

Sandra Voća, Jana Šic Žlabur, Plietić, S., Nadica Dobričević, Galić, A.<sup>1</sup>

pregledni rad

## Primjena suvremenih tehnologija kontrolirane atmosfere u čuvanju voća

### Sažetak

Voćne kulture karakteristične po svom visokom sadržaju antioksidacijskih spojeva, ali i velikoj količini vode, zahtijevaju posebne uvjete tijekom perioda skladištenja, prvenstveno zbog održavanja nutritivnih i senzoričkih kvaliteta takvih plodova. Da bi period skladištenja voćne kulture bio što uspješniji, voćnu vrstu odmah nakon berbe potrebno je pripremiti, ovisno o vremenskom periodu skladištenja. Posljednjih nekoliko godina razvijaju se i posebne tehnike pripreme i skladištenja voćnih vrsta, a one uključuju promjenu sastava atmosfere u kojoj se neka vrsta skladišti, s glavnim ciljem produženja vijeka trajanja, ali i održavanja vanjskog izgleda, nutritivnih i senzoričkih kvaliteta voćnih plodova. U ovom preglednom radu opisani su temeljni zahtjevi voćnih vrsta za skladišnim uvjetima, tehnologija predčuvanja plodova voća, primjereni rashladni sustavi te suvremeni principi skladištenja voćnih plodova u uvjetima modificirane i kontrolirane atmosfere.

**Ključne riječi:** tehnologija predčuvanja voća, pakiranje u modificiranoj atmosferi, kontrolirana atmosfera

### Uvod

Voće ima posebnu važnost u prehrani zahvaljujući kemijskom sastavu i senzoričkim vrijednostima. Svježi plodovi voća sadrže mnoštvo vitamina, minerala, ugljikohidrata i bjelančevina. Osim navedenih spojeva, sadrže i velike količine vode. Zbog tako visokog udjela vode plodovi voća zahtijevaju posebnu pažnju tijekom skladištenja, kako bi očuvali nutritivne i senzoričke karakteristike (Voća, 2011.) te kako bi se osigurala kvaliteta voćne sirovine kroz duži vremenski period.

Načini čuvanja voća prvenstveno ovise o vrsti voća koje se skladišti, ali i o pojedinoj sorti. Dokazano je da se povišenjem temperature svi procesi unutar ploda odvijaju brže, a sniženjem temperature dolazi do usporavanja svih procesa u plodu te je neposredno nakon berbe potrebno rashladiti ubrano voće. Taj proces hlađenja potrebno je provesti u što kraćem periodu od trenutka berbe (Hui i sur., 2006.).

Oprema koja se koristi u svrhu prostora za što kvalitetnije i dugotrajnije čuvanje svježih plodova voćaka uključuje hladnjače s različitim načinima izvedbe. Hladnjače s kontroliranom atmosferom koriste, osim niskih temperatura, promijenjenu atmosferu unutar

komora sa sniženim udjelom kisika i povećanim udjelom ugljikovog dioksida. Količina ugljikovog dioksida važna je jer je dokazano da dolazi do oštećenja plodova ako je koncentracija istog prevelika. U komorama mora biti visoka relativna vlažnost zraka, najčešće od 90 do 95%. Ako bi vlažnost zraka bila niža, došlo bi do jače transpiracije i plodovi bi postali smežurani i smanjene tržišne vrijednosti (Hui i sur., 2006.). Kako ipak ne bi došlo do neželjenih procesa, u komoru se mogu unositi samo plodovi bez mehaničkih oštećenja. Nadalje, mora se voditi računa i o sortimentu zbog različite osjetljivosti pojedinih sorata voća na niske temperature i na ozljede od povećane koncentracije ugljikovog dioksida (Thompson, 2003.).

Najbolji način kontrole insekata, uključujući i prevenciju od užeglosti, skladištenje je u kontroliranoj atmosferi. Osim u kontroliranoj atmosferi, svježi plodovi voća mogu se uspješno čuvati i u rashladnom skladištu, odnosno hladnjači bez kontrolirane atmosfere, pod uvjetom da su osigurani optimalni uvjeti temperature i relativne vlažnosti zraka. Temperatura u rashladnoj komori malo je viša od 0°C kako bi se usporio proces disanja, vlaga zraka je od 85 do 90% kako bi se spriječilo isušivanje plodova, a osigurano je provjetranje kako bi se uklonili plinovi koje ispuštaju plodovi. Od bioloških specifičnosti ploda ovisi vrlo često dužina uspješnog čuvanja pa se stoga i javljaju značajne razlike u dužini čuvanja pojedinih sorti. Na dužinu čuvanja i gubitke do kojih dolazi tijekom čuvanja utjecaj imaju i uvjeti pod kojima su se plodovi razvijali, zatim stupanj zrelosti plodova, kao i način pripreme i pakiranje. Najbolje se čuvaju plodovi koji su ubrani u optimalnom vremenu. Nedorzeli plodovi ne sadrže optimalni odnos škroba, šećera, kiselina i aromatičnih tvari te ih iz tih razloga nije dobro brati. Nasuprot tome, nije dobro brati i spremiti u skladište prezrele plodove jer je njihovo vrijeme čuvanja vrlo kratko (Voća, 2011.).

Čuvanje plodova voća u običnom skladištu (podrum, ostava, garaža i dr.) nije idealno, no uz male modifikacije može poslužiti. Prednost imaju prostori koji su ukopani u zemlju jer je tamo temperatura uvijek nešto niža, a zimi je temperatura zraka u njemu viša od 0°C. U takvom skladištu potrebno je osigurati koliko je to moguće ujednačenu temperaturu, i to oko 10°C, vlagu zraka od 85 do 90%, dobro provjetranje kroz tunele i prigušeno osvijetljenje (ne izravna sunčeva svjetlost) kako se čuvano voće ne bi pokvarilo. Ako se plodovi čuvaju u suhim i pro hladnim prostorijama, potrebno ih je smjestiti u letvarice i redovito kontrolirati kako bi na vrijeme uklonili plodove koji se počinju kvariti. Na taj način će se spriječiti kvarenje cijele letvarice (Voća, 2011.).

### Tehnologija predčuvanja plodova voća

Nakon berbe, najvažnije je održati kvalitetu voća tijekom skladištenja, što znači očuvati karakterističan izgled, boju, okus, konzistenciju te nutritivne karakteristike. Od velikog je značaja da ubrani plodovi budu zreli te da uvjeti u skladištima odgovaraju pojedinoj voćnoj sirovini (Verma i Joshi, 2000.; Sudheer i Indira, 2007.; Tiwari i Cummins, 2011.).

Svježe ubrano voće sadržava i različitu mikrofloru koju pak čine različite skupine mikro-

<sup>1</sup> prof. dr. sc. Sandra Voća, Jana Šic Žlabur, dipl. inž. biologije i kemije, prof. dr. sc. Stjepan Plietić, prof. dr. sc. Nadica Dobričević, Ante Galić, dipl. inž. Zavod za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport, Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu

organizama. Mikrobne populacije rastu u širokom temperaturnom rasponu od čak -34°C do 90°C (Bachmann i Earles, 2000.; Sudheer i Indira, 2007.). U skladišnim uvjetima tijekom perioda čuvanja svježih voćnih plodova može doći do negativnog utjecaja te mikroflora na plodove (Florkowski i sur. 2009.). Iz tog razloga potrebno je voće očistiti neposredno prije skladištenja kao i ukloniti plodove koji imaju tragove oštećenja ili bolesti. Uklanjanjem takvih plodova smanjuje se mogućnost kontaminacije ostalih plodova u skladištu (Verma i Joshi, 2000.; Beuchat, 2002.; Florkowski i sur. 2009.). Transpiracija voćnih plodova je različita i ovisi o vrsti, sorti, morfološkoj građi te kemijskom sastavu voća. Voće koje ima veću stopu transpiracije ima manju mogućnost skladištenja, podložnije je kvarenju. No, na transpiraciju utječe i vlažnost okolnog zraka i iz tog razloga potrebno je provjeravati relativnu vlažnost prostora u kojem se voće skladišti (Florkowski i sur. 2009.). S obzirom na navedeno, odabir optimalne temperature skladištenja neke voćne kulture ovisi i o uvjetima relativne vlažnosti zraka u kojoj se nalazi voćna vrsta (Verma i Joshi, 2000.; Thompson, 2003.; Hui i sur., 2006.). Vrlo česta pojava je znojenje voća koje povoljno utječe na rast spora mikroorganizama. Do kemijskih promjena oboljelog voća dolazi prvenstveno radom mikroorganizama (Florkowski i sur. 2009.). Smanjuje se sadržaj polisaharida i disaharida, smanjuje se količina tanina i glikozida te količina vitamina (Thompson, 2003.). Procesima disanja smanjuje se u voću količina ugljikohidrata, kiselina, dolazi do promjene okusa, arome i konzistencije. Prezrelo voće postaje mekano (Ackermann i sur., 1992.; Sharma i sur., 2001.).

U samom procesu čuvanja razlikuje se tehnologija predčuvanja i tehnologija čuvanja sirovine. Većina voćnih kultura ima ograničenu dužinu života nakon berbe (Thompson, 2003.). Poslije berbe, unutarnju temperaturu ploda nužno je sniziti što je prije moguće. Temperatura ubranog voća često iznosi od 20 do 30°C i više (Jašić, 2010.). U tim uvjetima ubrzani su procesi kvarenja. Zbog toga je takvo voće potrebno što brže ohladiti „precooling“ metodom, odnosno brzim uklanjanjem topline (Verma i Joshi, 2000.; Thompson, 2003.). Brzo uklanjanje topline nekoliko sati poslije branja zaustavlja kvarenje proizvoda. Nakon što se temperatura proizvoda smanji na nisku razinu, smanjuje se i disanje proizvoda (Florkowski i sur. 2009.; Jašić, 2010.). Ta je metoda zasnovana na spoznaji da se smanjenjem temperature biokemijski procesi u voću i povrću usporavaju pa se tako sniženjem temperature za 10°C većina biokemijskih reakcija usporava za 2-3 puta (Verma i Joshi, 2000.; Hui i sur., 2006.). Na temperaturi hlađenja od +2°C do +7°C kvarenje je usporeno pa se proizvod dobro drži i nekoliko dana (Thompson, 2003.). Cilj je prethlađenja smanjenje aktivnosti disanja i degradacija enzima da bi se smanjio gubitak unutrašnje vode, značajno usporio ili zaustavio razvoj bolesti i smanjio utjecaja etilena (Verma i Joshi, 2000.; Sudheer i Indira, 2007.). Upravo taj dio tehnologije predčuvanja (prethlađenje) nužno treba provesti po dolasku plodova voća u prostor u kojem će se ono skladištiti na kraći ili duži period (Florkowski i sur. 2009.). Odgađanje primjene tehnologije predčuvanja skraćuje mogućnost za duže čuvanje plodova, a istovremeno se povećava intenzitet disanja, ubrzava proces zrenja, dolazi do gubitka vlažnosti (plodovi venu i sve se više smežuravaju), povećava se produkcija etilena, kao i razvoj i širenje bolesti (Bachman i Earles,

2000.; Tiwari i Cummins, 2011.; Baloch i Bibi, 2012.).

Nakon berbe, treba što je prije moguće provesti predčuvanje, što je naročito značajno za voćne kulture koje razvijaju veliku toplinu nakon branja (Thompson, 2003.). Navedeni postupak prethlađenja nije nužno potreban ako se voće namjerava plasirati na tržište neposredno nakon berbe. Glavni je cilj čuvanja u hladnom prostoru očuvanje svježih produkata na nivou zadržavanja najveće moguće kvalitete te sirovine za potrošača (Beaulie i sur., 1999.; Florkowski i sur. 2009.). Kada treba čuvati male količine plodova različitih vrsta voća koje imaju i različite zahtjeve prema temperaturi čuvanja, potrebno je osigurati takve temperature koje će sačuvati od mogućih oštećenja i najosjetljivije voćne kulture. Najvažniji temperaturni zahtjev prostora u kojem se obavlja skladištenje različitih voćnih kultura je što manja temperaturna oscilacija (Baloch i Bibi, 2012. ).

### **Skladištenje voćnih kultura, odgovarajući rashladni sustavi i unutarnji transport**

Osjetljive voćne kulture odmah nakon branja treba rashladiti (Murayama i sur., 2002.). Upravo zbog toga skladište treba biti osigurano sustavom hlađenja i sustavom ventilacije (Florkowski i sur. 2009.).

Potreba ventilacije skladišnog prostora nužna je da bi se izbjeglo nagomilavanje neželjenih produkata respiracije, uz održavanje relativne vlažnosti atmosfere. Cirkulacija i ventilacija zraka u hladnjačama potpomažu održavanju iste vlažnosti u svim dijelovima hladnjače, pomažu uklanjanju mirisa i sprječavanju nastanka ustajalog mirisa i okusa namirnica. Ako se cirkulacija i ventilacija ne obavljaju pravilno, u pojedinim dijelovima hladnjače zbog nakupljanja vlage može doći do razvoja mikroorganizama. Da bi se osigurala dobra cirkulacija hladnog zraka unutar komore, potrebno je instalirati ventilator odgovarajućeg kapaciteta i pravilno slagati palete, sanduke ili letvarice. Pravilno slaganje podrazumijeva da se među paletama ili redovima paleta ostavlja razmak, kako bi se osiguralo strujanje zraka među paletama. Najmanja udaljenost od zidova na kojima se nalaze isparivačke jedinice je oko 300 mm, dok je minimalni razmak od ostalih zidova 200 mm. Međusobni razmak paletnih sanduka (boks palete) je 100 mm. Ako je atmosfera suha, dolazi do intenzivne transpiracije koja dovodi do velikih gubitaka mase, plodovi se smežuraju i vrlo često više nisu za upotrebu u svježem stanju (Plietić, 2004.).

Hladnjača je objekt namijenjen pripremi i čuvanju voća i povrća u svježem stanju, u uvjetima točno određenih temperaturnih režima, relativne vlažnosti i sastava atmosfere. Hladnjače čine kompleks koji se sastoji od rashladnih komora, manipulativnog dijela te pomoćnih objekata.

Primarna je uloga hladnjača snižavanje topline plodova voća dostavljenih s proizvodnih površina te osiguravanje uvjeta pravilnog hlađenja. Kapacitet hladnjače i kapacitet čuvanja zajedno određuju veličinu samog objekta u kojem će se vršiti prijam sirovine i

eventualni daljnji koraci u njihovom skladištenju na kraći ili duži period. Veličinu hladnjače definira nekoliko čimbenika: masa proizvoda koji se stavlja na čuvanje te određivanje minimalnog vremena potrebnog od početka hlađenja do kraja čuvanja (Plietić, 2004.).

Vrlo je važno pravilno postupiti projektiranju takvih objekata i pritom predvidjeti sve utjecajne kao i poremećajne veličine. Ako se učine pogreške u tom prvom koraku projektiranja, kasnije ih je gotovo nemoguće ispraviti.

Rashladne komore u kojima su ostvareni uvjeti od oko 0°C i 85 – 90 % relativne vlage zraka služe za skladištenje svježeg voća i povrća. Temperaturni režim u takvim komorama određuje se prema vrsti uskladištene sirovine i općenito može varirati.

Za sve vrste voća važno je da temperatura bude stalna ili bar bez značajnijih varijacija. Variranje temperature 1-2°C može značajno utjecati na trajanje čuvanja voća (Plietić, 2004.).

Tablica 1. Preporučene temperature i vrijeme čuvanja različitih sorti jabuka (Plietić, 2004.)

Sorta	Preporučano t°	Trajanje čuvanja (mjeseci)	Zapažanja
<b>Klasa I</b>			
Pramenka	4 minimum t	3	Ispod 2° unutrašnje tamnjenje
Cox orange	3 i 4	4 (5)	Ispod 3° osjetljiva prema pjegama i unutrašnjem tamnjenju
Boskoop	3	5 (6)	Ispod 3° osjetljiva prema paleži i unutrašnjem tamnjenju
Jonatan	3 i 4 2	4 (5) 5 (6)	Na niskoj temperaturi javljaju se unutrašnje tamnjenje i jonatanove pjege
Kanatka	4 7	6 (7) 7	Osjetljiva prema plutastim pjegama, tamnjenju zbog niske temperature i unutrašnjem tamnjenju
Richared	0	6 (7)	Osjetljiv prema paleži
Zlatni delišes	0 i 1	7	Osjetljiv prema paleži i truleži
<b>Klasa II</b>			
Crveni delišes	0 i 2	5 (6)	
Star king	0 i 2	5 (6)	
Bijela Kalvilka	3 i 4	3 (5)	Osjetljiva prema pjegama i truleži pa je trajanje čuvanja različito prema porijeklu
Ontario	4	5 (6)	Vrlo osjetljiv prema paleži, a na temperaturi ispod 2° osjetljiv prema unutrašnjem tamnjenju



Slika 1. Pravilno slaganje paletnih sanduka (boks paleta) u skladišnom prostoru (snimila: Šic Žlabur, 2011.)



Slika 2. U suvremenim hladnjačama organizacija posla zasniva se na sustavu boks paleta te se na taj način unošenje plodova vrši kraće, a skladišni se prostor bolje koristi (snimila: Šic Žlabur, 2011.)

U suvremenim hladnjačama organizacija posla temelji se na sustavu paletnih sanduka (boks paleta). Redovi paleta postavljaju se u pravcu kretanja zraka, pri čemu se mora voditi računa da se ostavi dovoljno slobodnog prostora. Loše postavljene palete izazivaju formiranje toplije mikroklimе u pojedinim dijelovima komore, zadržavanje oslobođenog etilena, ugljikova dioksida i drugih hlapljivih tvari, što utječe na veću pojavu oboljenja tijekom čuvanja. U skladištu treba ostaviti dovoljno prostora za kretanje radi kontrole kvalitete plodova i uvjeta čuvanja, kao i radi uzimanja uzoraka plodova. U sredini komore sustava FIFO ostavlja se transportno manipulativni put, i to takve širine da bi se elektromotornim viličarem mogao ostvariti kut zakretanja od 90°. Također, treba naglasiti da pri privremenom skladištenju mora biti onemogućen ulaz štetoinama kao što su: ptice, glodavci i insekti. Manipulacija voćem u skladištu mora biti pažljiva, kako bi se izbjegla oštećenja izazvana nepravilnim i nestručnim transportom unutar skladišta.

Današnje, suvremene tehnologije čuvanja voća u uvjetima kontrolirane atmosfere obuhvaćaju ULO "ultra low oxygen", ULE "ultra low ethilene", RCA "rapid controlled atmosphere", LECA "low ethilene controlled atmosphere", DCA "dynamic controlled atmosphere", IOS "initial oxigen stress" (Plietić, 2004.).

### Pakiranje u modificiranoj atmosferi (MAP) i kontrolirana atmosfera (CA)

Tehnike pakiranja svježeg voća u modificiranoj atmosferi (MAP) te primjena skladištenja voćnih kultura u kontroliranoj atmosferi s niskim sadržajem kisika (O<sub>2</sub>) i visokim sadržajem ugljikovog (IV) oksida (CO<sub>2</sub>) pri niskoj temperaturi, uspješno se koriste za smanjenje i usporavanje procesa truljenja, održavanje kvalitete i produljenje roka trajanja mnogih voćnih kultura (Beaudry, 1999.; Brecht i sur., 2003.).

Modificirana atmosfera označava pakiranje proizvoda u ambalažu u kojoj je modifi-

ciran sadržaj plinova s glavnim ciljem produljenja roka trajanja tako pakiranog svježeg voća. Za potrebe pakiranja svježeg voća vrlo često se koristi aktivna modificirana atmosfera (MAP) (Kader, 1994.; Lurie i Aharoni 1998.; Sandhya, 2010.). MAP se primjenjuje prilikom pakiranja različitih vrsta proizvoda, a mješavina plinova u pakiranju prvenstveno ovisi o vrsti proizvoda, vrsti ambalaže i temperaturi skladištenja. Voćne plodove između ostalog karakterizira i odvijanje respiracije nakon ubiranja plodova te je stoga interakcija voćne kulture i materijala u koji se ona pakira vrlo važna. Ako je propusnost ambalažnog filma za plinove kisik i ugljik (IV) oksid prilagođena stupnju respiracije proizvoda, u pakiranju će se uspostaviti ravnotežna modificirana atmosfera te će se povećati rok trajanja upakiranog proizvoda (Sandhya, 2010.). Princip MAP-a temelji se na stvaranju vakuuma i uspostavljanju željene mješavine plinova koja može biti prilagođena upotrebom apsorbirajućih supstanci u pakiranju s kisikom, ugljikovim (IV) oksidom i etilenom. Tako etilenski adsorbens može pomoći pri odgađanju klimakteričnih promjena. Adsorbens ugljikovog (IV) oksida može prevenirati povećanje navedenog plina, što je poželjno, jer određena koncentracija ugljikovog (IV) oksida može izazvati promjene na plodu voća (Yuen i sur., 1993.). Mnogi plastični filmovi dostupni su za pakiranje, ali se samo nekolicina koristi za pakiranje svježeg voća. Neki su propusni za plinove, što ih čini pogodnim za potrebe pakiranja u modificiranoj atmosferi. Polietilen niske gustoće i polivinil-klorid najčešće su korišteni filmovi koji se koriste prilikom pakiranja voća u modificiranoj atmosferi (Aguayo i sur., 2004.; Singh i sur., 2007.).

Tablica 2. Parametri skladištenja jabuka (ASHRAE, 2006.)

SORTA JABUKA	TEMP. (°C)	RELATIVNA VLAŽNOST ZRAKA (%)	CA O <sub>2</sub> (%)	ULO CO <sub>2</sub> (%)	VRIJEME ČUVANJA (DANI)
Braeburn	1,0 – 2,0	91 - 93	1,0 – 1,5	2,0 – 2,5	240
Boskoop	2,5 – 4,0	90 - 92	1,0 – 1,5	1,0 – 1,5	210
Cox orange	3,0 – 3,5	90 - 92	1,0 – 1,2	<1,0	180
Elstar	1,0 – 2,0	90 - 92	1,0 – 1,5	2,0 – 2,5	200
Fuji	1,0 – 1,5	91 - 93	1,5 – 2,0	1,0 – 1,5	220
Gala	1,0 – 1,5	91 - 93	1,0 – 1,5	2,0 – 3,0	180
Gloster	1,0 – 1,5	93 - 95	1,5 – 2,0	1,0 – 1,5	210
Zlatni delišes	1,0 – 1,5	90 - 92	1,0 – 1,5	2,5 – 3,0	300
Granny Smith	1,0 – 2,0	92 - 93	1,0 – 1,5	<1,5	170
Jonagold	1,0 – 1,5	93 - 95	1,0 – 1,5	2,5 – 3,0	220
Crveni delišes	0,0 – 1,2	91 - 93	1,0 – 1,5	1,5 – 2,0	210
McIntosh	3,0 – 3,5	90 - 92	1,0 – 1,5	2,0 – 2,5	210
Morgenduft	0,5 – 1,5	91 - 93	1,0 – 1,5	2,0 – 2,5	240
Styman winesap	1,0 – 1,5	92 - 94	1,0 – 1,5	1,5 – 2,0	210
Jonathan	1,5 – 2,5	90 - 93	1,5 – 2,0	3,4 – 4,0	230

Jedna od glavnih prednosti pakiranja voća u modificiranoj atmosferi je prevencija starenja (senescencije plodova voća), zrenja plodova nakon branja te općenito usporavanje normalnih biokemijskih i fizioloških procesa koji se događaju u plodovima voća nakon njihove berbe. Najučinkovitiji čimbenik okoliša u prevenciji ubrzane zriobe plodova voća je temperatura. Zrenje plodova, ali i povećanje produkcije plina etilena u plodovima voća značajnije se povećavaju povećanjem temperature. Da bi se nepoželjno i prebrzo zrenje plodova voća učinkovito smanjilo, potrebno je plodove voća držati pri temperaturi od oko 0°C bez pojave neželjenih oštećenja uzrokovanih eventualnim smrzavanjem plodova. Upravo upotreba MAP tehnike uz odgovarajuću temperaturu skladištenja voćnih plodova učinkovit je način da se zrenje plodova što više uspori (Sandhya, 2010.). Smanjenje koncentracije kisika za otprilike 8% te istodobno i/ili povećanje koncentracije CO<sub>2</sub> iznad 1% značajno usporava dozrijevanje plodova voća. Istraživanjima je utvrđeno da značajnije smanjenje koncentracije kisika u takvim pakiranjima (vrijednosti manje od 2%) mogu rezultirati i smanjenjem karakterističnih aroma i mirisa za voćnu kulturu (Beaudry i sur., 1992.; Beaudry, 1999.; Beaulieu i Lea, 2003.). Temeljem svega navedenog, prilikom aplikacije MAP-a kao tehnike usporavanja dozrijevanja plodova treba voditi računa o donjim, odnosno gornjim granicama koncentracije pojedinih plinova u samom pakiranju.

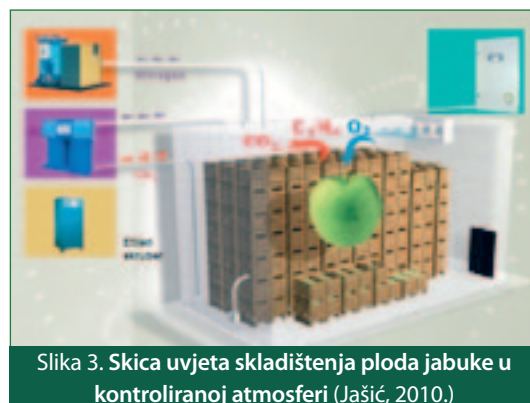
Tablica 3. Preporučene smjese plinova za uvjete MAP pakiranja pojedinih voćnih kultura (Sandhya, 2010.)

Voćna kultura	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	N <sub>2</sub> (%)
Jabuka	1-2	1-3	95-98
Marelica	2-3	2-3	94-96
Banana	2-5	2-5	90-96
Grožđe	2-5	1-3	92-97
Grejp	3-10	5-10	80-92
Kivi	1-2	3-5	93-96
Limun	5-10	0-10	80-95
Mango	3-7	5-8	85-92
Naranča	5-10	0-5	85-95
Breskva	1-2	3-5	93-96
Kruška	2-3	0-1	96-98
Ananas	2-5	5-10	85-93
Jagoda	5-10	15-20	70-80

Osnovni princip tehnike skladištenja voća u kontroliranoj atmosferi (CA), slično kao i kod MAP tehnike, temelji se na promjeni sastava zraka tijekom skladištenja nekog proizvoda, što najčešće uključuje smanjenje koncentracije kisika i povećanje koncentracije ugljikovog (IV) oksida (Bartsch i Blanpied, 1990.; Thompson, 2010.). Glavni je cilj skladištenja svježeg voća u kontroliranoj atmosferi usporavanje osnovnih fizioloških procesa

ubranih voćnih plodova (respiracija, produkcija etilena, senescencija i dr.) te time i produljenje roka trajanja takvog proizvoda (Singh i Pal, 2008.). Skladištenje voćnih kultura u uvjetima kontrolirane atmosfere provodi se u hermetički zatvorenim komorama sa sustavom ventilacije putem koje se regulira koncentracija pojedinih plinova u skladišnom prostoru (Thompson, 2010.). Naime, ako se voće skladišti u izoliranim i hermetički zatvorenim komorama bez ventilacije, u skladišnom prostoru dolazi do akumulacije količine ugljikovog (IV) oksida do razine na kojoj on postaje štetan za plodove te ga je u tom slučaju potrebno ukloniti. Najčešće se u svrhu eliminacije previsoke koncentracije ugljikovog (IV) oksida koriste skruberi koji kemijskim ili fizičkim putem eliminiraju CO<sub>2</sub> iz skladišne atmosfere. U uvjetima kontrolirane atmosfere nužno se smanjuje sadržaj O<sub>2</sub>, što se vrlo učinkovito postiže povećanjem koncentracije inertnog plina, dušika (Sivakumar i Korsten, 2010.; Thompson, 2010.).

Skladištenje u kontroliranoj atmosferi uključuje potrebu upravljanja i kontroliranja niza parametara kao što je to sastav plinova atmosfere u kojoj se skladišti neka voćna kultura, temperatura, relativna vlažnost zraka i tlak (Thompson, 2010.). Potencijalne prednosti, kao i nedostaci skladištenja plodova različitih voćnih kultura u kontroliranoj atmosferi ovise o nizu čimbenika kao što su: fiziološka starost ploda, sastav atmosfere, temperatura i vremenski period skladištenja voćne kulture. Pravilnim skladištenjem, odnosno poznavanjem osnovnih karakteristika skladištenja u kontroliranoj atmosferi, ali fizioloških i biokemijskih karakteristika voćnih plodova, mogu se izbjeći mogući kvantitativni i kvalitativni gubici (Díaz-Mula i sur., 2011.). Smanjenje osjetljivosti voćnih plodova na djelovanje etilena omogućava se u uvjetima kada je koncentracija kisika ispod 8% ili kada je razina CO<sub>2</sub> iznad 1% (Thompson, 2010.). Također, tijekom skladištenja u CA značajno se smanjuju fiziološke promjene na plodovima voća izazvane hlađenjem, odnosno upotrebom niskih temperatura tijekom skladištenja (Thompson, 2010.). Također, utvrđeno je da se skladištenjem u CA može zaustaviti razvoj određenih patogenih mikroorganizama koji izazivaju trunjenje plodova voća poslije berbe. Tako se npr. povećanjem koncentracije CO<sub>2</sub> od 10-15% inhibira razvoj truleži koji izaziva Botrytis na jagodama, višnjama i drugom voću (Lara i sur., 2003.; Holb, 2009.).



Slika 3. Skica uvjeta skladištenja ploda jabuke u kontroliranoj atmosferi (Jašić, 2010.)

## Zaključak

Pravilnim korištenjem suvremenih tehnika skladištenja različitih voćnih vrsta, i to pakiranja u modificiranoj atmosferi (MAP) te skladištenju voćnih plodova u kontroliranoj atmosferi, uvelike se mogu smanjiti eventualni kvantitativni i kvalitativni gubici tijekom skladištenja voćnih vrsta, što prvenstveno daje prednost ekonomskoj opravdanosti kori-

štenja navedenih tehnika skladištenja. Osnovni parametri tijekom primjene konvencionalnih kao i suvremenih tehnika skladištenja voćnih vrsta su temperatura skladištenja, relativna vlažnost zraka, tlak te sastav atmosfere (sadržaj pojedinih plinova) čijim se pravilnim i uspješnim kombiniranjem uvelike može utjecati na produljenje vijeka trajanja i kvalitete pojedine voćne vrste namijenjene za plasman u svježem stanju. Važno je naglasiti da suvremene tehnike skladištenja voća primjenjuju promjenu sastava atmosfere i to ponajprije u smjeru smanjenja koncentracije kisika i istovremenog povećanja koncentracije ugljikovog (IV) oksida do kritične granice za pojedinu voćnu vrstu, kao i primjenu specifičnih plastičnih filmova od kojih neke karakterizira propusnost za plinove, što ih čini pogodnim za potrebe pakiranja u modificiranoj atmosferi.

## Literatura

- Ackermann, J., Fischer, M., Amado, R.** (1992.). Changes in sugars, acids and amino acids during ripening and storage of apple, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 40: 1131.
- Aguiayo, E., Escalona, V., Artes, F.** (2004.). Quality of fresh-cut tomato as affected by type of cut, packaging, temperature and storage time. *European Food Research and Technology*, 219(5): 492-499.
- ASHRAE Handbook**, (2006.), Refrigeration S-I Edition, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta,
- Bachmann, J., Earles, R.** (2000.). Postharvest Handling of Fruits and Vegetables by ATTRA Ozark Mountains at the University of Arkansas in Fayetteville, Fayetteville, AR; cited from <http://attra.ncat.org/attra-opbu/PDF/postharvest.pdf>; pristupljeno: studeni, 2012.
- Baloch, M.K., Bibi, F.** (2012.). Effect of harvesting and storage conditions on the post harvest quality and shelf life of mango (*Mangifera indica* L.) fruit, *South African Journal of Botany*, 83: 109-116.
- Bartsch, J.A., Blanpied, G.D.** (1990.). Refrigeration and Controlled Atmosphere Storage for Horticultural Crops. *NRAES Bulletin*, 22: 45.
- Baudry, R.M.** (1999.). Effect of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality. *Postharvest Biol. Technol.*, 15: 293-303.
- Baudry, R. M., Cameron, A. C., Shirazi, A., Dostal-Lange, D. L.** (1992.). Modified atmosphere packaging of blueberry fruit: effect of temperature on package O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117: 436-441.
- Beaulieu, J.C., Bett, K.L., Champagne, E.T., Ingram, D.A., Miller, J.A.** (1999.). Flavor, sensory and postharvest evaluations of commercial-versus tree-ripe fresh-cut „Bounty” peaches, *Horticulture Science*, 34: 504.
- Beaulieu, J. C., Lea, J. M.** (2003.). Volatile and quality changes in fresh-cut mangoes prepared from firm-ripe and soft-ripe fruit, stored in clamshell containers and passive MAP. *Postharvest Biology and Technology*, 30(1): 15-28.
- Beuchat, L.R.** (1976.). Sensitivity of *Vibrio parahaemolyticus* to species and organic acids, *Journal of Food Science*, 41: 899-902.
- Brecht, J.K., Chau, K.V., Fonseca, S.C., Oliveira, F.A.R., Silva, F.M., Nunes, M.C.N, Bender, R.J.** (2003.). Maintaining optimal atmosphere conditions for fruit and vegetables throughout the postharvest handling chain. *Postharvest Biol. Technol.* 27, 87-101.
- Díaz-Mula, H.M., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Serrano, M., Valero, D.** (2011.). Modified atmosphere packaging of yellow and purple plum cultivars. 1. Effect on organoleptic quality. *Postharvest Biol. Technol.*, 61: 103-109.
- Florkowski, W.J., Shewfelt, R.L., Brueckner, B., Prussia, S.E.** (2009.). *Postharvest Handling, A System Approach*,

Elsevier Inc, Oxford, UK.

**Holb, I.J.** (2009.). Fungal disease management in environmentally friendly apple production– a review. *Sustain. Agric. Rev.*, 2: 219–293.

**Hui, Y.H., Barta, J., Pilar Cano, M., Gusek, T., Sidhu, S.J., Sinha, N.** (2006.). *Handbook of Fruits and Fruit Processing*, Blackwell Publishing, Iowa, USA.

**Jašić, M.** (2010.). Tehnologija skladištenja hlađenjem, Tehnološki fakultet Tuzla, <http://www.tehnologijahrane.com/tehnologijavoca-i-povrca/tehnologija-skladistenja-hladenjem>, pristupljeno 05.11.2012.

**Kader, A.A.** (1994.). Modified and controlled atmosphere storage of tropical fruits. In: Champ, B.R., Highley, E., Johnson, G.I. (Eds.), *ACIAR Proceedings*, vol. 50: Postharvest Handling of Tropical Fruits, Thailand, pp. 239–249.

**Lara, I., Miro, R.M., Fuentes, T., Sayez, G., Graell J., López, M.L.** (2003.). Biosynthesis of volatile aroma compounds in pear fruit stored under long-term controlled-atmosphere conditions, *Postharvest Biology and Technology*, 29: 29–39.

**Lurie, S., Aharoni, N.** (1998.). Modified atmosphere storage of stone fruits. In: Ben-Yehosua, S. (Ed.), *CIPA Proceedings of the International Congress for Plastics in Agriculture*, Israel, pp. 536–541.

**Murayama, H., Katsumata, T., Horiuchi, O., Fukushima, T.** (2002.). Relationship between fruit softening and cell wall polysaccharides in pears after different storage periods, *Postharvest Biology and Technology*, 26: 15–21.

**Plietić, Stjepan** (2004.). Hlađenje i rashladni sustavi u poljoprivredi, interna skripta Agronomski fakultet Zagreb, Zagreb

**Sandhya** (2010.). Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs, *LWT - Food Science and Technology*, 43: 381–392.

**Sharma, M., Beuchat, L.R., Doyle, M.P., Chen, J.** (2001.). Fate of Salmonellae in calcium-supplemented orange juice at refrigeration temperature. *Journal of Food Protection*, 64: 2053–2057.

**Singh S. P., Chonhenchob V., Chantarasomboon Y., Singh J.** (2007.). Testing and evaluation of quality changes of treated fresh-cut tropical fruits packaged in thermoformed plastic containers. *Journal of Testing and Evaluation*, 35(5): 522–528.

**Sivakumar, D., Korsten, L.** (2010.). Fruit quality and physiological responses of litchi cultivar McLean's Red to 1-methylcyclopropene pre-treatment and controlled atmosphere storage conditions, *LWT - Food Science and Technology*, 43: 942–948.

**Sudheer, K.P., Indira, V.** (2007.). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*, New India Publishing Agency, New Delhi, India.

**Thompson, A.K.** (2003.). *Fruits and Vegetables: Harvesting, Handling and Storage*, Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK.

**Thompson, A.K.** (2010.). *Controlled Atmosphere Storage of Fruits and Vegetables*, CAB International, London, UK.

**Tiwari, U., Cummins, E.** (2011.). Factors influencing levels of phytochemicals in selected fruit and vegetables during pre- and post-harvest food processing operations, *Food Research International*, doi:10.1016/j.foodres.2011.09.007.

**Verma, L.R., Joshi, V.K.** (2000.). *Postharvest Technology of Fruits and Vegetables*, Indus Publishing Company, New Delhi, India.

**Voća, Sandra** (2011.). Prerada i čuvanje voća u kućanstvu, *Gospodarski list*, 17: 41–51.

**Yuen, C.M.C., Tan, S.C., Joyce, D., Chettri, P.** (1993.). Effect of postharvest calcium and polymeric films on ripening and peel injury in 'Kensington Pride' mango, *ASEAN Food J.*, 8: 110–113.

surveying study

## Application of modern technology of controlled atmosphere in storing fruits

### Summary

*Fruit cultures which are characteristic by their high content of antioxidant compounds and their high content of water require special conditions during storage, mainly because of maintaining nutritional and sensory quality of such fruits. So that the period of storing a fruit culture is as successful as it can be, the fruit culture should be prepared depending on the storage period right after harvest. For the last couple of years there have been developed special techniques of preparing and storing of fruit species, which include a change in the composition of the atmosphere where a fruit species is stored, with the main goal of prolonging a shelf life, but also preserving its external appearance and nutritional and sensory quality of the fruits. In this review paper there were described basic requirements of fruit species for storage conditions, the technology of pre-storage of fruits, adequate cooling systems and modern principles of storing fruits in conditions of modified and controlled atmosphere.*

**Keywords:** technology of pre-storage of fruits, modified atmosphere packaging, controlled atmosphere



LUMIKO TRGOVINA d.o.o  
Kneza Mislava 15, 10000 Zagreb  
tel.: ++385 1 4557 646, fax: ++385 1 4619 099  
gsm: ++385 98 677 309, ++385 98 355 716, ++385 98 283 666  
www.lumiko.hr



NOVI  
ASORTIMAN  
-vinogradarske  
škare  
-škare za živicu



-Kuker voćarski i vinogradarski alat  
-Palbox plastični paletni sanduci  
-Aweta linije za sortiranje voća i povrća po težini, promjeru i boji  
-Isolcell oprema za hladnjače s kontroliranom atmosferom ULO i dinamičkom atmosferom

EKSKLUZIVNA ZASTUPSTVA  
KUKER palbox AWETA Isolcell

Obilje poslovnog uspjeha, ljubavi, sreće i ostvarenih snova...  
SRETAN BOŽIĆ I NOVA 2013-ta GODINA!