. a 3 °C + 1 sett. SL	3,49 a	0,83 a	14,73 a	49,56	0,55 a	98,37 a
		3,47 a	0,82 a	14,60 a	50,40	0,82 a	172,96 a
Controllo	8 settimane a 3 °C	3,77 a	0,73 a	14,69 a	54,35 a	0,51 b	47,25 b
		3,81 a	0,69 a	14,57 a	54,69 a	1,07 a	95,95 a
Trattato	8 sett. a 3 °C + 1 sett. SL	3,86 a	0,69 a	14,70 a	47,65 a	0,77 a	242,99 a
		3,80 a	0,67 a	14,57 a	48,68 a	1,04 a	330,46 a

<sup>x</sup> Frutti esposti prima della conservazione ad un'atmosfera contenente il 99% di  $N_2$  e l'1% di  $O_2$  per 24 ore.

<sup>y</sup> I frutti sono stati posti a 20 °C e 70% di umidità relativa.

<sup>2</sup> Dati non rilevati.

\* Le medie seguite da lettere diverse nell'ambito della stessa colonna e per lo stesso periodo di conservazione differiscono significativamente per  $P \leq 0,05$

<sup>x</sup> Fruits were subjected for 24 hours to an atmosphere containing 99% of  $N_2$  and 1% of  $O_2$  before storage.

<sup>y</sup> Fruits were kept at 20 °C and 70% of relative humidity.

<sup>2</sup> Data not taken.

\* Mean separation in columns within each storage period by Duncan's multiple range test, 5% level.

ze degne di nota tra i due trattamenti sia in termini di attività respiratoria, sia di produzione di etilene (dati non mostrati).

#### 4. Conclusioni

I risultati della nostra prova confermano i dati di Hatton (1980) sulla eccellente attitudine alla frigoconservazione a basse temperature dei tangelini Page. Nella presente prova, l'esposizione per brevi periodi dei frutti a condizioni anaerobiche mediante l'uso dell'azoto ha avuto degli effetti favorevoli quasi esclusivamente quando i frutti venivano trasferiti direttamente in condizioni di mercato. In particolare il trattamento ha agito rallentando sia il rammollimento del frutto, sia il suo aspetto esteriore per almeno 20 giorni, senza peraltro influenzare le caratteristiche organolettiche del prodotto. L'uso di tale tecnologia a temperatura ambiente potrebbe essere vantaggiosa, oltre che con i Page, con altre varietà di mandarino e mandarino simile, durante il trasporto e la commercializzazione in quelle realtà dove non sia sempre possibile mantenere il prodotto a basse temperature. I frutti dovrebbero essere mantenuti nella centrale ortofrutticola solamente per il tempo necessario ad effettuare il trattamento e successivamente potrebbero essere commercializzati senza l'ausilio di nessuna altra struttura aggiuntiva per la frigoconservazione. L'estensione della vita post raccolta per 2 o 3 settimane è spesso ciò che viene richiesto per alcuni prodotti, con l'indubbio vantaggio di un risparmio dell'energia per la conservazione a basse temperature.

#### BIBLIOGRAFIA

- AHARONI Y., HARTSEL P., STEWART J.K., YOUNG D.K., 1979. *Control of western flower thrips on harvested strawberries with acetaldehyde in air, 50% carbon dioxide or 1% oxygen*. J. Econ. Entomol., 72:819-822.
- BRUEMMER J.H., ROE B., 1969. *Postharvest treatment of citrus fruit to increase brix/acid ratio*. Proc. Fla. St. Hort. Soc., 82:212-215.
- CHEN P.M., OLSEN K.L., MEHERIUK M., 1985. *Effect of low-oxygen atmosphere on storage scald and quality preservation of Delicious apples*. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 110:16-20.
- COSSINS E.A., 1978. *Ethanol metabolism in plants*. In: Plant Life in Anaerobic Environments, Hook D.D., Crawgord R. M. M. (eds) Science Publishers, Ann Arbor, Mi.:169-202.
- COUEY M., WELLS J.M., 1970. *Low oxygen or high carbon dioxide atmospheres to control postharvest decay of strawberries*. Phytopat., 60:47-49.
- COUEY M., OLSEN K., 1977. *Commercial use of prestorage carbon dioxide treatment to retain quality in Golden Delicious apples*. In: D.H. Dewey (ed.). Controlled atmospheres for the storage and transport of perishable agricultural commodities. Hort. Rpt., 28, Michigan State University, East Lansing:165-169.
- DAVIS P.L., HOFMANN R.C., HATTON T.T. JR., 1974. *Temperature and duration of storage on ethanol content of citrus fruits*. HortSci., 9:376-377.
- EL-KAZZAZ M.K., SOMMER N.F., FORTLAGE R.J., 1983. *Effect of different atmospheres on postharvest decay and quality of fresh strawberries*. Phytopatol., 73:282-283.
- HATTON T.T., 1980. *Storage requirements of the 'Nova', 'Page' and 'Robinson' citrus cultivars*. Proc. Fla. State Hort. Soc., 93:309-310.
- HARDENBURG R., WATADA A.E., WANG C.Y., 1986. *The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks*. USDA-ARS, Agriculture handbook number 66: 130 pagine.
- HODGSON R.W., 1967. *Horticultural varieties of citrus*. Citrus Industry, 1(4):519-520.
- KE D., VAN GORSEL H., KADER A.A., 1990. *Physiological and quality responses of 'Bartlett' pears to reduced-O<sub>2</sub> and enhanced-CO<sub>2</sub> atmospheres and storage temperature*. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 115:435-439.
- KE D., SINOBAS L.R., KADER A.A., 1991. *Physiology and prediction of fruit tolerance to low-oxygen atmospheres*. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 116 (2):253-260.
- KELLY M.O., SALTVEIT M.E., 1988. *Effect of endogenously synthesized and exogenously applied ethanol on tomato fruit ripening*. Plant Physiol., 88:143-147.
- LAU O.L., 1983. *Effects of storage procedures and low oxygen and carbon dioxide atmospheres on storage quality of 'Spartan' apples*. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 108:953-957.
- LIDSTER P.D., SANFORD K.H., MCRAE K.B., 1984. *Effects of temperature and modified atmosphere on survival of overwintering populations of European red mite eggs on stored 'McIntosh' apple*. HortScience, 19:257-258.
- LITTLE C.R., FARAGHER J.D., TAYLOR H.J., 1982. *Effects of initial oxygen stress treatments in low oxygen modified atmosphere storage of 'Granny Smith' apples*. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 107:320-323.
- LURIE S., PESIS E., 1992. *Effect of acetaldehyde and anaerobiosis as postharvest treatments on the quality of peaches and nectarines*. Postharvest Biol. Technol., 1:317-326.
- MCDONALD R.E., MCCOLLUM T.G., NORDBY H.E., 1993. *Temperature conditioning and surface treatments of grapefruit affect expression of chilling injury and gas diffusion*. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 118(4):490-496.
- NORMAN S.M., 1977. *The role of volatiles in storage of citrus fruits*. Proc. Int. Soc. Citriculture, 1:238-242.
- PESIS E., BEN-ARIE R., 1984. *Involvement of acetaldehyde and ethanol accumulation during induced deastringency of persimmon fruits*. J. Food Sci., 49: 896-899.
- PESIS E., AVISSAR I., 1988. *Effect of acetaldehyde vapors or anaerobic conditions prior to storage on postharvest quality of citrus fruits*. Proc. sixth Intern. Citrus Congr., Tel Aviv, Israel, March 6-11, 1988, R. Goren and K. Mendel (eds):1393-1399.
- PESIS E., MARINANSKY, 1993. *Inhibition of tomato ripening by acetaldehyde vapour or anaerobic conditions prior to storage*. J. Plant Physiol., 142:717-721.
- PIGA A., D'AQUINO S., AGABBIO M., CONTINELLA G., 1996. *Effect of packaging and coating on fruit qua-*

- lity changes of loquat during three cold storage regimes. Adv. Hort. Sci., 10 (3):120-125.*
- PORRITT S.W., MEHERIUK M.M., 1977. *Effect of CO<sub>2</sub> treatment on storage behavior of apples and pears.* In: D.H. Dewey (ed.). *Controlled atmospheres for the storage and transport of perishable agricultural commodities.* Hort. Rpt., 28, Michigan State University, East Lansing:170-174.
- SODERSTROM E.L., BRANDL D.G., MACKEY B., 1990. *Responses of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) life stages to high carbon dioxide or low oxygen atmospheres.* J. Econ. Entomol., 83:472-475.
- WILLS R.B.H., WIMALASIRI P., SCOTT K.J., 1979. *Short Pre-storage exposures to high carbon dioxide or low oxygen atmospheres for the storage of some vegetables.* HortScience 14(4):528-530.

---

Gli autori hanno contribuito in parti uguali alla stesura del presente lavoro.

Ringraziamenti - Gli autori ringraziano vivamente la sig. Maria Maddalena Sassu per l'assistenza tecnica prestata.