

Prolungare la *shelf life* more, lamponi, mirtilli e alkekengi prodotti in Sicilia: effetti delle tecnologie MAP ed EC

di

Ilenia Tinebra, Roberta Passafiume, Alessandra Culmone, Pasquale Roppolo, Vincenzo Guarino, Alessandro Ruggeri, Vittorio Farina

Dipartimento Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali (SAAF) - Università degli Studi di Palermo

La frutta è un componente essenziale di una dieta sana. L'Organizzazione Mondiale della Sanità suggerisce di consumare più di 400 g al giorno di frutta e verdura per migliorare la salute e ridurre il rischio di malattie cardiovascolari. I frutti di bosco rappresentano un gruppo eterogeneo di frutti dal colore attraente, consistenza delicata e sapore unico. Questo gruppo rappresenta una varietà di frutti rossi, blu o viola di piccole dimensioni, come le fragole, le more, i lamponi, i mirtilli e le bacche, generalmente definiti piccoli frutti. I piccoli frutti, nonostante siano considerati una coltura minore, sono molto apprezzati dai consumatori per il loro gusto e l'alto contenuto di composti antiossidanti e bioattivi e in Sicilia, nel Comune di Marsala esiste una importante realtà produttiva. Accanto a questi viene anche coltivato l'alkekengi, frutto esotico dal sapore forte, agrumato, ricco di vitamina C e acido citrico. Il frutto è circondato da un calice a forma di campanula, che lo ha reso famoso, in particolare,



Figura 1. Frutti utilizzati nella sperimentazione

come addobbo avendo l'aspetto di una lanterna cinese.

Negli ultimi anni si è, infatti, assistito a un aumento della loro popolarità e del loro consumo, crescita guidata da consumatori con un reddito più elevato e una maggiore consapevolezza della salute. Questi frutti si caratterizzano per il loro sapore acido e possono essere consumati freschi, congelati o come prodotti trasformati. Sono ricchi di composti fenolici, per lo più flavonoidi e antociani, responsabili non solo del colore dei frutti ma che possono esercitare effetti antiossidanti, antimicrobici, antinfiammatori, antitumorali e cardioprotettivi. Infatti, proprio grazie alla presenza dell'alto contenuto in composti antiossidanti, i piccoli frutti, possono essere

considerati alimenti funzionali.

Tuttavia, la durata di conservazione di queste bacche è molto breve a causa della loro elevata velocità di respirazione e del conseguente rammolimento della polpa e, quindi, del rapido decadimento qualitativo. La manipolazione post-raccolta di questi frutti, infatti, presenta una serie di sfide: le bacche sono spesso prive di una buccia protettiva e, quindi, molto suscettibili ai danni meccanici, alla perdita d'acqua e alla decomposizione fungina. Inoltre, sono dei frutti aclimaterici e, quindi, devono essere raccolti quasi alla piena maturazione, poiché non continuano a maturare una volta staccati dalla pianta madre. In questa fase, sebbene il frutto presenti caratteristiche organolettiche ade-

guate, risulta essere particolarmente deperibile.

La qualità dei piccoli frutti per i consumatori è in gran parte determinata dai parametri chimico-fisici, come colore, lucentezza, consistenza, assenza di difetti estetici, equilibrio tra dolcezza e acidità e presenza dell'aroma tipico. I cambiamenti del sapore e, soprattutto, della consistenza durante la conservazione possono avere un effetto decisivo sull'accettabilità da parte del consumatore.

La consistenza dei frutti è influenzata dalle caratteristiche fisiologiche dei frutti stessi, quali i costituenti biochimici, il contenuto d'acqua e la composizione della parete cellulare, e i cambiamenti nella consistenza si verificano a causa di modificazioni nella chimica dei componenti primari della parete cellulare.

Oltre ai parametri qualitativi fin ora descritti, le cause di perdita di prodotto e, quindi, di creazione di scarto alimentare includono, inoltre, la perdita di peso, la presenza di muffe e il raggrinzimento del frutto.

In particolare, il deperimento post-raccolta di questi frutti è provocato da vari patogeni fungini, quali *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea* o *Colletotrichum acutatum*, e il rischio di infezione aumenta a causa dei danni meccanici provocati durante la raccolta. Da studi precedenti si evince che l'incidenza della malattia fungina post-raccolta è direttamente correlata alla consistenza dei frutti.

Inoltre, sebbene per ottenere la massima qualità alla raccolta e mantenerla nelle fasi post raccolta è essenziale raccogliere le bacche allo stadio ottimale di maturazione, non provocare lesioni o segni sui frutti, la *shelf life* di questi frutti si attesta ad un periodo massimo di 3-5 giorni.

Tra i metodi di conservazione più utilizzati per mantenere la qualità dei piccoli frutti vi sono il tempesti-

vo pre-raffreddamento e la conservazione a basse temperature.

Ulteriori metodi di conservazione, alternativi o utilizzati in sinergia con le basse temperature, sono la modified atmosphere packaging (MAP) e gli edible coating (EC) noti anche come film edibili.

Come riportato in letteratura questi ultimi due metodi mostrano diversi vantaggi nella conservazione degli alimenti, prolungandone la *shelf life* e mantenendo inalterate le caratteristiche organolettiche e nutrizionali.

La MAP è una tecnologia di conservazione post-raccolta degli alimenti basata sul processo dinamico di alterazione della composizione gassosa all'interno di una confezione sigillata, determinato dalla permeabilità del film di imballaggio e dalla respirazione del frutto al suo interno (Tinebra *et al.*, 2021).

Come riportato in letteratura, la MAP si è rivelata capace di ritardare l'inizio del processo di maturazione dei piccoli frutti, anche se percentuali elevate di anidride carbonica possano alterare il contenuto in composti bioattivi.

Gli EC sono, invece, un metodo meno invasivo e più ecologico per mantenere le qualità organolettiche dei frutti. Le direttive europee e il *Code of Federal Regulations* statunitense li definiscono come "rivestimenti formulati con additivi alimentari". I requisiti che definiscono un EC sono, infatti, la trasparenza e le proprietà barriera al vapore acqueo e ai soluti permeabili, la permeazione selettiva dei gas e dei composti volatili; un EC deve essere, inoltre, inodore e insapore, in modo da non alterare il profilo sensoriale del frutto. La sua composizione deve essere conforme alle normative della *Food and Drug Administration* (FDA) o acquisire lo status di GRAS (*Generally Recognized as Safe*). Il rivesti-

mento commestibile è, quindi, una formulazione di materiali commestibili, dove ogni componente svolge una funzione specifica a seconda del frutto su cui viene applicata la soluzione (Passafiume *et al.*, 2022).

Secondo recenti studi, uno degli estratti vegetali con elevate proprietà fungine e antibatteriche è l'olio estratto dall'*Azadirachta indica*, nota anche come pianta del *neem*, appartenente alla famiglia delle *Meliaceae*. Questa pianta ha numerose proprietà antiossidanti, microbiche, medicinali e contiene diversi composti bioattivi, come l'azadiractina, la salannina, la nimbidina, il margolonone, la gedunina e altri, che sono sicuri per gli alimenti e possono essere utilizzati per la loro conservazione.

Ulteriore sostanza naturale con effetto antimicotico e antimicrobico è il gel di *Aloe vera*; questa, inoltre, fornisce 20 dei 22 aminoacidi richiesti dalla dieta umana e 7 degli 8 aminoacidi essenziali ed è una buona fonte di vitamine che agiscono come antiossidanti, neutralizzando i radicali liberi. L'obiettivo di questo lavoro è stato, quindi, quello di applicare MAP mediante l'uso di gas naturali e/o gli EC utilizzando sostanze naturali, al fine di mantenerne la qualità organolettica e nutrizionale dei piccoli frutti, prolungandone la *shelf life*. In particolare, sono stati applicati 6 diversi trattamenti su frutti di *Rubus subg. Rubus*, *Rubus idaeus*, *Vaccinium myrtillus*, *Physalis alkekengi* (Fig. 1) e ne è stata valutata l'evoluzione delle caratteristiche organolettiche per un periodo di 9 giorni.

MATERIALI E METODI

Materiale vegetale

Sono state scelte quattro diverse specie di piccoli frutti, more (*Rubus subg. Rubus*), lamponi (*Rubus idaeus*), mirtilli (*Vaccinium myrtillus*), alkekengi (*Physalis alkekengi*),

raccolti a maturazione commerciale presso l'azienda "Gambina", sita a Marsala (coordinate 38°6'44.859"N, 13°20'47.063"E), Trapani. Sono stati selezionati frutti senza lesioni fisiche o infezioni e già calibrati.

Il genere *Rubus*, appartenente alla famiglia delle *Rosaceae*, è composto da migliaia di specie di more (*Rubus subg. Rubus*) e lamponi (*Rubus idaeus*). I lamponi e le more sono consumati come frutti freschi o come prodotti trasformati, come marmellate, gelatine, sciroppi, succhi e dessert. Questi frutti hanno alti livelli di sostanze nutritive, soprattutto minerali, vitamine e zuccheri, nonché di composti fitochimici, soprattutto fenolici (acidi fenolici, flavonoidi come antociani e flavonoli, e tannini). Dal punto di vista botanico sono definiti come "un tipo di frutto corpolento in cui l'ovario di un singolo fiore si sviluppa in una porzione carnosa commestibile (cioè il pericarpo)".

Il mirtillo (*Vaccinium myrtillus* L.) è un frutto di colore blu scuro che appartiene al genere *Vaccinium*, famiglia delle *Ericaceae* e comprende circa 450 specie di alberi, arbusti, sub-arbusti ed emifite distribuite in tutto il mondo. Questi frutti sono solitamente consumati freschi, tuttavia, a causa della loro breve durata di conservazione, vengono anche congelati, essiccati o lavorati sotto forma di marmellate, succhi e vini o liquori. Questi frutti sono descritti come un'importante fonte di composti fenolici e carotenoidi, che contengono anche livelli moderati di altri micronutrienti, come le vitamine. Tuttavia, è grazie all'elevata presenza di antociani che questi frutti sono riconosciuti per le loro proprietà bioattive. Le antocianine, oltre a essere responsabili del colore blu dei mirtilli, sono il principale gruppo di flavonoidi presenti in queste bacche

e sono state associate a molti effetti benefici per la salute, come la prevenzione o il trattamento di malattie cardiovascolari, obesità, diabete, malattie dell'invecchiamento, infezioni del tratto urinario e malattie parodontali. Secondo la letteratura, il profilo antocianico del mirtillo consiste in quindici composti principali, derivati da cinque agliconi (delfinidina, cianidina, petunidina, peonidina e malvidina) legati a diversi zuccheri (galattosio, glucosio e arabinosio).

Il genere *Physalis*, che appartiene alla famiglia delle *Solanaceae*, comprende circa 120 specie distribuite principalmente in Messico, Europa, Sud-Est e Asia centrale. Alcune di esse (*P. peruviana* L., *P. philadelphica* L., *P. angulata* L. e *P. alkekengi* L.) sono utilizzate sia come alimento che nella medicina popolare. *P. alkekengi*, conosciuto come "ciliegio d'inverno", è usato nella medicina cinese come espettorante, diuretico, analgesico, antibatterico e contraccettivo nella medicina popolare. Le specie di *Physalis* sono note per contenere 16,24-ciclo-13,14-secosteroidi chiamati *physaline*, che hanno un ampio spettro di attività biologiche, tra cui antileucemici, antitumorali, immunomodulatori, citotossici, antimicobatterici, antimicrobici e anti-tiepatoma.

Protocollo sperimentale

Sono stati utilizzati due diversi trattamenti post-raccolta, singolarmente e congiunti, quali l'atmosfera modificata (MAP) e i rivestimenti commestibili (EC).

Per determinare il potenziale della tecnologia MAP è stata utilizzata una miscela di gas naturale contenente 30% CO₂ + 10% O₂ + 60% N₂ e i frutti sono stati confezionati in sacchetti di poliammide/polietilene (PA/PE) mediante una confezio-

natrice a campana (Orved VM 16). La miscela ad alta percentuale di CO₂ è stata scelta per sfruttare il noto effetto batteriostatico dell'anidride carbonica e il suo effetto residuo sulla conservabilità dei frutti. Allo stesso tempo, è stato mantenuto il 10% di O₂ per evitare il metabolismo anaerobico responsabile della formazione di composti indesiderati come l'acetaldeide (Pesis *et al.*, 2002; Rodov *et al.*, 2000) e N₂ è stato scelto come gas di riempimento per proteggere i frutti dai danni meccanici durante la conservazione.

Gli EC applicati prevedevano, invece, l'uso alternativo di olio essenziale di *Neem* e gel *Aloe vera* (Passafiume *et al.*, 2022). In particolare, gli EC erano così formulati:

1. C1: 0.33% Idrossipropilmetilcellulosa (HPMC), 0.5 % Carbonato di calcio (CaCl₂) e 3.3% di olio di *Neem*;

2. C2: 0.33% HPMC, 0.5 % CaCl₂ e gel di *Aloe vera* (AVG).

Per la preparazione del C2 sono state utilizzate 1 Kg di foglie di *Aloe* (Farina *et al.*, 2020)

Infine, si è voluto valutare la sinergia tra le due tecniche di conservazione (MAP e EC) e, pertanto, sono stati applicati ulteriori due trattamenti:

- MAP + C1;
- MAP + C2.

Tutti i trattamenti sono stati comparati con frutti non trattati (CTR) e le analisi chimico-fisiche sono state effettuate ogni 3 giorni per un periodo complessivo di conservazione e i frutti sono stati conservati alla temperatura di 4±1°C per un periodo di 9 giorni.

Analisi chimico-fisiche

1. La perdita di peso è stata misurata ogni tre giorni con una bilancia digitale di precisione a due cifre decimali (Gi bertini, Italia). Il valore è stato espresso in gr e calcolato come:

Perdita di peso = $(W_i - W_t) / W_i$
dove W_i è il peso iniziale e W_t è il peso misurato durante la conservazione.

2. La consistenza della polpa (N) è stata determinata in due lati opposti del frutto mediante una macchina di prova universale TA.XTplus *Texture Analyzer* (Stable Micro System, Godalming, Surrey, Regno Unito) dotata di una piattaforma HDP/90 e di una cella di carico da 5 kg.

3. Il contenuto di solidi totali solubili (SST - °Brix) è stato stimato con un rifrattometro ottico digitale ATAGO (Atago Co., Ltd, Tokyo, Giappone). L'acidità titolabile (TA - $g \cdot L^{-1}$ MA%) e il valore del pH sono stati misurati con un titolatore Crison Compact pH meter (Crison Instruments, SA, Barcellona, Spagna). Infine, è stato calcolato il rapporto tra SST/TA.

4. Per valutare il colore dei frutti è stato utilizzato un colorimetro Minolta (Chroma Meter CR-400, Konica Minolta Sensing Inc., Tokyo, Giappone). Lo strumento è stato calibrato utilizzando una piastra bianca standard. Lo spazio colore utilizzato per l'analisi dei dati è il sistema CIE Lab* e, in particolare, si è tenuto del cambiamento di colore rispetto al giorno 0 (subito dopo la raccolta), mediante la valutazione del ΔE :

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0)^2 + (a^* - a_0)^2 + (b^* - b_0)^2}$$

5. È stato, infine, calcolato il *decay*

index (D.I.) tramite la valutazione dei sintomi (lesioni) e dei segni (muffe) sui frutti. La determinazione del livello di contaminazione è stata valutata visivamente secondo la classificazione di Saleh e Al Thani, 2019:

- nessun sintomo visibile (non infetto); frutti sani, livello 0;
- bassa contaminazione (infezione lieve): 1-4 lesioni (macchie), livello 1;
- contaminazione moderata (infezione moderata): 5-10 lesioni, livello 2;
- contaminazione elevata (forte infezione): più di 10 lesioni (frutti coperti da macchie), livello 3.

L'equazione per il calcolo del danno fisico è la seguente:

$$D.I. = (1n + 2n + 3n + 4n) / N$$

in cui n è il numero dei frutti classificati per ogni livello di contaminazione e N è il totale dei frutti analizzati per ogni trattamento. Il D.I. è stato valutato ad intervalli di 3 giorni fino al nono giorno di conservazione.

Analisi statistica

Tutti i dati rilevati, presentati come media \pm deviazione standard, sono stati sottoposti ad analisi statistica secondo uno schema sperimentale fattoriale con 3 ripetizioni, utilizzando il pacchetto statistico Minitab 17.1, 2013, Minitab Inc. Per ogni variabile sperimentale è stata effettuata l'analisi della varianza (ANOVA) per verificare la significatività

dei dati, cui differenza significativa è stata apprezzata utilizzando il test di Tukey per $p \leq 0.05$.

Risultati e discussioni

- *Rubus subg. Rubus* (more) e *Rubus idaeus* (lamponi)

Come già detto in precedenza, questi frutti hanno una breve *shelf life* a causa dell'elevato tasso di respirazione e, di conseguenza, al rapido decadimento post-raccolta.

Inoltre, un altro disturbo fisiologico che può colpire le bacche durante la conservazione è la perdita d'acqua, che a sua volta provoca l'avvizzimento dei frutti, la perdita di lucentezza e svolge un ruolo importante nella degradazione degli antociani. La perdita d'acqua accelera la senescenza del frutto e la quantità massima consentita di acqua che può essere persa, prima che il prodotto diventa non commerciabile, è del 6%.

Dalla valutazione della perdita di peso dei frutti durante l'intero periodo di conservazione e, come si può notare dalla Figura 2, nelle more vi sono differenze significative tra i diversi trattamenti già dal terzo giorno di conservazione, mentre nei lamponi queste differenze si notano soltanto dopo sei giorni di conservazione. In particolare, nelle more il trattamento che ha dato i migliori risultati in termini di conservazione del peso

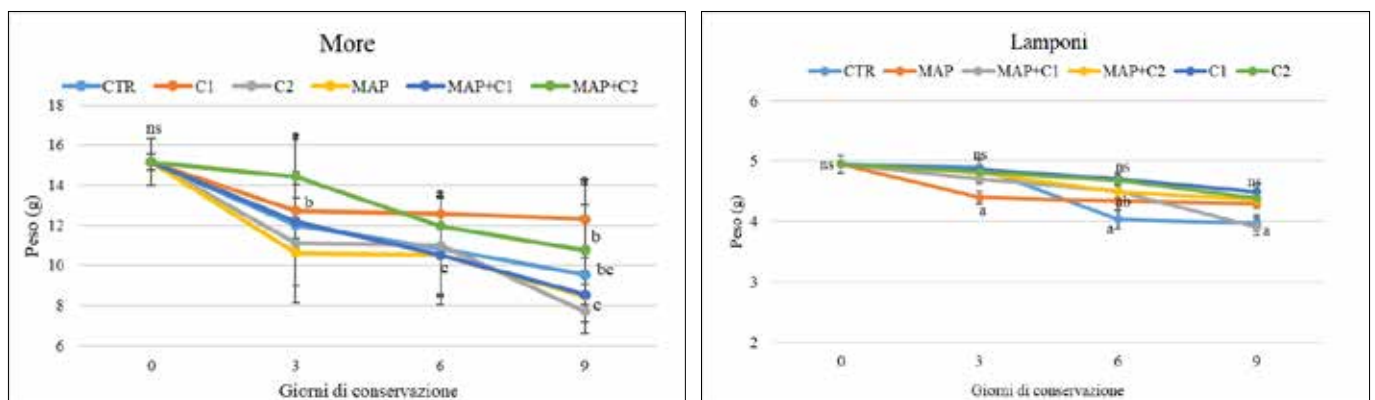


Figura 2. Perdita di peso dei frutti durante l'intero periodo di conservazione. I dati corrispondono alle medie \pm deviazione standard di tre repliche. Le medie con lettere diverse sono significativamente diverse a $p \leq 0.05$ utilizzando il test di Tukey. Ns = non significativo. Le lettere diverse indicano differenze significative ($p \leq 0.05$) tra i diversi trattamenti per lo stesso tempo di campionamento.

nelle more è il C1, ovvero il rivestimento commestibile contenente olio di Neem e carbonato di calcio. Per tale trattamento, infatti il peso subisce una lieve diminuzione dopo i primi tre giorni di conservazione (da 15g a 14g) per poi mantenersi costante fino al nono giorno, con una perdita complessiva del 3%. I trattamenti che, invece, hanno subito una perdita di peso maggiore sono stati il trattamento MAP, singolo e in sinergia con gli EC, il trattamento C2 e il CTR. La maggiore tenuta del peso nei frutti trattati con C1 è molto probabilmente dovuta all'azione combinata tra olio di Neem, carbonato di calcio e HPMC.

In particolare, come riportato in letteratura l'HPMC riesce a creare sul frutto un rivestimento composito, con particelle idrofobiche in una matrice idrofila, con buone proprietà di barriera al vapore acqueo e, di conseguenza, con un controllo maggiore della perdita di peso fisiologica dei frutti. Inoltre, il calcio inserendosi tra le lamelle della parete cellulare dei frutti ne rinforza la struttura e quindi la resistenza al rammollimento.

Nei lamponi, invece, come possiamo notare dal grafico 2 non vi sono differenze significative nella perdita di peso anche se i frutti, come vedremo in seguito, hanno perso totalmente

la struttura esterna, diventando deliquescenti.

Nei piccoli frutti, come accennato in precedenza, l'elevata velocità di respirazione è direttamente correlata ad una perdita di consistenza. La progressiva perdita di consistenza è associata a una perdita di resistenza della buccia che porta all'ammorbidimento del frutto, che a sua volta favorisce l'insorgenza di muffe con perdita del prodotto.

Dai risultati ottenuti (Fig. 3), possiamo notare come vi sono delle differenze nel comportamento post raccolta delle due specie.

Le more, infatti, mantengono una consistenza elevata per l'intero periodo di conservazione (9 giorni), non raggiungendo valori inferiori a 1N in tutti i trattamenti; nei lamponi, invece, la consistenza si mantiene quasi inalterata fino al terzo giorno di conservazione per poi diminuire drasticamente in tutti i trattamenti. In particolare, come possiamo notare dalla Fig. 3, il trattamento che è riuscito a mantenere maggiormente la consistenza nei lamponi è il C1, probabilmente grazie al fatto che il gel di *Aloe vera* riesce a formare sul frutto un rivestimento commestibile dello spessore di circa 0.3 mm, che riduce la velocità di permeazione di gas e, quindi, rallenta l'evapotraspirazione mantenendo maggiormente

la struttura del frutto.

Nelle more, invece, è stata osservata una diminuzione minore della consistenza nei frutti trattati con MAP e C2 rispetto al controllo e agli altri trattamenti. Questa probabilmente è associata a uno stress fisiologico espresso con un rammollimento accelerato dei frutti.

In letteratura, è stato riportato come una maggiore ritenzione della consistenza possa essere espressione a un'esposizione di breve durata ad elevate concentrazioni di CO₂; tale comportamento può essere correlato a cambiamenti di pH nell'apoplasto che inducono l'adesione cellula-cellula mediante un aumento del calcio cellulare. Ciò può favorire la formazione di pectati di calcio nella parete cellulare che potrebbero spiegare i risultati osservati (Beaudry *et al.*, 1992).

È stato valutato, inoltre, il rapporto SST/TA (Fig. 4), ovvero il rapporto zuccheri/acidi, poiché descritto in letteratura come parametro da prendere in considerazione per verificare l'accettabilità del frutto da parte del consumatore; un valore del rapporto zuccheri-acidi elevato corrisponde ad una maggiore apprezzabilità del frutto. Dalla valutazione dei risultati ottenuti, nelle more il valore di tale rapporto si riduce nel periodo di conservazione mentre, nei lamponi

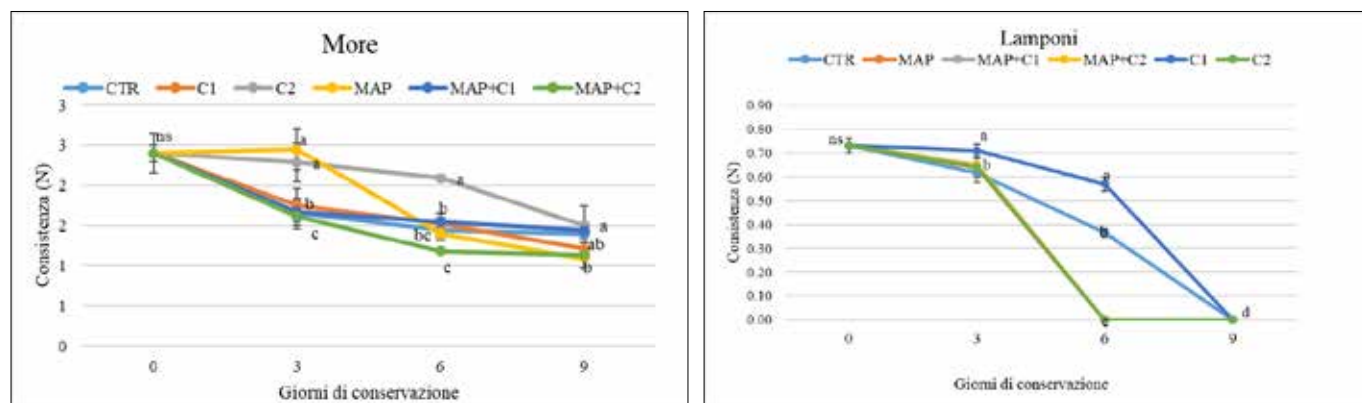


Figura 3. Evoluzione della consistenza dei frutti durante l'intero periodo di conservazione. I dati corrispondono alle medie ± deviazione standard di tre repliche. Le medie con lettere diverse sono significativamente diverse a $p \leq 0.05$ utilizzando il test di Tukey. ns = non significativo. Le lettere diverse indicano differenze significative ($p \leq 0.05$) tra i diversi trattamenti per lo stesso tempo di campionamento.

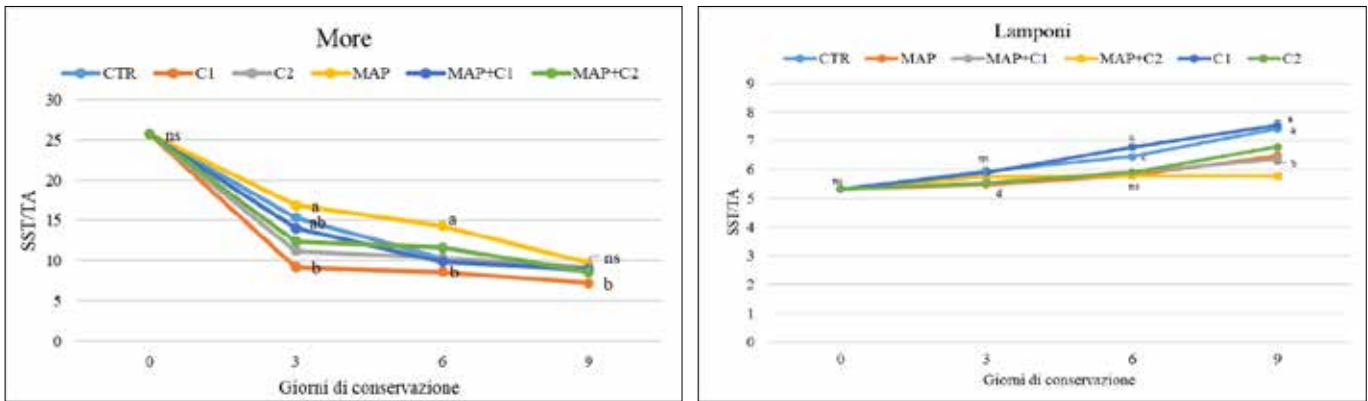


Figura 4. Evoluzione del rapporto SST/TA dei frutti durante l'intero periodo di conservazione. I dati corrispondono alle medie \pm deviazione standard di tre repliche. Le medie con lettere diverse sono significativamente diverse a $p \leq 0.05$ utilizzando il test di Tukey. ns = non significativo. Le lettere diverse indicano differenze significative ($p \leq 0.05$) tra i diversi trattamenti per lo stesso tempo di campionamento.

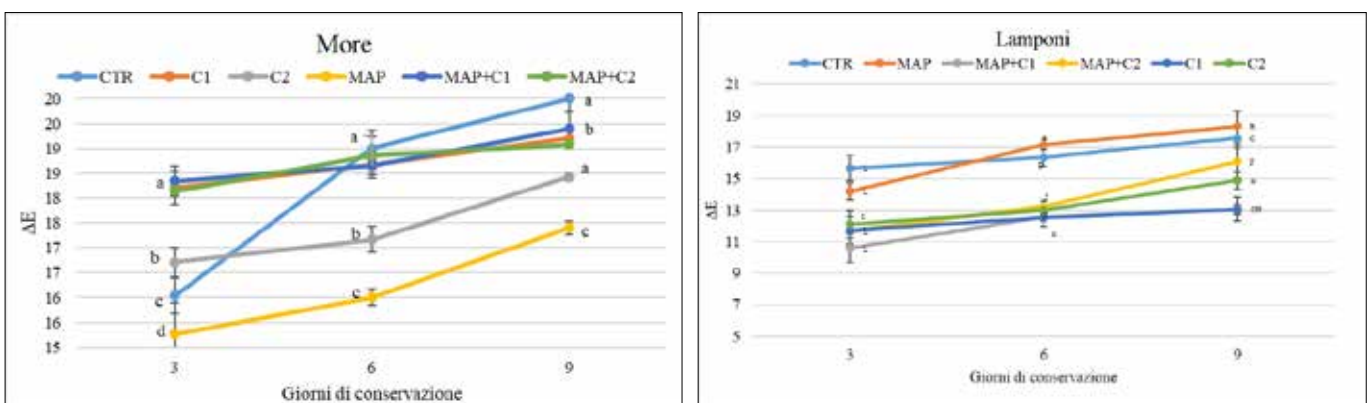


Figura 5. Variazione di colore (ΔE) dei frutti durante l'intero periodo di conservazione. I dati corrispondono alle medie \pm deviazione standard di tre repliche. Le medie con lettere diverse sono significativamente diverse a $p \leq 0.05$ utilizzando il test di Tukey. ns = non significativo. Le lettere diverse indicano differenze significative ($p \leq 0.05$) tra i diversi trattamenti per lo stesso tempo di campionamento.

ni questo aumenta anche se non vi sono delle differenze significative tra i diversi trattamenti fino al 9 giorno di conservazione.

La diminuzione del rapporto SST/TA può essere spiegata considerando che durante il processo di maturazione, gli acidi presenti nei frutti si degradano, il contenuto di zucchero aumenta e il rapporto zuccheri/acidi raggiunge valori più elevati. Un livello elevato di acidità, che si esprime in uno sbilanciamento del rapporto SST/TA verso gli acidi, è comune in frutti caratterizzati da un sapore acidulo. Tale connotazione viene apprezzata dai consumatori poiché rende il frutto dal sapore particolare e caratteristico, caratterizzato da un equilibrio ottimale tra dolce e acidulo.

Dalla valutazione del ΔE , notiamo come nelle more (Fig. 5) vi è una va-

riazione del colore, rispetto al giorno zero, dei frutti CTR già a partire dal 3° giorno di conservazione mentre i campioni che mantengono il colore simile al frutto fresco sono quelli trattati in MAP; allo stesso modo i frutti trattati con gel di *Aloe vera* e HPMC hanno subito una minore variazione del colore nei 9 giorni

di osservazione rispetto al giorno di raccolta (Fig. 6).

La maggiore ritenzione del colore nei frutti trattati in MAP probabilmente è dovuta all'azione del gas che, come riportato anche in letteratura, riduce la degradazione degli antociani, responsabili del caratteristico colore dei frutti. Nei lamponi,



Figura 6. More trattate con MAP (30% CO₂ + 10% O₂ + 60% N₂) dopo 9 giorni di conservazione alla temperatura di 4 \pm 1°C.



Figura 7. Lamponi trattati con C1 (0.33% HPMC, 0.5 % CaCl₂ e 3.3% di olio di Neem) dopo 9 giorni di conservazione alla temperatura di 4±1°C.

invece, i frutti che hanno avuto una minore variazione del colore sono quelli trattati con C1, probabilmente grazie all'azione antiossidante esplicata dall'olio essenziale di Neem che, quindi, ha rallentato l'imbrunimento enzimatico dovuto all'azione dell'enzima polifenolossidasi; tale enzima, inoltre, per poter esplicare la sua azione necessita di ossigeno, quindi, lo spessore creato dall'EC diminuendo la permeazione del gas ne ha, indirettamente, rallentato l'azione degradativa (Fig.7).

Infine, in Figura 8 è possibile notare come i piccoli frutti di more non trattati (CTR) abbiano avuto un D.I. maggiore rispetto ai frutti trattati. Il livello di contaminazione

CTR è risultato pari a 2, seguito dai trattamenti C2 e C1 che hanno raggiunto un livello di contaminazione pari a 1.67 nell'ultimo giorno di rilievi. Osservazioni positive si sono riscontrate sui trattamenti a base di MAP e MAP + C1, che hanno mantenuto un andamento invariato nell'arco dell'intera sperimentazione. Tale andamento positivo può essere spiegato non solo riferendosi all'azione batteriostatica esplicata dei gas, come riportato più volte in letteratura, ma anche dal fatto che la MAP coadiuvata ad un EC riesce a contrastare il deterioramento microbico, mantenendo le caratteristiche di sicurezza alimentare per un periodo elevato.

• *Vaccinium myrtillus* (mirtilli)

Sempre più ricerche hanno confermato i benefici per la salute attribuiti al consumo di mirtilli, come l'aumento delle funzioni cognitive del cervello, la diminuzione del rischio di depressione, la funzione protettiva contro le malattie cardiovascolari e il cancro e molti altri benefici per la salute. Per tali ragioni, i mirtilli vengono considerati *superfood* e sono molto apprezzati dai consumatori.

I fattori che limitano la conservabilità di tali frutti sono l'elevata deperibilità dovuta alla maturazione, al rammollimento, alla perdita di acqua, alle lesioni meccaniche dovute alla raccolta e allo stoccaggio.

Dall'analisi dei risultati si evince che, per quanto riguarda la perdita di peso (Fig. 9) i trattamenti che hanno dato i migliori risultati sono stati C2 e MAP fino al 6° giorno di conservazione, successivamente è stata osservata una perdita di peso in tutti i trattamenti, maggiore nei frutti CTR e MAP+C2.

Tali dati sono stati confermati anche dallo studio dell'evoluzione del contenuto in succo (mL su 100g di polpa), in cui appare una ritenzione maggiore del parametro nei frutti trattati con

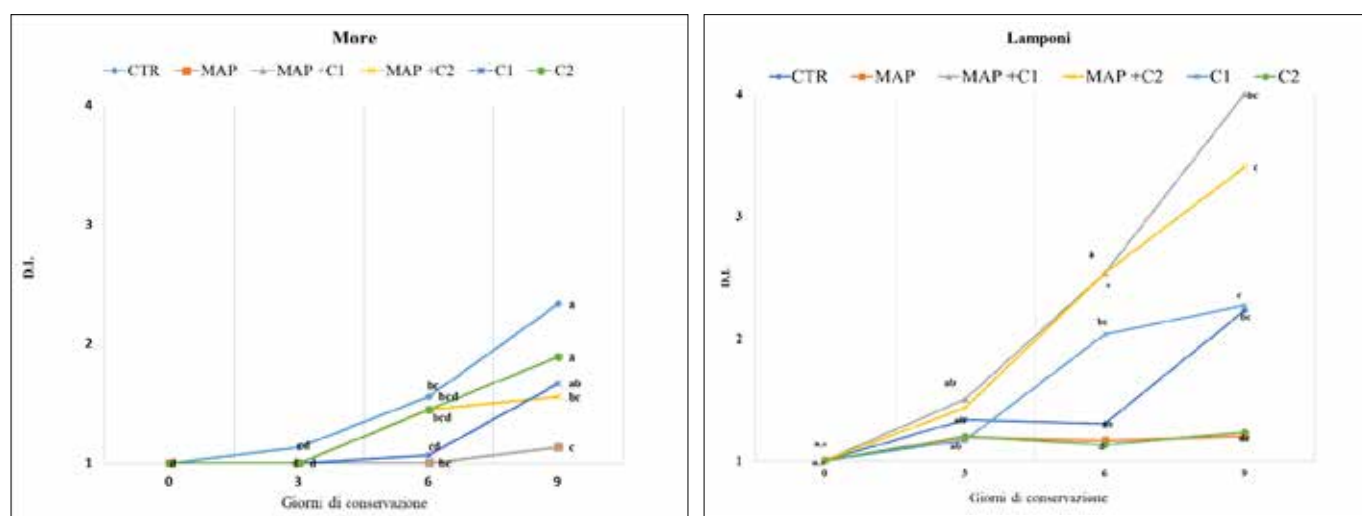


Figura 8. Indice di deterioramento (D.I.) calcolato nei frutti per i diversi trattamenti, rispettivamente (MAP, MAP+C1, MAP +C2, C1, C2) e nei frutti controllo (CTR). I dati corrispondono alle medie ± deviazione standard di tre repliche. Le medie con lettere diverse sono significativamente diverse a $p \leq 0.05$ utilizzando il test di Tukey. ns = non significativo. Le lettere diverse indicano differenze significative ($p \leq 0.05$) tra i diversi trattamenti per lo stesso tempo di campionamento.

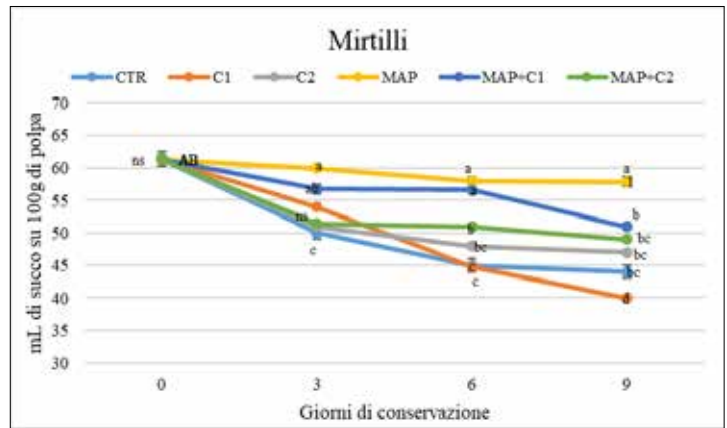
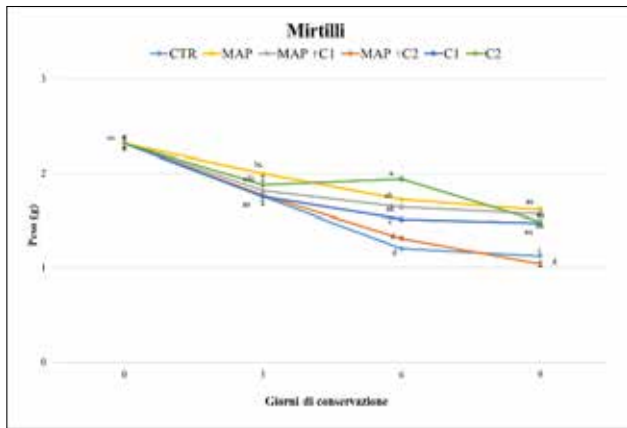


Figura 9. Evoluzione del peso e della succosità dei frutti durante l'intero periodo di conservazione. I dati corrispondono alle medie \pm deviazione standard di tre repliche. Le medie con lettere diverse sono significativamente diverse a $p \leq 0.05$ utilizzando il test di Tukey. ns = non significativo. Le lettere diverse indicano differenze significative ($p \leq 0.05$) tra i diversi trattamenti per lo stesso tempo di campionamento.

MAP; tali campioni, infatti, subiscono una diminuzione inferiore all'1% rispetto al valore iniziale.

I frutti CTR e C1 sono, invece, i campioni che hanno mostrato una perdita di succosità più elevata, diminuendo rispettivamente da un valore di 61 ± 1 mL/100g al giorno 0 a 40 ± 1 mL/100g alla fine del periodo di conservazione.

La ritenzione del peso, quindi, della succosità è direttamente correlata al rallentamento della velocità di respirazione e dell'evapotraspirazione. Nel nostro studio la maggiore ritenzione dei due parametri per l'intero periodo di osservazione può essere, probabilmente, dovuta al fatto che

i gas hanno formato una barriera protettiva attorno al frutto che interagendo con i recettori responsabili del decadimento li inattiva o ne rallenta l'azione. Tali dati sono confermati anche dall'evoluzione della consistenza, che si è mantenuta maggiormente nei frutti trattati in MAP (Fig. 10).

I mirtilli conservati in MAP hanno mostrato una maggiore concentrazione di zuccheri ($^{\circ}$ Brix) alla fine della conservazione a freddo, mentre negli altri trattamenti si assiste ad una marcata diminuzione delle concentrazioni di acidi organici e degli zuccheri solubili. Tale evoluzione è stata valutata tenendo con-

to del parametro SST/TA e, come possiamo vedere dal grafico (Fig. 11), i frutti trattati in MAP mantengono dei valori elevati a partire dal terzo giorno di conservazione e per l'intero periodo di osservazione. Considerato che, come riportato in letteratura, una diminuzione della concentrazione in SST si traduce in più elevati tassi di respirazione, possiamo dedurre che probabilmente nei frutti conservati in MAP il tasso di respirazione è stato ridotto dalla diminuzione della concentrazione di O_2 . Questa risposta metabolica è dovuta alla diminuzione dell'attività di enzimi ossidanti come la polifenolossidasi, l'acido glicolico

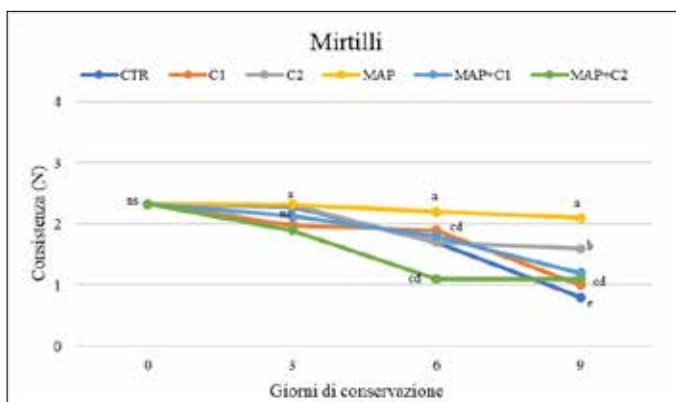


Figura 10. Evoluzione della consistenza dei frutti durante l'intero periodo di conservazione. I dati corrispondono alle medie \pm deviazione standard di tre repliche. Le medie con lettere diverse sono significativamente diverse a $p \leq 0.05$ utilizzando il test di Tukey. ns = non significativo. Le lettere diverse indicano differenze significative ($p \leq 0.05$) tra i diversi trattamenti per lo stesso tempo di campionamento.

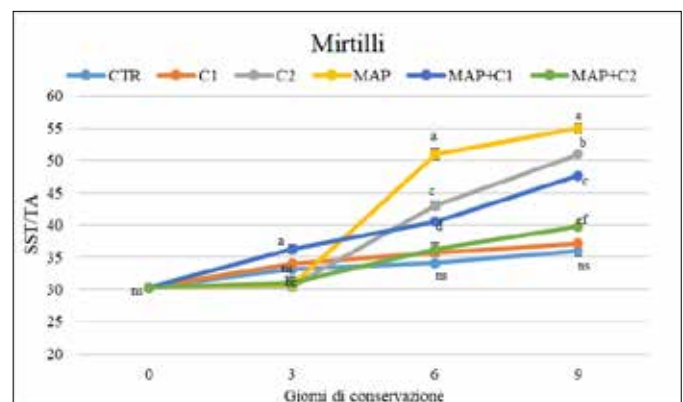


Figura 11. Evoluzione del rapporto SST/TA dei frutti durante l'intero periodo di conservazione. I dati corrispondono alle medie \pm deviazione standard di tre repliche. Le medie con lettere diverse sono significativamente diverse a $p \leq 0.05$ utilizzando il test di Tukey. ns = non significativo. Le lettere diverse indicano differenze significative ($p \leq 0.05$) tra i diversi trattamenti per lo stesso tempo di campionamento.

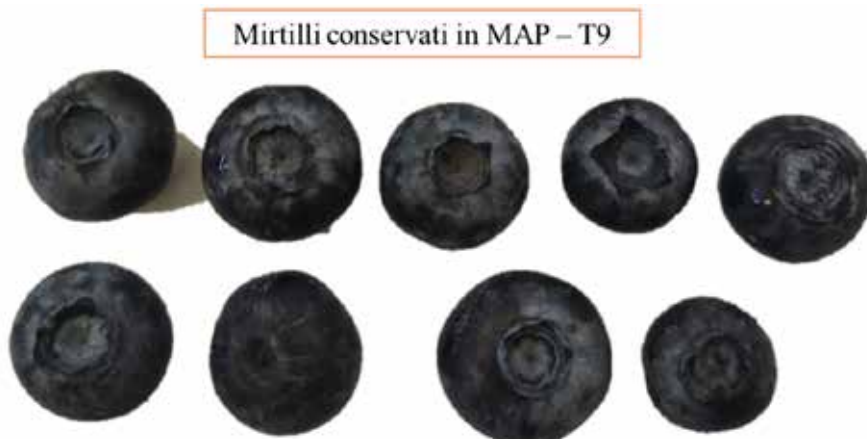


Figura 12. Mirtilli trattati con MAP (30% CO₂ + 10% O₂ + 60% N₂) dopo 9 giorni di conservazione alla temperatura di 4±1°C.

ossidasi e l'acido ascorbico ossidasi. Pertanto, la diminuzione del tasso di respirazione ritarda la degradazione enzimatica dei substrati complessi, prolungando così la durata di conservazione dei prodotti.

Anche in questo caso, dalla valutazione del ΔE, notiamo come i frutti conservati in MAP non abbiano avuto variazioni significative del colore rispetto al giorno 0 (Fig. 12).

La variazione del colore (Fig. 13) è direttamente correlata al contenuto in antocianine nei mirtilli, considerato che l'elevato contenuto in quest'ultime è responsabile del caratteristico colore dei frutti.

Possiamo, quindi, dedurre che il

trattamento MAP ha ridotto la degradazione del contenuto di antociani, così come riportato da altri autori.

Dal grafico sul D.I., presente in Figura 14, si può osservare come i frutti del trattamento C2 abbiano avuto l'indice di deterioramento più alto, a seguire vi sono i trattamenti di e MAP+C1 e CTR (frutti non trattati), con andamento identico per l'intero periodo di conservazione. Il trattamento che ha mantenuto in tutta la fase di sperimentazione, l'indice più basso, con livello di contaminazione quasi pari a 0, è stato il trattamento MAP. Tale andamento può essere giustificato dall'azione

batteriostatica e fungistatica esplicita dalla CO₂ presente nella miscela di gas utilizzata nella MAP.

Diversi autori hanno, infatti, dimostrato che l'efficacia del gas ad inibire la crescita batterica dipende dalla temperatura e della concentrazione di gas disciolta nel prodotto; tutto ciò avviene poiché l'anidride carbonica provoca una variazione del Ph che ritarda la fase di latenza dei microrganismi provocando l'inibizione diretta dei sistemi enzimatici; alterazione della funzione delle membrane cellulari, compresi l'assorbimento e la captazione dei nutrienti; cambiamenti diretti nelle proprietà fisiche e chimiche delle proteine (Giovannelli *et al.*, 2014; Khorshidi *et al.*, 2011; Kumar *et al.*, 2018).

• *Physalis alkekengi*

Per quanto riguarda il frutto di alkekengi sono stati applicati solo due tipi di trattamenti, MAP e CTR; ciò perché il frutto difficilmente si adatta all'applicazione di un rivestimento commestibile, vista la presenza del calice che copre il frutto.

Come possiamo notare dalla figura 15 non vi sono differenze significative nella perdita di peso e nell'evo-

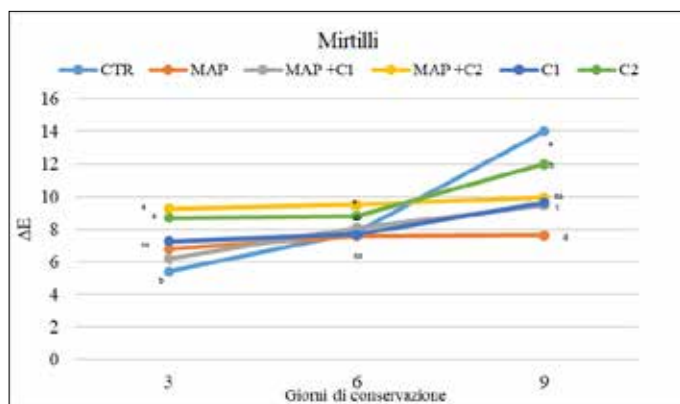


Figura 13. Variazione di colore (ΔE) dei frutti durante l'intero periodo di conservazione. I dati corrispondono alle medie ± deviazione standard di tre repliche. Le medie con lettere diverse sono significativamente diverse a $p \leq 0.05$ utilizzando il test di Tukey. ns = non significativo. Le lettere diverse indicano differenze significative ($p \leq 0.05$) tra i diversi trattamenti per lo stesso tempo di campionamento.

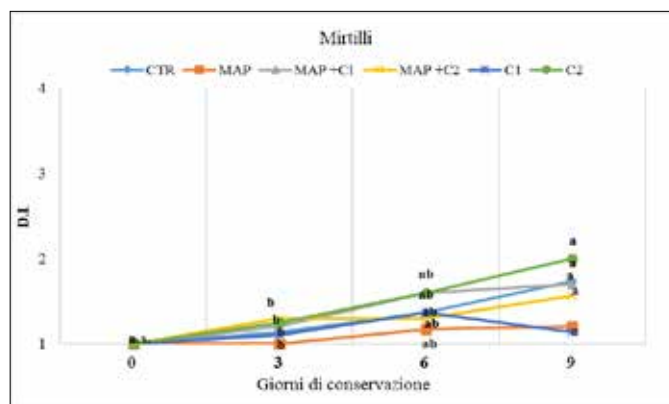


Figura 14. Indice di deterioramento (I.D.) calcolato nei frutti di mirtillo (*Vaccinium myrtillus* L.) nei di diversi trattamenti, rispettivamente (MAP, MAP+C1, MAP +C2, C1, C2) e nei frutti controllo (CTR).

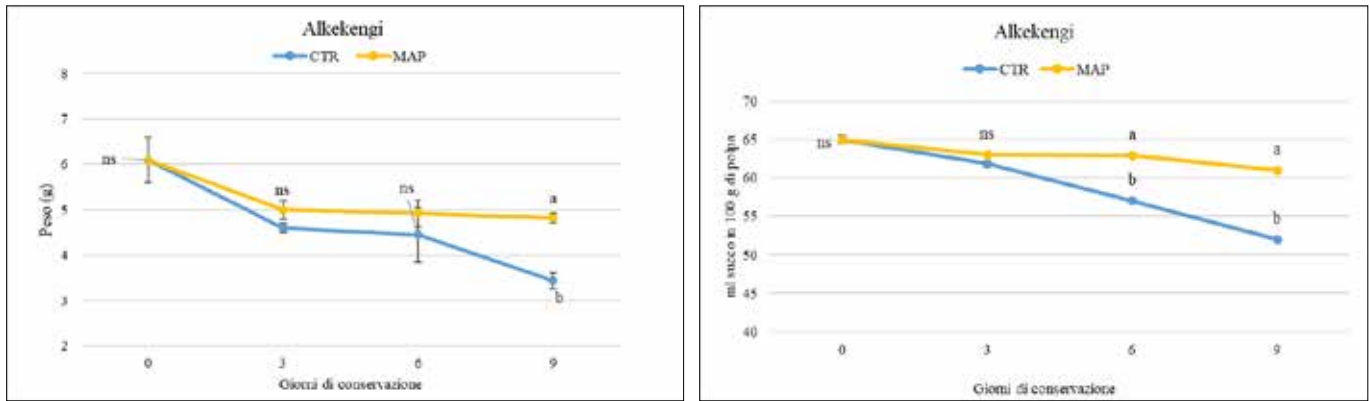


Figura 15. Evoluzione del peso e della succosità dei frutti durante l'intero periodo di conservazione. I dati corrispondono alle medie \pm deviazione standard di tre repliche. Le medie con lettere diverse sono significativamente diverse a $p \leq 0,05$ utilizzando il test di Tukey. ns = non significativo. Le lettere diverse indicano differenze significative ($p < 0,05$) tra i diversi trattamenti per lo stesso tempo di campionamento.

luzione della succosità per entrambi i trattamenti considerati, CTR e MAP, durante i primi giorni di conservazione.

A partire dal sesto giorno di conservazione, infatti, i frutti CTR mostrano una riduzione drastica del peso con conseguente perdita di succosità. Ciò probabilmente dovuto ad una maturazione più accelerata del frutto dovuta ad un più alto tasso di respirazione.

Non si notano, invece, differenze significative tra i due trattamenti nell'evoluzione della consistenza e del rapporto SST/TA (Fig. 16). In entrambi i trattamenti i frutti hanno subito una lieve diminuzione

della consistenza (circa 1% rispetto al peso iniziale) a partire dal sesto giorno di conservazione; vi è stato, dall'altra parte, un aumento dei valori del rapporto SST/TA a partire dal terzo giorno di conservazione.

Vi sono state delle differenze significative, invece, nella variazione del colore ΔE rispetto al giorno 0 (Fig. 17). Come è possibile vedere dal grafico i frutti CTR hanno subito una marcata variazione del colore a partire dal terzo giorno di conservazione, assumendo una colorazione tendente al marrone. Ciò probabilmente è dovuto all'instaurarsi dei fisiologici processi ossidativi che, a differenze del

CTR, nei frutti MAP sono stati rallentati e/o inibiti dalla presenza dei gas (Fig. 18).

Diversi autori hanno, inoltre, riportato che non solo i gas all'interno del packaging influenzano la variazione di colore dei frutti ma anche la permeabilità del film. Frutti conservati in materiali a bassa permeabilità presentano valori di saturazione del colore più elevati rispetto a quelli conservati in materiali ad alta permeabilità. Infine, i frutti di alchechengi hanno mantenuto per tutto il periodo di sperimentazione un ottimo stato di conservazione, mantenendo un D.I. di livello 0 in entrambi i trattamenti.

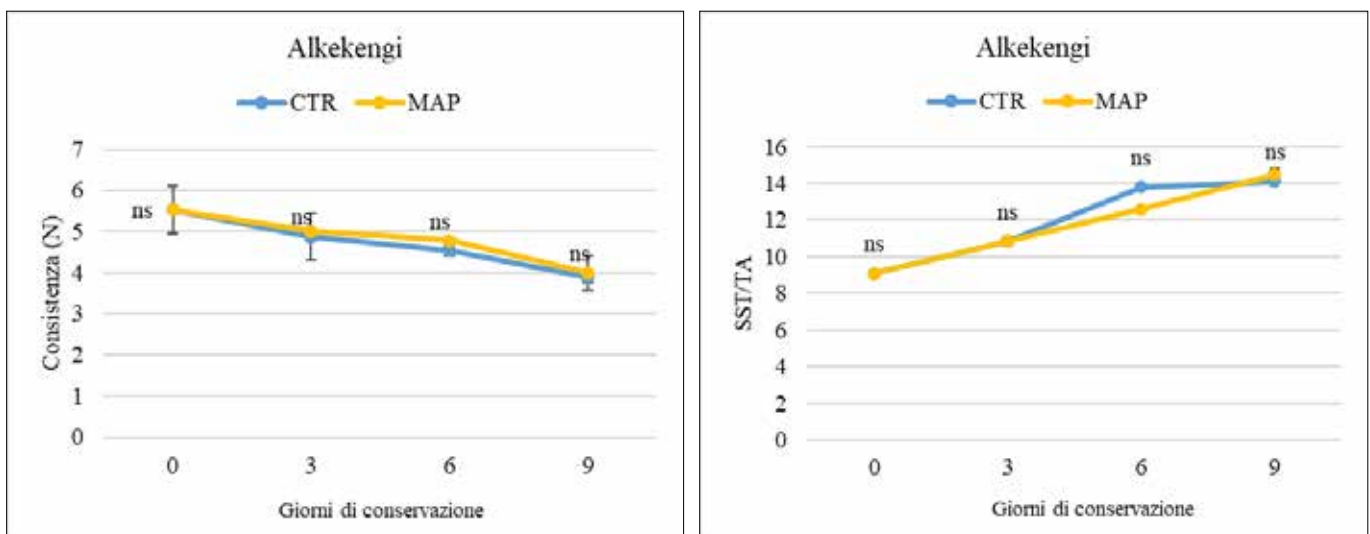


Figura 16. Evoluzione della consistenza e del rapporto SST/TA dei frutti durante l'intero periodo di conservazione. I dati corrispondono alle medie \pm deviazione standard di tre repliche. Le medie con lettere diverse sono significativamente diverse a $p \leq 0,05$ utilizzando il test di Tukey. ns = non significativo. Le lettere diverse indicano differenze significative ($p < 0,05$) tra i diversi trattamenti per lo stesso tempo di campionamento.

Conclusioni

L'applicazione della tecnologia MAP singolarmente o in combinazione degli EC ha permesso di allungare la vita commerciale di tutti i frutti oggetto di questa sperimentazione.

In particolare, i trattamenti che hanno dimostrato una maggiore efficacia sono stati gli EC per le more e per i lamponi, mentre i mirtilli e gli alkekengi hanno dato i migliori risultati, in termini di mantenimento delle caratteristiche organolettiche, in seguito all'applicazione della tecnologia MAP. Ulteriori studi saranno condotti per valutare l'evoluzione degli aspetti qualitativi dei frutti in relazione alle loro caratteristiche nutraceutiche e ai loro tratti sensoriali.

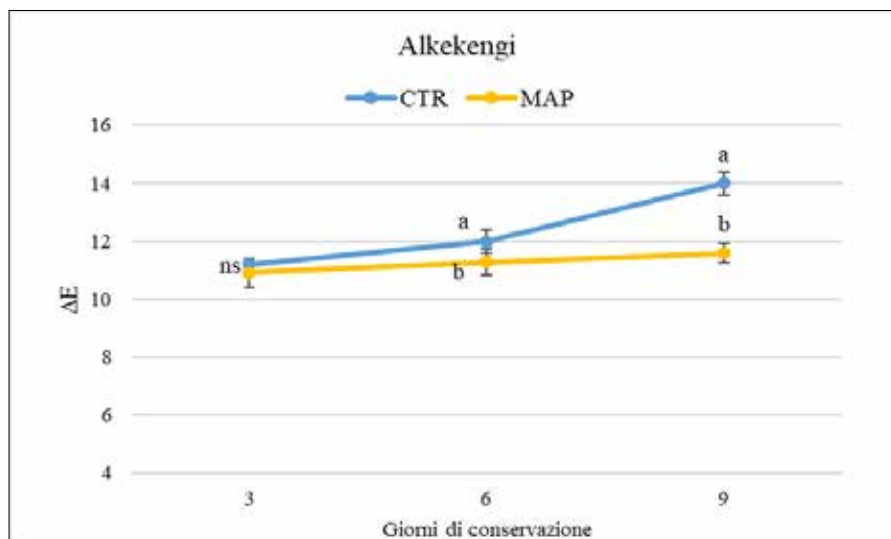


Figura 17. Variazione di colore (ΔE) dei frutti durante l'intero periodo di conservazione. I dati corrispondono alle medie \pm deviazione standard di tre repliche. Le medie con lettere diverse sono significativamente diverse a $p \leq 0,05$ utilizzando il test di Tukey. ns = non significativo. Le lettere diverse indicano differenze significative ($p < 0,05$) tra i diversi trattamenti per lo stesso tempo di campionamento.

Alkekengi conservati in MAP – T9



Figura 18. Alkekengi trattati con MAP (30% CO₂ + 10% O₂ + 60% N₂) dopo 9 giorni di conservazione alla temperatura di 4±1°C.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori desiderano ringraziare l'Imprenditore Vito Gambina dell'Azienda A Piccoli Frutti per il materiale vegetale.

BIBLIOGRAFIA

I riferimenti bibliografici sono disponibili presso gli autori.

GLI AUTORI

Ilenia Tinebra. Dottore di ricerca presso il Dipartimento in Scienze Agrarie, Alimentari, Forestali e Ambientali dell'Università degli Studi di Palermo. ilenia.tinebra@unipa.it

Roberta Passafiume. Dottore di ricerca presso il Dipartimento in Scienze Agrarie, Alimentari, Forestali e Ambientali dell'Università degli Studi di Palermo. roberta.passafiume@unipa.it

Alessandra Culmone. PhD Student presso il Dipartimento in Scienze Agrarie, Alimentari, Forestali e Ambientali dell'Università degli Studi di Palermo. alessandra.culmone@unipa.it

Pasquale Roppolo. PhD Student presso il Dipartimento in Scienze Agrarie, Alimentari, Forestali e Ambientali dell'Università degli Studi di Palermo. pasquale.roppolo@unipa.it

Vincenzo Guarino. Borsista di ricerca presso il Dipartimento in Scienze Agrarie, Alimentari, Forestali e Ambientali dell'Università degli Studi di Palermo. vincenzo.guarino@unipa.it

Alessandro Ruggeri. Borsista di ricerca presso il Dipartimento in Scienze Agrarie, Alimentari, Forestali e Ambientali dell'Università degli Studi di Palermo. alessandro.ruggeri@unipa.it

Vittorio Farina. Professore Associato di frutticoltura tropicale e subtropicale presso il Dipartimento Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali dell'Università degli Studi di Palermo. farina@unipa.it