

Salvatore D'Aquino⁽¹⁾ - Antonio Piga⁽¹⁾ - Mario Agabbio⁽²⁾ - Giovanni Continella⁽³⁾

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

⁽²⁾*Dipartimento di scienze ambientali agrarie e biotecnologie agroalimentari, Università degli studi - Sassari*

⁽³⁾*Istituto di coltivazioni arboree, Università degli studi - Catania*

**INFLUENZA
DEL CONFEZIONAMENTO
CON FILM PLASTICO
SULLA MATURAZIONE
DI FRUTTI DI AVOCADO
(*PERSEA AMERICANA* MILL.)
CV HASS FRIGOCONSERVATI**

INFLUENZA DEL CONFEZIONAMENTO CON FILM PLASTICO SULLA MATURAZIONE DI FRUTTI DI AVOCADO (*PERSEA AMERICANA* MILL.) CV HASS FRIGOCONSERVATI

Salvatore D'Aquino⁽¹⁾ - Antonio Piga⁽¹⁾ - Mario Agabbio⁽²⁾ - Giovanni Continella⁽³⁾

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

⁽²⁾*Dipartimento di scienze ambientali agrarie e biotecnologie agroalimentari, Università degli studi - Sassari*

⁽³⁾*Istituto di coltivazioni arboree, Università degli studi - Catania*

Riassunto. Frutti di avocado della cultivar Hass sono stati raccolti nella seconda decade di aprile e frigoconservati a 4 °C e 90 % di umidità relativa (UR) per 0, 2, 4, 6 e 8 settimane, dopo essere stati in parte confezionati singolarmente con un film plastico termoretraibile di natura poliolefinica di 15 mm di spessore in contenitori di polistirolo. Alla raccolta e dopo i successivi periodi di frigoconservazione i frutti sono stati trasferiti a 20 °C e sono stati sconfezionati in parte subito ed in parte dopo tre giorni di permanenza a 20 °C per seguirne la produzione di anidride carbonica e di etilene, il calo peso e valutare soggettivamente l'incidenza dei marciumi, l'imbrunimento interno ed il tempo medio impiegato per raggiungere la maturazione di consumo. Inoltre un gruppo di frutti posto a 20 °C non è stato mai sconfezionato in modo da poter monitorare giornalmente l'evoluzione della composizione dell'atmosfera interna al confezionamento.

Il confezionamento con il film plastico ha contribuito in modo significativo alla riduzione delle perdite di peso. L'incidenza dei marciumi è stata molto contenuta in tutti i trattamenti ed è stata principalmente causata da antracnosi. Il film plastico non ha esercitato alcuna influenza sullo sviluppo dei marciumi durante il periodo di frigoconservazione, ma nei frutti trasferiti a 20 °C la presenza del film plastico ha favorito lo sviluppo della malattia. Molto efficace è stata l'azione del film plastico nel ridurre l'imbrunimento interno dei tessuti, espressione del danno da freddo, e tale influenza è diventata sempre più mar-

cata con il procedere della frigoconservazione. Scarsa è stata l'influenza del film nel rallentare il processo di maturazione. Al contrario, a partire dalla 4a settimana di frigoconservazione i frutti confezionati hanno impiegato meno tempo per raggiungere lo stadio di maturazione di consumo rispetto ai frutti non confezionati, evidenziando una chiara azione positiva di riduzione delle alterazioni fisiologiche conseguenti all'esposizione alle basse temperature. All'interno dei confezionamenti non sono stati mai raggiunti valori di CO₂ e di O₂ tali da interferire sull'attività respiratoria o sulla produzione di etilene.

Parole chiave: avocado, frigoconservazione, film plastico, anidride carbonica, etilene, imbrunimento interno, maturazione di consumo.

INFLUENCE OF FILM WRAPPING ON RIPENING OF HASS AVOCADO FRUIT IN COLD STORAGE

Abstract. Hass avocado fruit was harvested in mid April from a commercial orchard located in the Eastern Sicily. The fruits were transported under non-controlled conditions in Sardinia, where arrived the day after. Immediately after arrival, fruits were sorted out and were either wrapped individually in polystyrene trays with a 15 mm thick polyolefinic heat shrinkable film or not wrapped (group A), before being stored at 4 °C and 90 % RH for 0, 2, 4, 6, or 8 weeks. At the end of each storage period, when the fruit was transferred at 20 °C for ripening, a lot of fruit was un-wrapped (group B), while one more lot was un-wrapped after 3 days of exposure at 20 °C (group C).

At day interval respiration rate and ethylene production rate were measured. Weight loss was revealed at the time of transferring and after 3 days at 20 °C. When ripe the fruits were inspected for decay and internal browning, and the time required to reach the eating ripe stage was recorded. In addition, ten packaged fruits (group D) were used to measure the in-package concentration of CO₂, O₂ and C₂H₄.

The necessary time to reach the climacteric peak decreased with time in storage, and since the fourth week of storage no rise was observed after transferring to 20 °C. No important differences were observed among the no-wrapped fruit and the un-wrapped ones in relation to CO₂, either at the moment of transfer from storage to 20 °C or after 3 days at 20 °C. Ethylene production rate decreased very highly by the time in storage, and the greatest reductions were observed in no-wrapped fruits, while in general the pattern was similar for the un-wrapped groups.

The in-package atmosphere, which ranged between 3 % and 6 % for CO₂ and 16 % and 12 % for O₂ during storage, affected neither the respiration rate nor the ethylene evolution, in fact when fruit were transferred at 20 °C the CO₂ and C₂H₄ concentration inside the packages increased, reached the peaks and then decreased with the same timing of no-wrapped or un-wrapped fruits. In addition ethylene concentration decreased by the time in storage, as observed both for no-wrapped and un-wrapped fruit.

The action of wrapping in reducing weight losses resulted

very effective; after 3 days at 20 °C following 8 weeks storage the group A, B and C lost 15.5 %, 3.2 % and 2.3 % of the initial weight respectively. Decay was mainly caused by anthracnose but the incidence was low for all the treatments, in particular no differences were observed until the fruit were in storage, while after the transfer to 20 °C it was significantly higher in group C.

Wrapping also reduced internal browning, and the differences with the control became much more evident going on with the time in storage.

In fruit placed directly at 20 °C, or after 2 week storage, the plastic film slightly retarded the time required to reach the eating ripe stage; but since the fourth week of storage the time required to the eating ripe stage decreased, and after 8 weeks of storage most of the control failed to ripen while the un-wrapped fruit ripened in about 5 days.

Film wrapping was not effective in prolonging postharvest life of Hass avocado fruit by slowing the physiological activity of the fruit, but was very effective in reducing chilling injury, as evidenced by the negligible incidence of internal browning, the higher ethylene production rate, and the shorter time required to ripening following the fourth weeks of storage, when the severity of chilling injury appeared evident.

Key words: avocado, cold storage, plastic film, carbon dioxide, ethylene, internal browning, ripening.

1. Introduzione

Tra i nuovi possibili fruttiferi da introdurre nelle nostre regioni meridionali al posto delle colture tradizionali, sicuramente l'avocado rappresenta una delle alternative più valide.

In prove sperimentali in corso da oltre un ventennio in diversi areali della Sicilia con le cultivar più diffuse a livello mondiale (Hass, Fuerte, Bacon, Anaheim, Orotava) si sono avuti risultati positivi sia sotto il profilo qualitativo, sia sotto l'aspetto produttivo (Continella, 1978; Calabrese *et al.*, 1980; Barone e Colajanni, 1984).

Anche se in Italia il consumo pro capite è molto basso rispetto ad altre nazioni dell'Europa comunitaria, le prospettive di mercato sembrano incoraggianti. Infatti, la CEE rappresenta il più grande mercato mondiale (Requena, 1987) verso cui convergono le produzioni dei maggiori paesi produttori, come Israele e Sud Africa. E già da alcuni anni in paesi europei come la Grecia, ed in particolare la Spagna, sono state investite considerevoli superfici alla coltura dell'avocado.

In Italia la coltura stenta ad affermarsi soprattutto per le difficoltà che

si incontrano a collocare il prodotto nel mercato. Infatti le quantità di prodotto sono molto limitate per dar vita ad una efficiente rete commerciale ed il prodotto viene destinato al mercato locale e solo sporadicamente a quello nazionale, che si rifornisce generalmente da paesi come Israele e Sud Africa.

Le difficoltà nella commercializzazione del prodotto vengono ulteriormente aumentate dalla particolare fisiologia postraccolta del frutto, che trova impreparato il personale tecnico delle centrali ortofrutticole, organizzato per la gestione di frutta in genere non climaterica, come gli agrumi, l'uva, i fichi d'india, che non richiedono tecnologie postraccolta particolarmente sofisticate.

L'avocado, essendo un frutto climaterico, appena raccolto necessita di essere tempestivamente refrigerato per evitare il rapido raggiungimento della maturazione di consumo che ne limiterebbe la vita postraccolta (Seymour e Tucker, 1993). Inoltre, per la particolare sensibilità manifestata dall'avocado ai bassi regimi termici si rende necessaria una buona conoscenza della fisiologia di questo frutto e l'adozione di tecniche postraccolta che

contribuiscano alla riduzione della sensibilità dei tessuti alle basse temperature.

La perdita di acqua per traspirazione è tra i fattori che esaltano la manifestazione del danno da freddo (DF), a parità di temperatura. Pantastico *et al.* (1968) ottennero forti riduzioni del DF in frutti di lime e pompelmi innalzando l'umidità relativa all'interno delle celle frigorifere al 100 %. Danni da freddo di minore entità sono stati riscontrati anche in prodotti ortofrutticoli confezionati con film plastici di diversa natura, per effetto della ridotta traspirazione dei tessuti (Scott e Gandanegara, 1974; Iwata e Yoshida, 1979; Adamicki, 1984). La conservazione in atmosfera controllata, con concentrazioni di CO₂ ed O₂ rispettivamente più elevate e più basse di quelle che si hanno normalmente nell'aria può anche contribuire a rendere i tessuti meno suscettibili alle alterazioni causate dai bassi regimi termici. Mencarelli *et al.* (1983) riscontrarono forti riduzioni del danno da freddo durante la frigoconservazione di zucchine in atmosfere contenenti 1, 2 e 4 % di O₂ rispetto al controllo.

Il contributo che può derivare nella riduzione del DF dal confezionamen-

to con film plastici è da attribuire in parte alla riduzione della traspirazione dei tessuti ed in parte alla modificazione della composizione dell'atmosfera interna ai confezionamenti.

Inoltre, alti tenori di CO₂ e, viceversa, basse concentrazioni di O₂ possono anche ostacolare la produzione di etilene e conseguentemente ritardare la maturazione di consumo (Kader, 1986; Meir *et al.*, 1995).

Con il presente lavoro si è voluto verificare la risposta fisiologica di frutti di avocado della cultivar Hass, raccolti a metà aprile e confezionati con un film plastico, frigoconservati per un periodo di 8 settimane a 4 °C.

2. Materiali e metodi

Frutti della cultivar Hass provenienti da un campo situato sulle pendici orientali dell'Etna, sono stati raccolti nella seconda decade di aprile e trasportati in condizioni non controllate in Sardegna, dove sono giunti il giorno successivo. Subito dopo essere stati selezionati e pesati individualmente, un gruppo di 60 frutti è stato posto direttamente a 4 °C, mentre 185 frutti sono stati confezionati individualmente in contenitori di polistirolo (dimensioni medie 12x15x4 mm) con un film plastico termoretraibile di natura poliolefinica dello spessore di 15 µm (film Cryovac MD; permeabilità a O₂ e CO₂ rispettivamente uguale a 7.500 e 19.500 cc/m² · 24h · bar a 23 °C; permeabilità a H₂O uguale a 19 g/m² · 24h · 38 °C, 100 % DRH).

Sul film plastico è stato posto un po' di silicone per consentire il campionamento dell'atmosfera interna al confezionamento.

Centosessanta dei 185 frutti confezionati sono stati frigoconservati a 4 °C e 95 % di umidità relativa (UR), mentre i restanti 25, insieme ad altri 15 non confezionati, sono stati posti direttamente a 20 °C per seguirne il processo di maturazione. La conservazione ha avuto la durata di 8 settimane e, ad intervalli di due settimane, 15 frutti dei 60 non confezionati e 40 frutti confezionati sono stati trasferiti a 20 °C e 75 % di

UR per consentire il raggiungimento della maturazione di consumo.

I frutti non confezionati, utilizzati come controllo, sia posti direttamente a 20 °C sia trasferiti a 20 °C dopo i rispettivi periodi di frigoconservazione a 4 °C vengono indicati come gruppo A.

Dei 40 frutti confezionati 15 (gruppo B) sono stati privati del film plastico al momento del trasferimento a 20 °C, altri 15 sono stati privati del film plastico dopo tre giorni (gruppo C), mentre i rimanenti 10 sono stati lasciati confezionati sin oltre la maturazione di consumo per controllare l'evoluzione dell'atmosfera interna. Nei frutti del controllo (gruppo A) e in quelli sconfezionati alla fine di ogni periodo di conservazione (gruppo B) o a distanza di tre giorni dalla fine di ogni periodo di conservazione (gruppo C), durante il periodo di esposizione a 20 °C è stata monitorata giornalmente la produzione di CO₂ e l'evoluzione di C₂H₄; in particolare, nei frutti dei gruppi A e B questi parametri sono stati determinati immediatamente dopo il trasferimento da 4 °C a 20 °C. I frutti sono stati chiusi singolarmente per mezz'ora in contenitori di vetro di un litro di volume, da cui sono stati prelevati prima un campione di 2 ml per la determinazione della C₂H₄, e subito dopo un altro campione di 20 ml per la determinazione della CO₂.

La C₂H₄ è stata determinata per via gas-cromatografica, come riportato in una precedente nota dagli stessi autori (D'Aquino *et al.*, 1996). Le concentrazioni di CO₂ ed di O₂ sono stati determinati rispettivamente con un analizzatore munito di un detector ad infrarossi e di uno paramagnetico (Sevomex, Modello 1450 B3) ed iniettando 20 ml di atmosfera prelevata o dai contenitori di vetro o dai confezionamenti.

Al momento del trasferimento a 20 °C (gruppi A e B) e dopo tre giorni (gruppi A, B e C) i frutti sono stati pesati per determinare le perdite di peso. Inoltre, per ogni singolo frutto dei gruppi A, B e C è stato determinato soggettivamente il tempo necessario per raggiungere lo stadio di maturazione ottimale di consumo attraverso l'apprezzamento soggettivo del-

la consistenza dei frutti in seguito ad una leggera pressione esercitata con i polpastrelli delle dita, a cui corrispondeva un indice penetrometrico di circa 200 g misurato con un penetrometro del tipo Effegi munito di un puntale del diametro di 5 mm.

La presenza dei marciumi è stata valutata soggettivamente a fine conservazione e al raggiungimento della maturazione di consumo attraverso una scala di valori compresi tra 0 e 5, tenendo conto della superficie del frutto alterata, in cui 0 = 0 %, 1 = 1-2 %, 2 = 2-10 %, 4 = 10-20 % e 5 > 20 %.

Raggiunta la maturazione di consumo i frutti sono stati tagliati secondo il piano longitudinale e valutati per la presenza di imbrunimenti della polpa secondo la seguente scala: 0 = assenza di imbrunimento, 1 = lieve, 2 = moderato, 3 = grave, 4 = molto grave.

Non si è tenuto conto dei danni da freddo a carico della buccia perchè i frutti della cultivar Hass con il procedere della maturazione già sulla pianta tendono ad assumere una colorazione violacea, che diventa di colore intenso quando il frutto già raccolto si avvia a raggiungere la maturazione di consumo, rendendo così difficile l'apprezzamento di eventuali dermatosi derivanti dallo stress termico. I dati relativi al calo peso, ai marciumi, all'imbrunimento interno ed al tempo impiegato per il raggiungimento della maturazione di consumo, sono stati sottoposti per ogni singolo periodo all'analisi della varianza, e la differenza tra le medie è stata effettuata attraverso la DMS. Per quanto riguarda invece la produzione di CO₂ e di C₂H₄ e la composizione dell'atmosfera interna ai film plastici vengono presentati i valori medi e l'errore standard della media.

3. Risultati e discussione

3.1. Composizione dell'atmosfera interna ai film plastici

L'evoluzione dell'atmosfera all'interno dei confezionamenti è rappresentata nella figura 3A. Durante il periodo di permanenza in cella frigorife-

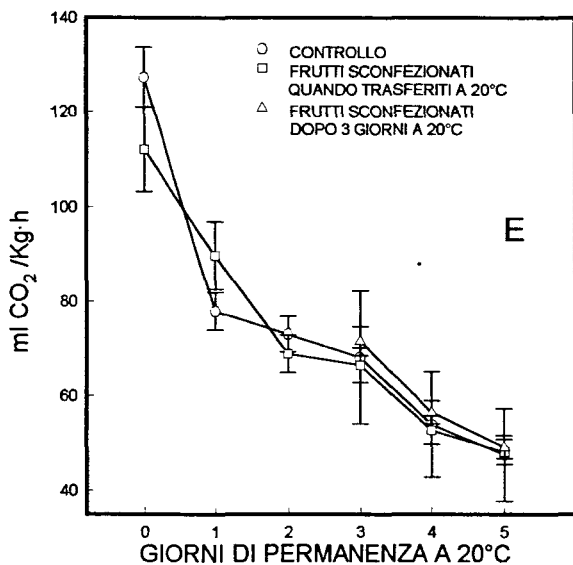
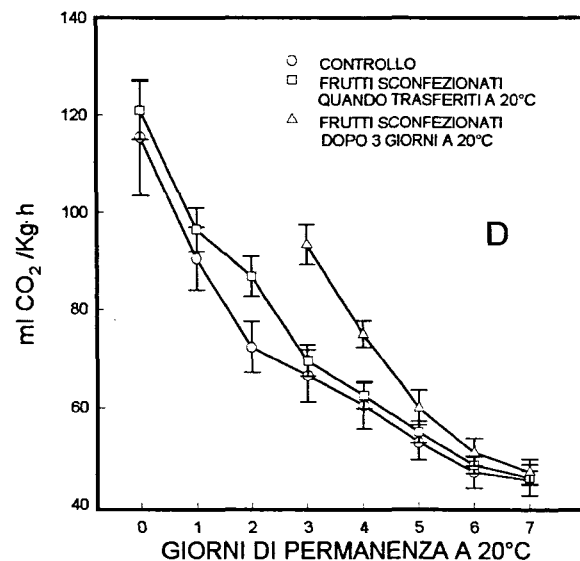
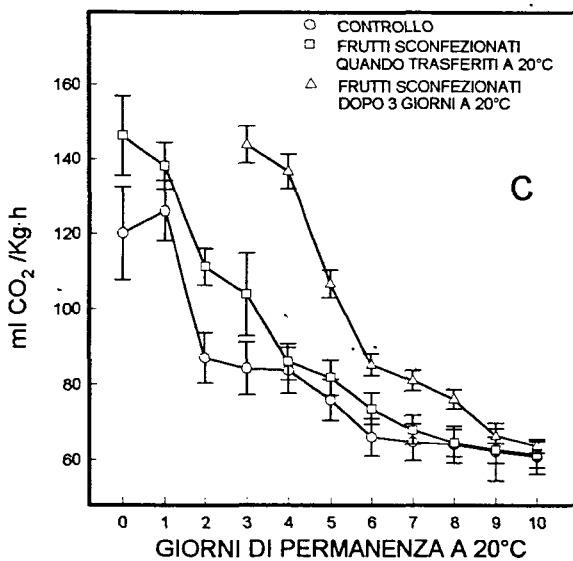
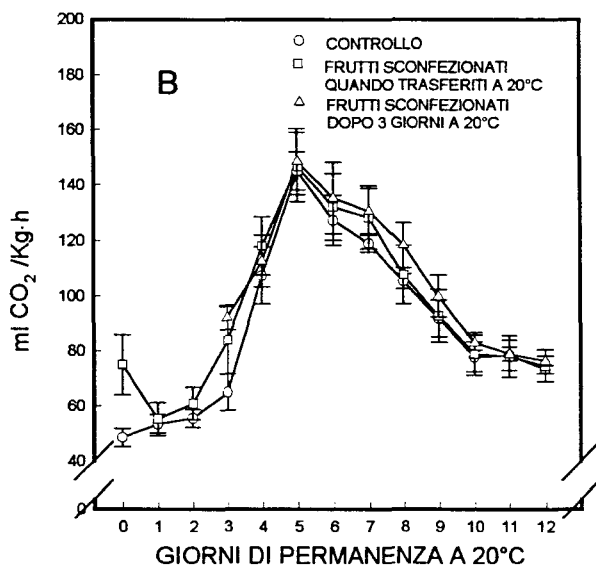
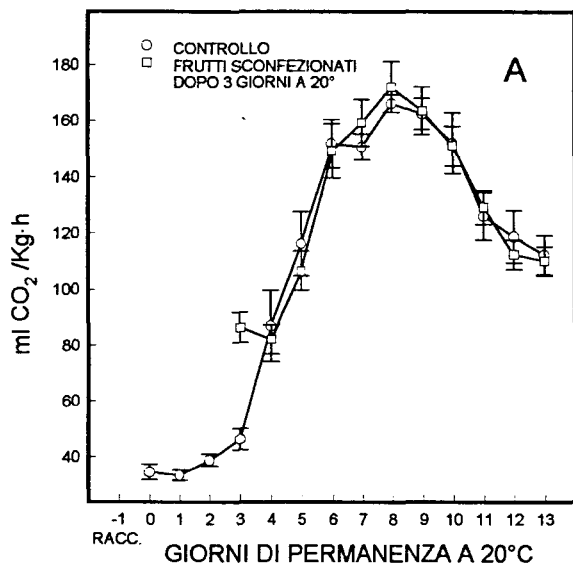


Fig. 1 - Attività respiratoria a 20 °C dopo un periodo di frigoconservazione a 4 °C di 0 (A), 2 (B), 4 (C), 6 (D) e 8 (E) settimane. I valori riportati rappresentano la media di 10 frutti e le barre verticali l'ES.
 Fig. 1 - Respiratory rate at 20 °C following 0 (A), 2 (B), 4 (C), 6 (D) or 8 (E) weeks storage at 4 °C. Results are averages of ten fruits and vertical bars represent SE.

ra, che in figura corrisponde ai valori del giorno 0 di permanenza a 20 °C per ogni periodo, la concentrazione di CO₂ si è mantenuta tra il 3 % ed il 6 %. Durante il periodo di esposizione a 20 °C successiva a 2, 4, 6 e 8 settimane di frigoconservazione a 4 °C, si è assistito a un incremento della concentrazione di CO₂ all'interno dei confezionamenti parallela alla crescita dell'attività respiratoria del corrispondente periodo, raggiungendo la massima concentrazione generalmente in coincidenza del manifestarsi del massimo climaterico. Però, mentre nei frutti non confezionati l'intensità del picco climaterico si riduceva con il progredire della frigoconservazione, all'interno delle confezioni i valori massimi per ogni periodo si mantenevano pressoché costanti.

L'andamento della concentrazione dell'O₂ all'interno delle confezioni ha manifestato un'evoluzione opposta a quella della CO₂ (fig. 3B), come del resto era logico aspettarsi. Durante il periodo di frigoconservazione è stata registrata una diminuzione dal 16 % al 12 % circa, mentre i valori minimi raggiunti durante il massimo climaterico erano intorno al 5 %.

Come per la CO₂, l'evoluzione dell'C₂H₄ all'interno delle confezioni ha seguito l'andamento dei frutti non confezionati, o privati del film plastico. Inoltre, anche i valori massimi dei picchi sono via via andati diminuendo con il procedere della frigoconservazione.

3.2. Respirazione

Nei frutti posti direttamente a maturare a 20 °C l'attività respiratoria (fig. 1A) è cresciuta progressivamente sino a raggiungere il massimo climaterico verso il nono giorno dalla raccolta, seguita da una progressiva diminuzione con valori comunque superiori a 100 ml di CO₂/kg · h sino al tredicesimo giorno, quando i frutti erano in fase avanzata di senescenza e già invasi da marciumi. Nei frutti del gruppo B (sconfezionati al momento del trasferimento a 20 °C), se si esclude la più alta produzione di CO₂ registrata al momento dello sconfezionamento, non è stata osservata alcuna sostanziale differenza nell'evoluzione dell'attività respiratoria.

Dopo 2 settimane di frigoconservazione i frutti erano già in fase di ascesa climaterica ed il massimo climaterico era raggiunto intorno al quinto giorno di esposizione a 20 °C (fig. 1B). Sia i frutti sconfezionati a fine conservazione, sia quelli privati del film dopo tre giorni di permanenza a 20 °C hanno manifestato un comportamento simile al controllo. In particolare, nei primi la produzione di CO₂ nel momento in cui venivano sconfezionati appariva sensibilmente più alta di quella del controllo, per effetto della CO₂ accumulata all'interno del tessuto durante il confezionamento, per poi decrescere sino al secondo giorno, quando si attestava su valori simili a quelli del controllo; mentre nei secondi, dal momento in cui veniva rimosso il film plastico e durante i due giorni seguenti la produzione di CO₂ faceva registrare un progressivo incremento che era sicuramente espressione della aumentata attività metabolica, in quanto le quantità di CO₂ accumulate nei tessuti non potevano essere tali da giustificare una crescita così forte.

Dopo 4 settimane di frigoconservazione (fig. 1C) i frutti si trovavano verosimilmente in corrispondenza del massimo climaterico, infatti nel controllo l'attività respiratoria si manteneva durante il primo giorno di esposizione a 20 °C su valori medi compresi tra 120 e 130 ml di CO₂/kg · h, mentre diminuiva prima rapidamente e poi progressivamente nei giorni successivi. Nei frutti appena sconfezionati la produzione di CO₂, probabilmente per l'effetto barriera esercitato dal film plastico, risultava più alta di quella del controllo, ed il giorno successivo, anche se si assisteva ad una sensibile diminuzione, i valori registrati erano ancora più alti di quelli del controllo. E' probabile che la più elevata produzione di CO₂ dei frutti del gruppo B più che essere espressione dell'attività respiratoria era dovuta alla fuoriuscita di quella accumulata nei tessuti per effetto del confezionamento. Valori decisamente più alti di quelli del gruppo A e B si osservavano invece nei frutti del gruppo C (sconfezionati dopo 3 giorni), per i quali solo dopo 9 giorni l'inten-

sità respiratoria si attestava sugli stessi valori delle altre due tesi, quando ormai i frutti si trovavano in fase di senescenza avanzata.

Dopo 6 (fig. 1D) ed 8 settimane (fig. 1E) di frigoconservazione a 4 °C non è stata osservata più alcuna crescita climaterica, e la curva dell'attività respiratoria ha avuto un andamento sempre decrescente dal momento del trasferimento a 20 °C sino alla fine del rilevamento, indicando, almeno apparentemente, una chiara fase post-climaterica.

Eaks (1976; 1983), in prove separate condotte con frutti di Hass osservò il verificarsi del picco climaterico in frutti posti a 20 °C dopo 3-4 settimane di frigoconservazione a 5 °C; oltre tali periodi i frutti mostravano un andamento decrescente della respirazione in seguito al trasferimento dall'ambiente refrigerato a 20 °C. D'Aquino *et al.* (1996), in una prova di frigoconservazione a 5 °C condotta su frutti della cultivar Hass provenienti dallo stesso campo sperimentale che ha fornito i frutti utilizzati nel presente esperimento, ebbero risultati simili, con la differenza che il picco climaterico si verificò con qualche giorno di anticipo. Però, il tempo necessario perché si verifici il climaterico è fortemente influenzato dall'epoca di raccolta (Zauberman e Schiffmann-Nadel, 1972), e i frutti della presente prova sono stati raccolti con circa un mese di anticipo rispetto a quelli della prova precedente.

3.3. Etilene

Il periodo preclimaterico per i frutti posti direttamente a 20 °C che ha avuto la durata di 5 giorni, a partire dal momento della raccolta, è coinciso anche per la curva della C₂H₄. Infatti, come si può osservare nella figura 2A, è solo dopo il 5° giorno dalla raccolta che la produzione di C₂H₄ comincia a crescere, per poi raggiungere il picco verso il 9° giorno, con circa un giorno di anticipo rispetto a quello climaterico. Tra le diverse tesi non è stata osservata alcuna differenza sostanziale nell'evoluzione della C₂H₄.

Dopo 2 settimane di frigoconservazione la produzione di C₂H₄ si è man-

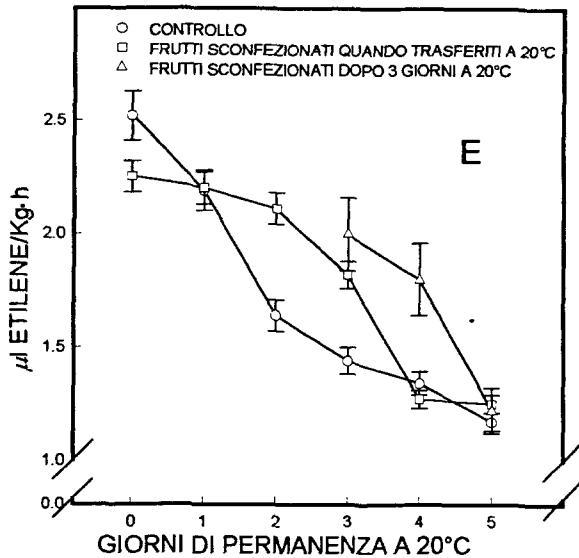
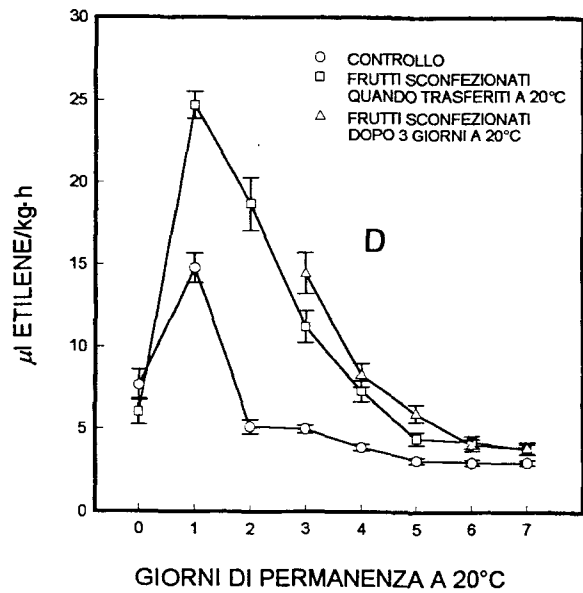
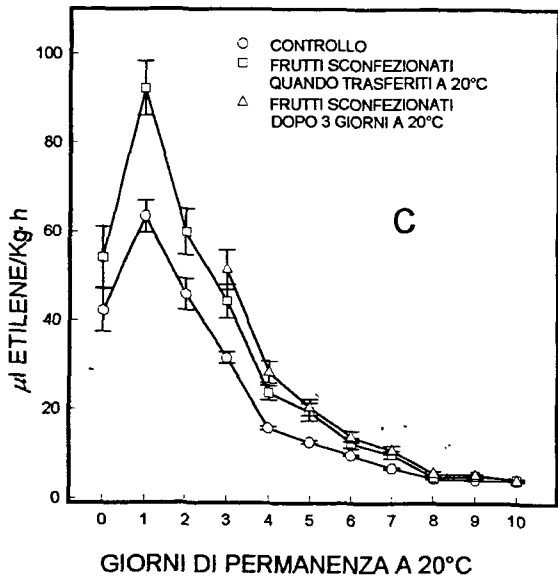
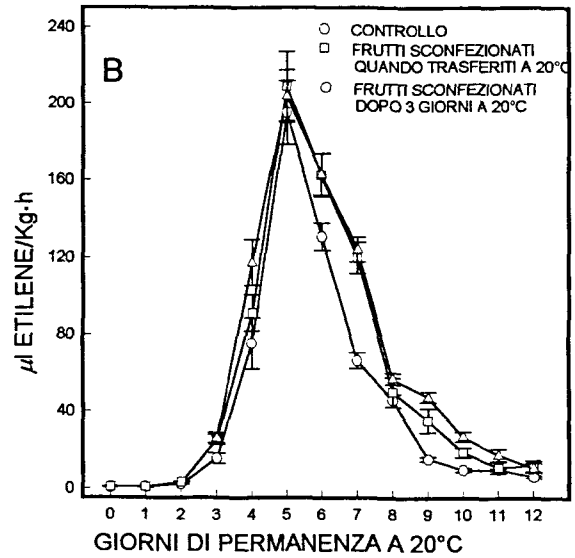
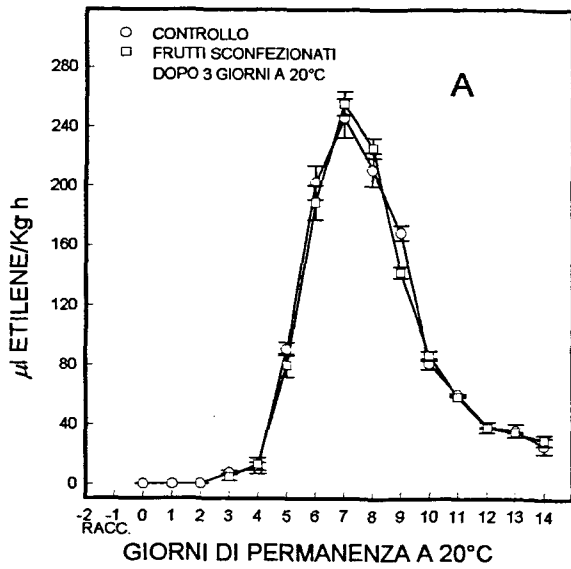


Fig. 2 - Produzione di etilene a 20 °C dopo un periodo di frigoconservazione a 4 °C di 0 (A), 2 (B), 4 (C), 6 (D) e 8 (E) settimane. I valori riportati rappresentano la media di 10 frutti e le barre verticali l'ES.
Fig. 2 - Ethylene production rate at 20 °C following 0 (A), 2 (B), 4 (C), 6 (D) or 8 (E) weeks storage at 4 °C. Results are averages of ten fruits and vertical bars represent SE.

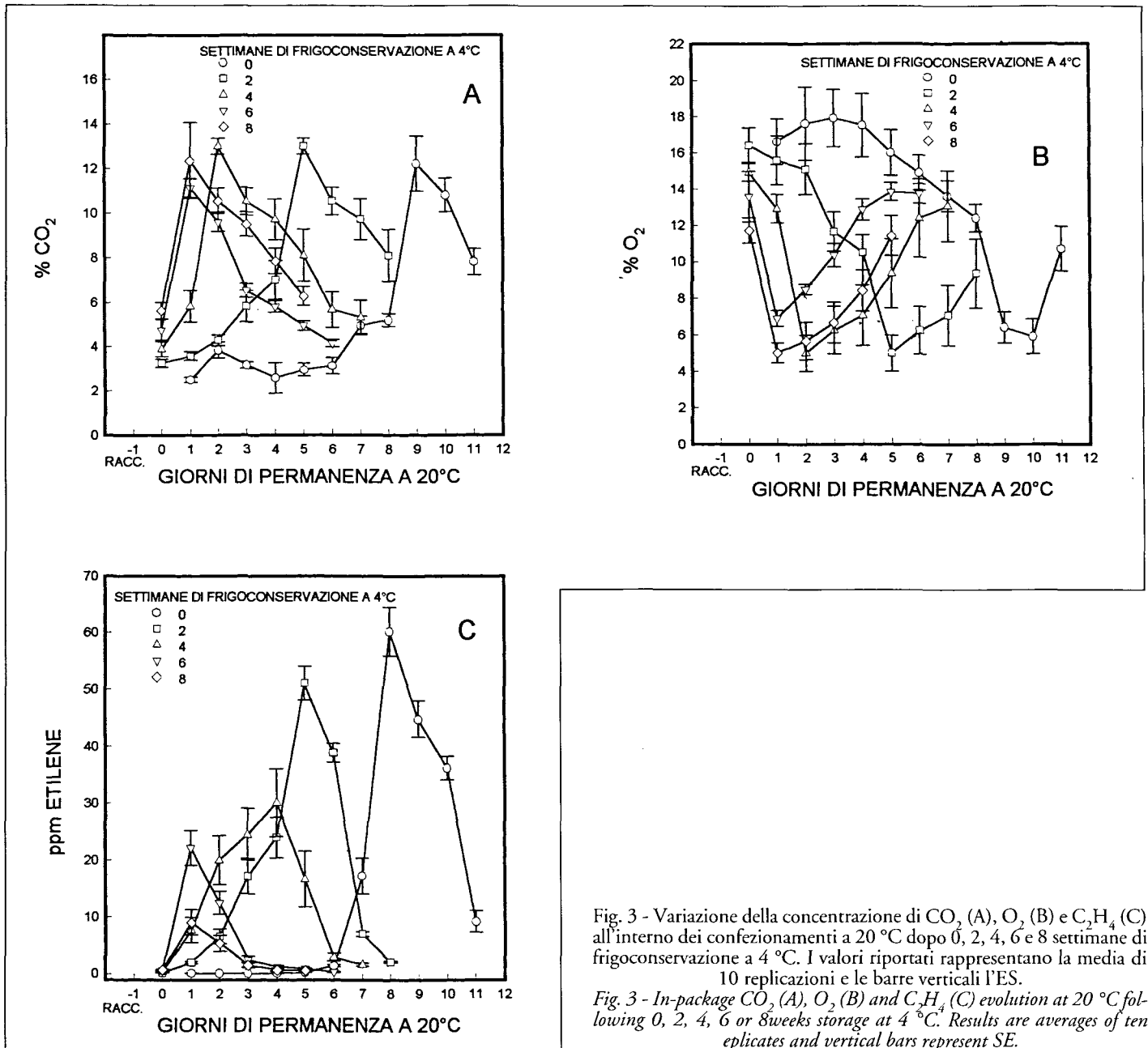


Fig. 3 - Variazione della concentrazione di CO₂ (A), O₂ (B) e C₂H₄ (C) all'interno dei confezionamenti a 20 °C dopo 0, 2, 4, 6 e 8 settimane di frigoconservazione a 4 °C. I valori riportati rappresentano la media di 10 replicazioni e le barre verticali l'ES.

Fig. 3 - In-package CO₂ (A), O₂ (B) and C₂H₄ (C) evolution at 20 °C following 0, 2, 4, 6 or 8 weeks storage at 4 °C. Results are averages of ten replicates and vertical bars represent SE.

tenuta su valori bassi per i primi due giorni a 20 °C, quindi ha fatto seguito un rapido incremento che è culminato il 5° giorno e un altrettanto rapido declino che ha portato la produzione di C₂H₄ intorno a 10 µl/kg · h al 12° giorno, quando i frutti erano ormai in stato avanzato di senescenza (fig. 2B).

Dopo 4 (fig. 2C) e 6 (fig. 2D) settimane la C₂H₄ aumentava sino al secondo giorno, per poi diminuire rapidamente e stabilizzarsi intorno a 10 ml/kg · h rispettivamente dopo 5 e 4 giorni.

La produzione di etilene dopo 8

settimane di conservazione è stata irregolare ed è diminuita progressivamente (fig. 2E).

A differenza dell'attività respiratoria, che ha fatto registrare una leggera diminuzione nei valori massimi, la produzione di C₂H₄ nei frutti trasferiti da 4 °C a 20 °C è andata via via diminuendo con il procedere della frigoconservazione. Inoltre, i frutti dei gruppi B e C, a partire dalla seconda settimana di frigoconservazione, hanno prodotto quantità di C₂H₄ sensibilmente più alte del controllo. Una minore capacità a produrre C₂H₄ in seguito a prolungati periodi di esposi-

zione a basse temperature è stata osservata da diversi autori in frutti di avocado (Eaks, 1983; Durand *et al.*, 1984; D'Aquino *et al.*, 1996).

I tessuti che sono stati esposti per un certo lasso di tempo a basse temperature possono produrre quantità di C₂H₄, al cessare dello stress termico, più elevate del controllo (Jackman *et al.*, 1988); nei tessuti di piante sensibili al danno da freddo, però, quando il perdurare della condizione di stress supera un certo limite, si possono alterare i meccanismi fisiologici responsabili della produzione di C₂H₄ e conseguentemente si possono verifi-

care anche alterazioni nei normali processi di maturazione (Wang, 1989).

3.4. Calo peso

Il confezionamento con film plastico ha ridotto in maniera significativa le perdite di peso rispetto al controllo (tab. 1). In particolare, tali differenze sono diventate sempre più evidenti con il prolungarsi del periodo di frigoconservazione. Infatti, dopo 3 giorni successivi ad 8 settimane di frigoconservazione le perdite di peso nei frutti non confezionati superavano il 15 %, contro poco più il 2 % dei frutti confezionati.

3.5. Alterazioni microbiologiche

Le alterazioni microbiologiche più evidenti, che erano causate da antracnosi, si sono manifestate con piccole zone imbrunite che, man mano che il fungo invadeva i tessuti si allargavano sempre più, interessando nelle forme

più gravi oltre alla buccia anche la polpa. Il confezionamento con il film plastico non ha avuto alcuna influenza sulla manifestazione della patologia durante il periodo di frigoconservazione, mentre ne ha favorito lo sviluppo nei frutti del gruppo C durante il periodo di permanenza a 20 °C. Infatti, come viene riportato nella tabella 1, l'incidenza dei marciumi nei frutti privati del film plastico al momento del trasferimento a 20 °C non differisce da quella del controllo né a fine conservazione, né dopo 3 giorni di permanenza a 20 °C.

3.6. Imbrunimento della polpa

Sino a 2 settimane di frigoconservazione l'imbrunimento della polpa risultava quasi assente nei frutti di tutte le tesi, ma a partire dalla 4^a settimana risultava significativamente più alto nel controllo rispetto ai frutti confezionati.

I fattori che portano all'imbrunimento della polpa non sono ben chia-

ri, sicuramente l'attività di certi enzimi, ed in particolare delle polifenolossidasi (PPO) (Golan *et al.*, 1977; Van Lelyveld e Bower, 1984; Hofman e Husband, 1987), gioca un ruolo molto importante nella comparsa di tale alterazione. La conservazione per periodi superiori a 2 settimane a temperature inferiore a 10 °C porta quasi sempre all'imbrunimento dei tessuti, la cui intensità può essere notevolmente influenzata dalla cultivar (Golan *et al.*, 1977; Vakis 1982), da fattori agronomici preraccolta, come stress idrici (sia per difetto sia per eccesso di acqua nel terreno) (Bower e van Lelyveld, 1985) o dalla composizione dell'atmosfera che circonda i tessuti. Alti tenori di CO₂ e bassi di O₂ sembrerebbero ridurre notevolmente l'imbrunimento dei tessuti (Reeder e Hatton, 1970; Spalding e Reeders 1972, 1975; Faubion *et al.*, 1992), però, se la concentrazione di CO₂ supera certi livelli (intorno al 20 %) e l'O₂ scende al di sotto dello 0,5 %, i sintomi della fisiopatologia possono essere

Tab. 1 - Influenza del confezionamento con film plastico di frutti di avocado della cultivar Hass sul calo peso, sui marciumi⁽¹⁾, sull'imbrunimento interno⁽²⁾ della polpa e sui giorni impiegati per raggiungere lo stadio ottimale di maturazione di consumo a 20 °C e 75 % UR, dopo essere stati conservati a 4 °C e 95 % di UR per 2, 4, 6 e 8 settimane

Tab. 1 - Effect of wrapping on weight loss, decay⁽¹⁾, internal browning⁽²⁾, and days to ripen of Hass avocado fruits stored at 4 °C and 95 % RH for 2, 4, 6 or 8 weeks following transfer to 20 °C and 75 % RH

Durata della conservazione a 4 °C	Calo peso (%)		Marciumi (indice)		Imbr. interno (indice) Frutti maturi	Giorni impiegati per la maturazione di consumo a 20 °C
	Fine conser.	Dopo 3 giorni a 20 °C	Fine conser.	Frutti maturi		
Raccolta						
Frutti non confezionati	-	1,2b*	-	0a	0a	10,2a
Frutti sconfezionati dopo 3 giorni a 20 °C	-	0,0a	-	0a	0a	10,6b
2 Settimane						
Frutti non confezionati	3,30b	4,71c	0a	0,4a	0,3a	6,3a
Frutti sconfezionati a fine conservazione	0,51a	1,95b	0a	0,3a	0,2a	6,6ab
Frutti sconfezionati dopo 3 giorni a 20 °C	-	1,04a	-	0,9b	0,2a	7,1b
4 Settimane						
Frutti non confezionati	5,77b	7,34c	0,7a	1,1b	0,9b	5,0b
Frutti sconfezionati a fine conservazione	0,94a	2,98b	0,34a	0,5a	0,2a	4,2a
Frutti sconfezionati dopo 3 giorni a 20 °C	-	1,74a	-	1,4b	0,2a	4,2a
6 Settimane						
Frutti non confezionati	7,50b	9,17c	0,4a	0,8a	2,8b	6,3b
Frutti sconfezionati a fine conservazione	1,03a	2,98b	0,6a	0,7a	0,4a	3,2a
Frutti sconfezionati dopo 3 giorni a 20 °C	-	-	-	-	-	-
8 Settimane						
Frutti non confezionati	11,66b	15,54c	0,6a	1,3a	3,5b	-
Frutti sconfezionati a fine conservazione	1,19a	3,20b	0,7a	1,0a	0,6a	5,2a
Frutti sconfezionati dopo 3 giorni a 20 °C	-	2,27a	-	2,2b	0,7a	5,4a

1. Marciumi - indice medio calcolato attribuendo i seguenti valori in relazione alla superficie del frutto visibilmente affetta da marciumi: 0 = 0 %; 1 = 1-2 %; 2 = 3-10 %; 3 = 11-20 %; 4 > 20 %.

2. Imbrunimento interno - indice medio calcolato attribuendo i seguenti valori in relazione alla gravità dell'imbrunimento della polpa: 0 = assenza di imbrunimento; 1 = lieve; 2 = moderato; 3 = grave; 4 = gravissimo.

* Le medie seguite da lettere diverse all'interno della stessa colonna e per ogni periodo di conservazione sono significativamente differenti per P = 5 %, secondo il test della DMS.

1. Decay - weighted average index related to the surface affected, where: 0 = 0 %; 1 = 1-2 %; 2 = 3-10 %; 3 = 11-20 %; 4 > 20 %.

2. Internal browning - average index rate related to the intensity of darkening of the flesh and evaluated according to the following scale: 0 = none; 1 = slight; 2 = moderate; 3 = severe and 4 = extreme.

* Means in columns for each storage period followed by different letters are significantly different at the 5 % level by LSD multiple range test.

incrementati (Spalding e Marousky, 1981; Bower e Cutting, 1987). Anche l'eccessiva perdita di peso può essere un fattore scatenante (Bower e Cutting, 1987), e gli effetti benefici derivanti dal confezionamento con film plastici (Scott e Chaplin, 1978; Chaplin e Hawson, 1981) possono essere in parte legati all'atmosfera modificata ed in parte alla forte riduzione delle perdite di peso. Sicuramente, nel nostro caso i valori di CO₂ e di O₂ raggiunti all'interno non sono stati tali da creare condizioni asfittiche, pertanto il loro effetto è stato positivo nel rallentare il processo di imbrunimento.

3.7. Tempo richiesto per il raggiungimento della maturazione di consumo

Il tempo impiegato per raggiungere lo stadio ottimale della maturazione di consumo, è stato simile sia nei frutti non confezionati, sia in quelli confezionati del gruppo B e C, sino a 2 settimane di frigoconservazione (tab. 1). A partire dalla quarta settimana il tempo medio per raggiungere lo stadio di maturazione è stato sempre più elevato per i frutti del gruppo A di quelli degli altri due gruppi. In particolare, dopo 8 settimane i frutti del controllo non sono più riusciti a maturare quando trasferiti a 20 °C, mentre quelli dei gruppi B e C hanno raggiunto la maturazione dopo circa 5 giorni.

Chaplin e Hawson (1981) ottennero un allungamento della vita post-raccolta in frutti di avocado chiusi in buste di polietilene e mantenuti a 20 °C e a 30 °C, nel nostro caso il confezionamento con il film plastico non ha dato alcun contributo nel ritardare la maturazione. » probabile che il fatto di aver sconfezionato i frutti solo dopo 3 giorni abbia in parte annullato la possibile azione di rallentamento del confezionamento sul processo di maturazione, ma ciò può essere vero solo in parte, perchè nei frutti non sconfezionati l'evoluzione della composizione dell'atmosfera interna in relazione alla CO₂ ed alla C₂H₄ è stata simile a quella dei frutti privi del film plastico. La scelta di togliere il film plastico non oltre 3 giorni

ni di permanenza a 20 °C è stata dettata dalla necessità di ridurre l'incidenza dei marciumi, infatti in una prova preliminare abbiamo notato che l'incidenza dei marciumi dopo una settimana di permanenza a temperatura ambiente era tale da rendere il prodotto non più commerciabile.

4. Conclusioni

I risultati da noi ottenuti con la presente prova confermano gli aspetti positivi riportati in precedenza da altri autori sull'uso del confezionamento con film plastici nella conservazione di frutti di avocado. In particolare, molto interessante è stato l'effetto del confezionamento nell'annullare quasi del tutto il manifestarsi dell'imbrunimento interno anche dopo 8 settimane di frigoconservazione e nel ridurre in maniera notevole le perdite di peso; certamente due aspetti molto importanti dal punto di vista commerciale.

Ininfluyente è stata l'azione del film plastico nel ritardare la maturazione dei frutti e del verificarsi del climaterio e del picco dell'etilene. Del resto, la concentrazione della CO₂ e dello O₂, se si esclude il momento del massimo climaterico, era rispettivamente troppo bassa e alta per avere una evidente azione di ritardo della maturazione.

I risultati raggiunti sono da considerare positivi, ma ulteriori prove che consentano di creare all'interno dei confezionamenti una composizione dell'atmosfera più povera di O₂ e ricca di CO₂ possono rendere più interessante l'uso dei film plastici non solo per la riduzione del calo peso e del DF durante la frigoconservazione, ma per il prolungamento della shelf-life.

BIBLIOGRAFIA

ADAMICKI F., 1984. *Effect of storage temperature and wrapping on the keeping quality of cucumber fruits.* Acta Hort. 156: 269-272.
BARONE F., COLAJANNI L., 1984. *Caratteristiche qualitative di frutti di avocado prodotti in Sicilia.* L'Informatore Agrario 49: 55-57.

BOWER J. P., VAN LELYVELD L. J., 1985. *The effect of stress history and container ventilation on avocado fruit polyphenol oxidase activity.* Journal of Horticultural Science 60: 545-547.
BOWER J. P., CUTTING J. G. M., 1987. *Some factors affecting post-harvest quality in avocado fruit.* S. Afr. Avocado Grower's Assoc. Yrb. 10: 143-146.
CALABRESE F., DE MICHELE A., ALLIATA V., PETRONICI C., 1980. *Osservazioni sul comportamento di alcune cultivar di avocado.* Frutticoltura X-XI: 25-30.
CHAPLIN G. R., HAWSON M. G., 1981. *Extending the postharvest life of unrefrigerated avocado (Persea americana Mill.) fruit by storage in polyethylene bags.* Scientia Horticulturae, 14: 219-226.
CONTINELLA G., 1978. *La coltura dell'avocado (Persea gratissima Gaertn.): primi risultati ottenuti in Sicilia.* Tecnica Agricola, 1: 63-97.
D'AQUINO S., PIGA A., CONTINELLA G., AGABBIO M., 1996. *Effect of pre-storage high temperature conditioning on fruit quality, respiration and ethylene production of Hass avocado fruit.* Adv. Hort. Sci. 10: 167-172.
DURAND B. J., ORCAN L., YANKO U., ZAUBERMAN G., FUCHS Y., 1984. *Effect of Waxing on Moisture Loss and Ripening of Fuerte Avocado Fruit.* HortScience 19: 42-43.
EAKS I. L., 1976. *Ripening, Chilling Injury, and Respiratory Response of Hass and Fuerte avocado fruits at 20 °C following Chilling.* J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101: 538-540.
EAKS I. L., 1983. *Effect of Chilling on Respiration and Ethylene Production of Hass Avocado Fruit at 20 °C.* HortScience 18: 235-237.
FAUBION D. F., MITCHELL F. G., MAYER G., 1992. *Response of Hass Avocado to Postharvest Storage in Controlled Atmosphere Conditions.* Proc. of Second World Avocado Congress pp. 467-472.
GOLAN A., KAHN V., SADOVSKI A. Y., 1977. *Relationship between Polyphenols and Browning in Avocado Mesocarp. Comparison between the Fuerte and Lerman Cultivars.* J. Agric. Food Chem. 25: 1253-1260.
HOFMAN P. J., HUSBAND B. M.,

1987. *The involvement of polyphenol oxidase, abscisic acid and gibberellins in the expression of mesocarp discoloration in Fuerte avocado fruit*. S. Afr. Avocado Growers' Assoc. Yrb. 10:135-137.
- IWATA T., YOSHIDA T., 1979. *Chilling injury in Japanese apricot (Prunus mume) fruits and preventive measures*. Stud. Inst. Hort., Kyoto Univ. 9: 135-140.
- JACKMAN R. L., YADA R. Y., MARANGONI A., PARKIN K. L., STANLEY D. W., 1988. *Chilling Injury: a Review of Quality Aspects*. Journal of Food Quality 11: 253-278.
- KADER A. A., 1986. *Biochemical and Physiological Basis for Effects of Controlled and Modified Atmospheres on Fruits and Vegetables*. Food Technology 99-104.
- MEIR S., AKERMAN M., FUCHS Y., AND ZAUBERMAN G., 1995. *Further studies on the controlled atmosphere storage of avocados*. Postharvest Biology and Technology 5: 323-330
- MENCARELLI F., LIPTON W. J., PETERSON S. J., 1983. *Response of zucchini squash to storage in low O₂ atmospheres at chilling and non chilling temperatures*. J. Am. Soc. Hort. Sci. 108: 884-890.
- OUDIT D. D., SCOTT K. J., 1973. *Storage of Hass avocados in polyethylene bags*. Trop. Agric. (Trinidad) 50: 241-243.
- PANTASTICO E. B., SOULE J., GRIERSON W., 1968. *Chilling injury in tropical and sub-tropical fruits: II. Limes and grapefruit*. Proc. Trop. Reg. Am. Soc. Hort. Sci. 12: 171-183.
- REEDERS W. F., HATTON T. T. JR., 1970. *Storage of Lula Avocados in Controlled Atmosphere. 1970 test*. Proc. Fla State Hort. Soc. 83: 403-405.
- REQUENA J. C., 1987. *The European avocado market: short (1990) and long-term (1995-2000) forecasts*. S. Afr. Avocado Growers' Assoc. Yrb. 10: 164-166.
- SCOTT K. J., GANDANEGARA S., 1974. *Effect of temperature on the storage life of bananas held in polyethylene bags with ethylene absorbant*. Trop. Agr. (Trinidad) 51: 23-26.
- SCOTT K. J., CHAPLIN G. R., 1978. *Reduction of chilling injury in avocados stored in sealed polyethylene bags*. Trop. Agric. (Trinidad) 55: 87-90.
- SEYMOUR G. B., TUCKER G. A., 1993. *Avocado*. In: SEYMOUR G. B., TAYLOR J., TUCKER G. (eds.). *Biochemistry of Fruit Ripening*. Published by Chapman & Hall, London: 53-81.
- SPALDING D. H., REEDERS W. F., 1972. *Quality of Booth and Lula Avocados Stored in a Controlled Atmosphere*. Proc. Fla State Hort. Soc. 85: 337-341.
- SPALDING D. H., REEDERS W. F., 1975. *Low-Oxygen High-Carbon Dioxide Controlled Atmosphere Storage for Control of Anthracnose and Chilling Injury of Avocados*. Phytopathology 65: 458-460.
- SPALDING D. H., MAROUSKY F. J., 1981. *Injury to Avocados by Insufficient Oxygen and Excessive Carbon Dioxide During Transit*. Proc. Fla State Hort. Soc. 94: 299-301.
- VAKIS N. J., 1982. *Storage behaviour of Ettinger, Fuerte and Hass avocados grown on Mexican rootstock in Cyprus*. Journal of Horticultural Science 57: 221-226.
- VAN LELYVELD L. J., BOWER J. P., 1984. *Enzyme reactions leading to avocado fruit mesocarp discoloration*. Journal of Horticultural Science 59: 257-263.
- WANG Y. W., 1989. *Chilling injury of fruits and vegetables*. Food Reviews international 5(2): 209-236.
- ZAUBERMAN G., SCHIFFMANN-NADEL M., 1972. *Respiration of Whole Fruit and Seed of Avocado at Various Stages of Development*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97: 313-315.

La ricerca è stata condotta con il supporto del MiRAAF, progetto «Frutti tropicali e subtropicali» (pubblicazione n. 640) e dell'Assessorato agricoltura e foreste della Regione Siciliana. Gli autori hanno contribuito in parti uguali alla realizzazione della presente ricerca.

Ringraziamenti. Gli autori ringraziano vivamente il dr. L. Garavaglia ed il sig. S. Monaldi (Grace Italiana - Cryovac Division - Passirana di Rho, Milano) per averci gentilmente fornito il film plastico utilizzato nella presente prova.