

OPTIMALNI REŽIMI ZA SKLADIŠTENJE JABUKE U ULO HLADNJAČAMA

THE OPTIMAL REGIMES FOR ULO STORAGE OF APPLES

**Snežana STEVANOVIĆ, Rade RADOJEVIĆ,
Institut za Prehrambenu Tehnologiju, Poljoprivredni fakultet, Beograd
smasovic@agrif.bg.ac.rs
Franc KOSI, Dragan MARKOVIĆ, Vojislav SIMONOVIĆ,
Uroš MILOVANČEVIĆ
Mašinski fakultet, Beograd**

Proizvodnja voća i povrća u Srbiji zauzima značajno mesto u ukupnoj vrednosti poljoprivredne proizvodnje. U novije vreme sve veće količine svežeg voća i povrća se i izvoze. Za sigurniji plasman na inostrano tržište neophodno je obezbediti očuvanje kvaliteta sveže hrane prilikom skladištenja i transporta. Gubici svežeg voća i povrća su jako veliki, naročito u nerazvijenim zemljama. Zato se sve više uvode u upotrebu i koriste savremeni uslovi čuvanja kao što su kontrolisana i modifikovana atmosfera za skladištenje svežih plodova. ULO kontrolisana atmosfera nesumnjivo je potisnula sva druga rešenja kada je u pitanju kvalitet skladištenog voća i povrća. U ULO atmosferi najviše se skladište jabuke. U ovom radu analizirani su optimalni uslovi i preporučeni režimi za čuvanje različitih sorti jabuke u ULO hladnjačama.

Ključne reči: kontrolisana atmosfera; hladnjače; jabuke; ULO; optimalni režimi

Fruits and vegetables have a significant place in the total value of agricultural production in Serbia. In recent years, an increasing amount of fresh fruits and vegetables has been exported. For a significant placement of fresh food on foreign markets it is necessary to provide quality protection in storage period and during transports. Postharvest losses of fresh fruits and vegetables are very high, especially in undeveloped countries. Therefore, modern postharvest treatments such as modified and controlled atmosphere storages are increasingly used to prolong storage life of fresh fruits. ULO controlled atmosphere undoubtedly suppressed all other solutions in terms of quality of stored fresh fruits and vegetables. The most stored fruits in these conditions are apples. In this work, the optimum conditions and recommended regimens for different apple varieties storage in ULO atmosphere were analyzed.

Keywords: controlled atmosphere; storage; apples; ULO; optimal conditions

I. Uvod

Savremene tehnologije skladištenja sveže hrane imaju za cilj potpunu kontrolu nad fiziološkim i biohemijskim procesima u plodovima, u cilju smanjenja promena, kvarenja i propadanja. Na taj način mogu značajno da se smanje gubici i produži vreme čuvanja sveže hrane uz maksimalno očuvanje kvaliteta. Sveži plodovi nakon berbe nastavljaju sa biohemijskim i fiziološkim procesima i smatra se da su oni i dalje živi, iako su odvojeni od matične biljke. Zbog toga nastavljaju sa metaboličkim procesima, i dalje dišu, gube vlagu i podležu fiziološkim promenama i oštećenjima, kao i mikrobiološkom kvarenju (Kader, 2002).

U izveštajima Svetske organizacije za hranu (FAO, 2002) navodi se da su gubici svežeg voća i povrća veliki i dostižu vrednost od 5 – 25% u razvijenim zemljama, dok je u zemljama u razvoju i nerazvijenim zemljama gubitak veći od 25%. Proizvodnja voća i povrća u Srbiji zauzima značajno mesto u ukupnoj vrednosti poljoprivredne proizvodnje. U novije vreme sve veće količine svežeg voća i povrća se i izvoze. Zato je sve veća potreba za velikim i modernim skladišnim prostorima, da bi se očuvao kvalitet sveže hrane duži vremenski period. Hlađenje ima veoma važnu ulogu u smislu zadovoljenja potreba rastućeg broja potrošača u urbanim sredinama, kao i smanjenja gubitaka koji nastaju kvarenjem hrane. U svetu se prosečno godišnje izgubi oko 300 miliona tona hrane, zbog toga što nije blagovremeno primenjeno hlađenje (FAO, 2002).

Za dugo i kvalitetno čuvanje sveže hrane, najvažniji uslovi sredine koje treba obezbediti u skladišnom prostoru su temperatura i vlažnost vazduha. Sa snižavanjem temperature smanjuje se intenzitet metaboličkih procesa u svežim plodovima, a samim tim i promene i propadanje. Mikrobiološka aktivnost je manja na

nižim temperaturama, kao i fiziološki procesi u plodovima. Kada je u pitanju svež proizvod, glavni cilj je usporiti proces disanja u toku čuvanja, jer plodovi koji imaju veći intenzitet disanja imaju kraće vreme skladištenja od onih sa manjim intenzitetom disanja (Janković, 2000).

Izraz za izračunavanje toplote disanja na temperaturi t :

$$q_t = q_0 \cdot e^{bt} \quad [\text{kW/kg h}], \quad (1)$$

q_0 - toplota disanja na 0°C [kW/kg h],
 e - osnova prirodnog logaritma (2,718),
 b - temperaturni koeficijent disanja,
 t - temperatura proizvoda [$^\circ\text{C}$].

Kako između visine temperature i intenziteta disanja postoji eksponencijalna zavisnost, temperatura u skladišnom prostoru treba da bude što niža da bi se usporila kinetika procesa. Najčešće se održava u rasponu od $0 - 4^\circ\text{C}$, dok se u rasponu od $4 - 10^\circ\text{C}$ voće i povrće može sačuvati samo kraći vremenski period (Marković, 2011). Međutim, kada se uskladišten proizvod izloži uticaju temperatura koje su bliske njihovim tačkama zamrzavanja, njihova tkiva više ne mogu da obavljaju normalne metaboličke procese. Ako se dejstvo ovako niskih temperatura nastavi, nepravilno funkcionisanje tkiva može da dovede do pojave niza simptoma oštećenja od niskih temperatura (*chilling injury*), kao što su gubitak čvrstine, lezije na površini plodova, promena boje unutrašnjosti ploda, nepravilno sazrevanje i pojava viška vode tj. vodenasto tkivo (Kader, 2002).

Za duže čuvanje i bolji kvalitet sve više se koristi kontrolisana atmosfera CA, naročito za bioproizvode koji se izvoze. Ovaj sistem skladištenja podrazumeva da pored niske temperature i povećane relativne vlažnosti izmeni se i procentualni udeo gasova u skladišnom prostoru i održava na tom nivou tokom čuvanja plodova. Kontrolisana atmosfera se postiže smanjenjem koncentracije kiseonika sa 21%, koliko ga je u atmosferskom vazduhu, na koncentraciju koja je optimalna za određenu vrstu sveže hrane. Istovremeno se povećava i procentualni udeo ugljen-dioksida od 0,03% do optimalne vrednosti, uglavnom do 3% CO_2 (Janković i Mašović, 2000). Najčešće se u praksi primenjuje kontrolisana atmosfera sa 1 – 5% O_2 . U ovim uslovima manja je respiracija i transpiracija plodova, manje su intenzivni fiziološki i biohemijski procesi, pa time i neželjene promene, kvarenje i propadanje. (Janković i Mašović, 2000). Plodovi ostaju duže sveži, sa očuvanim senzornim i nutritivnim svojstvima.

Kontrolisana atmosfera najviše se koristi za čuvanje jabuka. Za značajniji plasman na inostrano tržište neophodno je obezbediti očuvanje kvaliteta različitih sorti jabuka u postharvest periodu, jer se sve veće količine izvoze. Uvode se evropski standardi u svim segmentima proizvodnje, prerade i čuvanja hrane. Nove tehnologije koje obezbeđuju sigurno i produženo skladištenje bioproizvoda su skladišta sa kontrolisanom atmosferom (CA) i ULO (Ultra Low Oxygen) hladnjače. Zato je cilj ovog rada analiza optimalnih uslova skladištenja različitih sorti jabuka u hladnjačama sa ULO kontrolisana atmosfera.

II. Čuvanje jabuke

Jabuka pripada grupi jabučastog voća i najznačajnija je kontinentalna voćna vrsta u svetu. Velika sposobnost prilagođavanja jabuke različitim prirodnim uslovima, kao i visok kvalitet plodova, osigurali su joj veoma značajno mesto u voćarskoj proizvodnji u svetu. Zajedno sa pomorandžom i bananom, jabuka dominira svetskim tržištem, kao voće koje se koristi tokom čitave godine (Bound, 2005).

Prema podacima FAO-a, godišnja svetska proizvodnja jabuke u 2010. godini je bila nešto manja od 70 miliona tona. Najveći svetski proizvođač je Kina sa preko 30 miliona tona, a zatim slede SAD, Turska, Poljska, Italija i Francuska. Jabuka je često merilo razvijenosti voćarske proizvodnje svake zemlje, pa se sa porastom broja stabala jabuke povećava intenzitet voćarske proizvodnje u globalu i obratno.

Na domaćem tržištu jabuka je jedna od najznačajnijih voćnih vrsta sa komercijalnog gledišta. Po obimu proizvodnje u Srbiji nalazi se na trećem mestu, odmah iza šljive i grožđa. Na tržištu svežeg voća jabuka se po zastupljenosti nalazi na prvom mestu. S obzirom na praktično neprekidnu sezonu potrošnje jabuke, ona je veoma značajna, kako u ishrani, tako i sa ekonomskog aspekta. Od ukupne proizvodnje oko 2/3 jabuke potroši se u svežem stanju. Da bi se zadovoljile potrebe tržišta postoji potreba za dužim čuvanjem plodova jabuke u svežem stanju.

Smatra se da je jabuka najznačajnija voćna vrsta u svetu. Proizvodi se skoro u svim zemljama sveta, posebno na severnoj hemisferi. Iako je najveći svetski proizvođač Kina, veliki udeo u ukupnoj proizvodnji ostvaruju i Sjedinjene Američke Države. Najveći evropski proizvođači su Italija i Poljska.

U Sjedinjenim Američkim Državama postoji preko 100 varijeteta, sorti koje se komercijalno gaje. Od tog broja samo 15 sorti čini 90% od ukupne proizvodnje, tj. prinosa jabuke. Kupferman (2006) navodi “Top five“ tj. pet najzastupljenijih sorti u SAD-u i Evropi, podaci su dati u Tabeli 1.

Tabela 1. Pet najzastupljenijih sorti jabuke u USA, Evropi (Kupferman) i Srbiji

USA	Evropa	Srbija
Crveni Delišeš	Zlatni Delišeš	Ajdared
Zlatni Delišeš	Crveni Delišeš	Granny Smith
Fuji	Jonagold	Zlatni Delišeš
Granny Smith	Granny Smith	Crveni Delišeš
Gala i Royal Gala	Gala	Jonagold

Prikazani podaci ukazuju da postoji međusobna sličnost, ali i razlike u zastupljenosti pojedinih sorti jabuke. Primetna je dominacija Delišeš sorti i u Evropi i u SAD-u. Međutim, Fudži je treća po zastupljenosti u SAD-u, ali nije među prvih pet u Evropi, već je to Jonagold. Zatim dolaze Granny Smith i Gala i u SAD-u i Evropi. Ovim podacima u tabeli 1. dodate su, poređenja radi, i najzastupljenije sorte jabuke u Srbiji, po podacima iz 2013. godine.

Kada se podaci uporede najupečatljivija razlika u odnosu na podatke iz SAD-a i Evrope je sorta Ajdared koja je najzastupljenija u Srbiji, a nije u Top 5 sorti ni u Evropi, ni u SAD-u. Zatim dolazi sorta Granny Smith koja je i u SAD-u i Evropi na četvrtom mestu. Omiljene Delišeš sorte u Evropi i u SAD-u, u Srbiji su takođe veoma zastupljene i gajene.

Plodovi jabuke imaju visok sadržaj vode i podložni su promenama i kvarenju posle berbe. Procenjuje se da Srbija godišnje gubi 30-40% svojih proizvoda u različitim fazama posle berbe (Neel i Bonar,2009). Na ove procese umnogome utiču uslovi iz okruženja (temperatura, relativna vlažnost, sastav atmosfere) u kojima se čuvaju posle berbe. Stoga, da bi se održao kvalitet, povećao rok upotrebe i produžio period prodaje, preduslov je kontrola uslova čuvanja tokom skladištenja i transporta. Hlađenje je osnovni poznati metod za uspešno skladištenje svežeg voća i povrća, pa i jabuke, kako bi se održala njihova svežina i ukupni kvalitet, i značajno produžilo vreme upotrebe u svežem stanju.

Važnost čuvanja proizvoda u hladnjačama i njihova distribucija često se previdi, a ipak predstavlja značajnu aktivnost za produženje roka trajanja i upotrebe svežih i lako kvarljivih prehrambenih proizvoda. Hlađenjem se smanjuje brzina respiracije, usporavaju biohemijski i mikrobiološki procesi i tako produžava rok trajanja.

Jabuke se osim potrošnje u svežem stanju mogu čuvati kraće ili duže vreme u hladnjačama i koristiti za različite oblike prerade. U suštini se može govoriti o pet (5) ključnih elemenata integrisanog lanca hlađenja:

1. proizvodnja,
2. prerada i pakovanje,
3. čuvanje u hladnjačama i distribucija,
4. transport prevoznim sredstvima-hladnjačama i
5. prodaja.

Svaki od nabrojanih elemenata se može posebno posmatrati, ali svi zajedno predstavljaju neraskidivu celinu. Ukoliko samo jedan od njih nedostaje, ili postoji problem u njegovom funkcionisanju ne može se govoriti o integrisanom lancu hlađenja hrane.

Vreme čuvanja sveže hrane može se produžiti ukoliko se primene niske temperature – hlađenje, ali se kao granica javlja tačka smrzavanja. Pri izlaganju plodova temperaturama koje su bliske njihovim tačkama zamrzavanja, remeti se metabolizam u tkivima i nepravilno funkcionisanje može da dovede do oštećenja (chilling injury).

Dužina čuvanja jabuke na niskim temperaturama u hladnjači u uslovima normalne atmosfere zavisi od velikog broja faktora i razlikuje se od sorte do sorte.

Od bioloških specifičnosti ploda zavisi u velikoj meri dužina uspešnog čuvanja, pa se stoga i javljaju osetne razlike u trajnosti pojedinih sorti. Na trajnost i gubitke do kojih dolazi u toku čuvanja utiču:

- uslovi pod kojim su se plodovi razvijali,
- stepen zrelosti plodova, kao i
- način pripreme i pakovanja.

Nove tehnologije koje obezbeđuju dugotrajno i bezbedno ("food safety") skladištenje hrane su komore sa kontrolisanom atmosferom (CA). Pored primenjene niske temperature u ovim skladišnim prostorima izmenjen je i odnos i koncentracija gasova u atmosferi komore. Snižavanjem koncentracije kiseonika i istovremenim povećanjem koncentracije ugljen-dioksida u kontrolisanoj atmosferi dolazi do dodatnog smanjenja intenziteta disanja svežih plodova, jer kontrolisana atmosfera ima značajan uticaj na metabolizam i fiziološke procese. Sve vrste tehnoloških postupaka čuvanja u kontrolisanim uslovima polaze od činjenice da je potrebno upravljati procesima promena, odnosno smanjiti degradativne promene na najmanju moguću meru.

Posle berbe plodovi jabuke su i dalje živi i nastavljaju sa disanjem, čime se u prisustvu kiseonika iz vazduha oksidiše prisutna organska materija u plodovima, a kao proizvodi disanja oslobađaju se ugljen-dioksid, vodena para i toplota disanja.

Sa smanjenjem intenziteta disanja usporava se proces sazrevanja, ali i prezrevanja, starenja i propadanja plodova. Smatra se da je posle primene hlađenja, kontrolisana atmosfera drugo najvažnije otkriće u oblasti skladištenja voća. Danas se gotovo dve trećine ukupne proizvodnje jabuke u svetu čuva u rashladnim komorama sa kontrolisanom atmosferom. Porastom interesovanja za svežim jabukama u periodu april-maj na evropskom tržištu i relativno visokom cenom koja se u tom periodu može postići, verovatan je i dalji porast primene kontrolisanih uslova skladištenja. Razvijeni su i koriste se novi tehničko-tehnološki sistemi, kao što su ULO (*Ultra Low Oxygen*) i DCA (*Dynamic Control Atmosphere*) sistemi, koji se u novije vreme sve više koriste.

III. Skladištenje jabuke u ULO komorama

Tehnički progres u konstrukciji komora sa kontrolisanom atmosferom, kao i inovativna rešenja, rezultirali su boljim upravljanjem sastavom atmosfere i gasovima koji ulaze ili izlaze iz CA komora tokom skladištenja. Raspoložujući sa sve više efikasne opreme za kontrolu nivoa O₂ i CO₂ u skladišnoj atmosferi, omogućena je implementacija automatskih sistema za upravljanje i kontrolu parametara procesa i stanja. Postalo je evidentno da niži nivo kiseonika stvara bolje uslove za očuvanje kvaliteta, pa je pažnja usmerena na održavanje niske koncentracije kiseonika tolerantne za sveže voće i povrće. Menjala se i terminologija, pa su se počeli koristiti različiti nazivi za različite režime, kao što je: LO (*Low Oxygen*) kada je O₂ u intervalu 1,5-2% ili ULO (*Ultra Low Oxygen*) sa 1-1,5% O₂, a kasnije i dinamička kontrolisana atmosfera (DCA) sa sadržajem kiseonika ispod 1 %.

ULO (*Ultra Low Oxygen*) kontrolisana atmosfera nesumljivo je potisnula sva druga rešenja kada je u pitanju kvalitet skladištenja svežeg voća i povrća. Danas se u svetu jabuke najviše čuvaju u ULO hladnjačama. U ULO kontrolisanoj atmosferi intenzitet disanja i promene u plodovima snižavaju se kombinovanim delovanjem niske temperature, ekstremno niske koncentracije kiseonika i povećane koncentracije ugljen-dioksida. Značajno je i da relativna vlažnost u komori bude povećana, da ne bi došlo do isušivanja i smežuranja plodova.

Kod ULO atmosfere postavljaju se ključni zahtevi koje treba zadovoljiti, a to su:

- Toplotno i gasno izuzetno dobro izolovana komora;
- Hlađenje;
- Snabdevanje gasovima za uspostavljanje i održavanje atmosfere;
- Merenje i kontrola procesnih parametara i koncentracije gasova O₂, CO₂, vodene pare, a u nekim slučajevima i etilena.

ULO komore zahtevaju ekstremne uslove dihtovanja zbog ekstremno niske koncentracije kiseonika, ali i drugih gasova. Dodatno postavljeni zahtev je i sadržaj CO₂. Takođe se nametnuo i zahtev za merenjem koncentracije gasova svakih 30 minuta, što je mnogo češće nego kod konvencionalne kontrolisane atmosfere. Ovakav sistem zahteva automatizaciju i kompjuterizaciju. Inicijalni stres (ILOS) koji nastaje zbog ultra niskog sadržaja kiseonika može se pojaviti kod nekih sorti jabuka. Zato tehničko-tehnološko rešenje i režim čuvanja moraju biti prilagođeni karakteristikama i zahtevima određene sorte jabuke.

Plodovi jabuke u pogledu čuvanja spadaju u manje osjetljivo voće. Sveži plodovi jabuke mogu se uspešno čuvati u rashladnom skladištu, odnosno hladnjači, ako su obezbeđeni optimalni uslovi za njihovo održavanje. Od bioloških specifičnosti ploda zavisi u velikoj meri dužina uspešnog čuvanja, pa se stoga i javljaju osetne razlike u trajnosti pojedinih sorti. Na trajnost i gubitke do kojih dolazi u toku čuvanja utiču i uslovi pod kojim su se plodovi razvijali, zatim stepen zrelosti plodova, kao i način pripreme i pakovanja.

Jabuka kao voćna vrsta podleže stalnoj promeni sortimenta, u smislu uvođenja novih sorti u proizvodnju. Ovakva dinamika promena povlači za sobom i praćenje i traženje optimalnih parametara, uslova i režima čuvanja plodova.

Između pojedinih sorti postoje razlike u mogućnostima čuvanja zavisno od:

- a) karakteristika sorte
- b) lokaliteta gajenja
- c) klimatskih uslova i
- d) agrotehnike.

Za duže čuvanje dolaze u obzir samo plodovi ekstra i prve klase, sa odličnim osobinama. Za različite sorte jabuka potrebni su i različiti uslovi čuvanja, mada su često i za plodove iste sorte proizvedene u različitim regionima neophodni različiti uslovi za čuvanje. Zato su u Tabeli 2. predstavljeni preporučeni parametri i optimalni uslovi čuvanja različitih sorti jabuke u uslovima gajenja u Francuskoj.

Tabela 2. Preporučeni parametri i optimalna dužina skladištenja najvažnijih sorti jabuke u ULO hladnjačama (Ctifl, 2004, Francuska)

Sorta	Temperatura vazduha (°C)	Koncentracija O ₂ (%)	Koncentracija CO ₂ (%)	Vreme čuvanja (meseci)
Ariana	0-1	1,5	1	7-8
Breburn	0-1	1,5	0,8-1	7
Pinova	0-1	1,5-1,8	1,5	7-8
Crveni Delišeš	0-1	1,5	1,8-2,2	7-8
Elstar	1-2	1,5	1-2	6-7
Fudži	0-1	1,5	0,8-1,2	8-9
Gala	1-2	1,5	1,5	6-7
Zlatni Delišeš	0-1	1,5-1,8	2-3	9-10
Greni Smith	0-1	1,5-1,8	1-1,5	7-8
Hanikranč	3-4	1,5-1,8	1-1,5	7-8
Aidared	2-4	1,5-1,8	1,8-2,2	8
Jonagold	0-1	1,5-1,8	1,5-2	7-8
Melrose	0-3	2-2,2	1,5	7-8
Tentejšn	0-1	1,5-1,8	1,5	6-7

Optimalne temperature su različite za različite sorte, ali sve vrednosti su u intervalu od 0 do 4°C. Sorte Hanikranč i Aidared su osetljive na niske temperature koje su blizu 0°C i svoj optimum imaju od 2 do 4°C. Kada je optimalna koncentracija kiseonika u pitanju vrednosti su vrlo ujednačene i kreću se u intervalu od 1,5 do 1,8%. Jedino je sorta Melrose osetljiva na vrlo niske koncentracije kiseonika i zato svoj optimum ima iznad 2% O₂. Vrednosti prikazane u Tabeli 2. za optimalne koncentracije ugljen-dioksida prilično su različite za različite sorte. U uslovima ekstremno niskih koncentracija kiseonika većina sorti je osetljiva na povećane koncentracije CO₂ i zato su optimalne vrednosti uglavnom od 0,8 do 1,5% CO₂. Prema podacima Ctifl, Francuska, nešto tolerantnije sorte na povećanu koncentraciju CO₂ su Aidared, Jonagold, Crveni i Zlatni Delišeš koji dobro podnosi i do 3 % CO₂ što mu omogućava najduže vreme čuvanja, čak do 10 meseci.

U Tabeli 3. navedene su sorte koje se u Bosni najviše čuvaju u ULO komorama (Pašalić, 2006). Isti autor navodi i preporučene režime za skladištenje navedenih sorti. Temperatura skladištenja je 1 ili 1,5°C kod svih sorti jabuka i razlikuju se od temperatru koje su preporučene za iste sorte u Francuskoj. Utisak je da se manje vodi računa o sortnim karakteristikama pri hlađenju ULO komora. Preporučene optimalne koncentracije kiseonika se razlikuju od sorte do sorte i Greni Smith dobro podnosi i ekstremno nisku koncentraciju od 0,8% O₂. Sa druge strane sorta Breburn u Bosni se čuva sa 2,3% O₂. Preporučene optimalne koncentracije CO₂ za čuvanje jabuke u ULO komori su u intervalu od 0,8 do 1,5%.

Tabela 3. Preporučeni parametri za skladištenje najvažnijih sorti jabuka u ULO hladnjačama za uslove severozapadne Bosne (Pašalić, 2006)

Sorta	Temperatura vazduha (°C)	Koncentracija O ₂ (%)	Koncentracija CO ₂ (%)
Aidared	1,5	1,5	1,5
Greni Smith	1,0	0,8	0,8
Zlatni Delišeš	1,5	1,5	1,0
Jonagold	1,5	1,5	1,0
Elstar	1,5	1,5	1,0
Gloster	1,5	1,0	0,8
Breburn	1,5	2,3	0,8
Gala	1,0	1,2	1,0
Fudži	1,0	1,0	0,8

Kao optimalne temperature za čuvanje različitih sorti jabuka u Tabeli 4. date su nešto heterogenije vrednosti i slično kao i podaci iz Francuske, za sorte Aidared i Mekintoš ne preporučuju se temperature niže od 3°C. Autor kao vrlo važan parametar navodi i povećanu relativnu vlažnost u ULO komori, čak preko 90%. Za različite sorte preporučene su i različite koncentracije O₂ i CO₂, a srazmerno uslovima različita je i dužina skladištenja.

Tabela 4. Optimalni režim čuvanja jabuke u ULO kontrolisanoj atmosferi (Janković, 2006)

Sorta	Temperatura vazduha (°C)	Relativna vlažnost vazduha (%)	Koncentracija O ₂ (%)	Koncentracija CO ₂ (%)	Vreme čuvanja (meseci)
Aidared	3	90	2	1	7-8
Crveni Delišeš	0-1	92	1	1	8-9
Grenny Smith	0	92	1	1	8-9
Jonatan	2	92	2-3	3	6-7
Mekintoš	3	90	2	3	6-7
Melrose	0-2	90	2	3	6-7
Mucu	1-2	92	2-3	2	8-9
Starking	1-2	92	2	2,5-3	7-8
Zlatni Delišeš	1-2	92	1	2,5-3	7-8

Zahvaljujući uvođenju ULO hladnjača, omogućeno je čuvanje plodova jabuka tokom cele godine, sve do naredne berbe. U ovim kapacitetima moguće je čuvanje plodova jabučastih voćaka 3 do 6 meseci duže nego u NA hladnjačama (Hribar, 2000).

Međutim, dosadašnja iskustva navode na zaključak da se na prvo mesto postavlja sama hladnjača sa pripadajućom opremom, a manje pažnje se poklanja proizvodima, tj. plodovima koji se skladište. Drugim rečima, prevladava mišljenje da je moderno opremljena hladnjača sasvim dovoljan preduslov za dugotrajno čuvanje plodova. Ovakav pristup je neprihvatljiv i pogrešan sa aspekta optimalnih uslova čuvanja različitih vrsta, pa i sorti voća, u cilju što dužeg skladištenja uz minimalne promene i gubitke. Prikazani podaci u Tabelama 2-4. ukazuju da postoji razlika u optimalnoj temperaturi skladištenja, ali i sastavu atmosfere u ULO sistemu u zavisnosti od karakteristika sorte, ali i lokaliteta.

Ono u čemu su svi tehnolozi koji se bave postharvest tehnologijama saglasni je da se kvalitet čuvanjem ne može popraviti, ma koliko tehničko-tehnološka rešenja bila dobra i moderna. Sveži plodovi nikada neće imati bolji kvalitet nego što ga imaju u momentu berbe. Najviše što se može očekivati je da se očuva postojeći kvalitet što je duže moguće. Zato postoje jasne preporuke o optimalnim uslovima skladištenja u cilju minimalnih promena kvaliteta.

U ULO atmosferi moguće je ostvariti značajno duže čuvanje jabuke, jer se pri ekstremno niskim koncentracijama kiseonika metabolički procesi najsporije odvijaju, najniža je brzina disanja. Samim tim i promene, kvarenje, propadanje i mikrobiološka aktivnost svode se na minimum.

IV. Zaključak

Hlađenjem se smanjuje brzina respiracije, usporavaju biohemijski i mikrobiološki procesi i tako produžava rok trajanja. Ali znatno duže čuvanje, uz bolje očuvanje kvaliteta plodova jabuka moguće je ostvariti primenom ULO kontrolisane atmosfere. Moderna tehnologija skladištenja sveže hrane ima za cilj potpunu kontrolu procesa disanja - respiracije, sazrevanja, starenja i propadanja. U objektima sa odgovarajućom tehničko-tehnološkim opremom, optimalno rešenje za uspešno i dugo skladištenje predstavlja ULO kontrolisana atmosfera. Ovaj sistem se sve više koristi za čuvanje jabuke. Niska koncentracija kiseonika i povećan sadržaj ugljen-dioksida, zatim optimalna temperatura i relativna vlažnost omogućavaju uspostavljanje kontrole nad fiziološkim, biohemijskim i mikrobiološkim uzročnicima kvarenja, što omogućava smanjenje gubitaka uz istovremeno maksimalno produžavanje dužine čuvanja i očuvanje kvaliteta u velikom stepenu. Za ostvarivanje maksimalnih rezultata posebnu pažnju treba posvetiti kvalitetu plodova jabuke pri uskladištenju u ULO komore, a dobri rezultati se postižu samo optimalnim režimima čuvanja, koji su prilagođeni karakteristikama pojedinih sorti. Na taj način može da se izbegne upotreba bilo kakvih hemijskih tretmana.

Rezultati istraživanja su deo projekta Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj, program Tehnološki razvoj, pod nazivom "Istraživanje i razvoj opreme i sistema za industrijsku proizvodnju, skladištenje i preradu povrća i voća", broj TR 35043, kao i projekta III 046010.

V. Literatura

- [1] **Barbosa-Canovas, G. V.** and **A. Ibarz**, *Unit operations in Food Engineering*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA (2002).
- [2] **Bound, S. A.** The impact of selected orchard management practices on apple *Malus domestica L.* fruit quality. Submitted in fulfillment of the requirements for the PhD degree, University of Tasmania. (2005).
- [3] FAO Bulletin 158, Freezing of fruits and vegetables, ISSN 1010-1365.
- [4] **Hribar J.** Fruit storage in Dynamic Atmosphere. Tematski zbornik „Hladilna veriga v živilstvu“, SDHK. V Posvetovanje SDHK (2000) Zreče. Slovenia. s. 13-19. ISBN 961-6353-21-7.
- [5] **Janković, M., Mašović, S.** Fruits storage in controlled atmosphere cold rooms. Tematski zbornik „Hladilna veriga v živilstvu“, SDHK. V Posvetovanje SDHK (2000) Zreče. Slovenia. s. 20-30. ISBN 961-6353-21-7.
- [6] **Janković, M., Mašović, S.** Skladištenje jabuka u kontrolisanoj atmosferi. XI Kongres voćara Jugoslavije. (2000) Tara. s.189.
- [7] **Kader, A. A.**, Technical Editor: *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Third Edition. University of California. Agricultural and Natural Resources Publication No. 3311. Oakland, California. (2002) (ISBN: 1-879906-51-1).
- [8] **Kupferman, E.** Washington State University (Sept 19th, 2004); *Controlled atmosphere storage for apples and pears* [In line]. Tree Fruit Research and Extension Center. [accessed on 24.03.06].
- [9] **Marković, D., D. Živković, N. Kosanić, I. Marković, A. Sretenović,** Posle ubirajuće tehnologije za voće i povrće u Srbiji, *Savremena poljoprivredna tehnika*, (2011), 37, 4: 387-398.
- [10] **Marković, D., M. Veljić, Ž. Čebela, S. Božić,** Systems for optic color calibration, *Procesna tehnika i energetika u poljoprivredi*, (2010), 14(1), 23 – 26.
- [11] **Neel Stephen,** and **Bonar Henry** (2009): *Strategija lanca rashlade za Srbiju*.
- [12] **Pašalić, B.** (2006). *Berba, pakovanje i skladištenje plodova voćaka*. Poljoprivredni fakultet, Banja Luka.