

# Skladištenje jabuka u uvjetima kontrolirane atmosfere

---

**Simeunović, Brankica**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2014**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:109:971682>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-15**

REPOZITORIJ

**PTF**

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

**dabar**  
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Food Technology Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
PREHRAMBENO – TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

Brankica Simeunović

Skladištenje jabuka u uvjetima kontrolirane atmosfere

završni rad

Osijek, 2014.

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK**

**PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA**

Nastavni predmet

Tehnologija prerade sirovina biljnog podrijetla II

**Skladištenje jabuka u uvjetima kontrolirane  
atmosfere**

Završni rad

Mentor: izv. prof. dr. sc. Nela Nedić Tiban

---

Student: **Brankica Simeunović**

MB: 3159/09

Mentor: izv. prof. dr. sc. Nela Nedić Tiban

Predano:

Pregledano:

---

**Ocjena:**

**Potpis mentora:**

---

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

ZAVRŠNI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek

Zavod za prehrambene tehnologije

Katedra za tehnologiju voća i povrća

Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

**Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti

**Znanstveno polje:** Prehrambena tehnologija

**Nastavni predmet:** Tehnologija prerade sirovina biljnog podrijetla II

**Tema rada** je prihvaćena na X sjednici Odbora za završne i diplomske ispite Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek održanoj 23. rujna 2013.

**Mentor:** *izv. prof. dr. sc. Nela Nedić Tiban*

### Skladištenje jabuka u uvjetima kontrolirane atmosfere

**Sažetak:** Hladnjače s kontroliranom atmosferom su široko korištena tehnologija za dugoročno čuvanje svježeg ubranog voća. Od kad se primjenjuju, prostori s kontroliranim atmosferama (i odgovarajućim temperaturama) pokazali su se najučinkovitijima za dugotrajno čuvanje jabuka. Kroz niz bioloških procesa (respiracija), jabuka uzima kisik i stvara ugljikov dioksid, vodu i toplinu. Kontrolirana atmosfera je potpuno prirodni proces koji reducira respiraciju na minimum, kontrolirajući prvenstveno koncentraciju ugljikovog dioksida i kisika. Hladnjače sa kontroliranom atmosferom omogućuju dostupnost svježeg voća tijekom cijele godine. Mnogi kultivari mogu biti čuvani značajnih 9-12 mjeseci, za razliku od samo 5 do 6 mj., ako se koriste hladnjače s normalnom atmosferom. Da bi se učinkovito održala kakvoća jabuke, atmosfera spremišta mora imati kontroliranu količinu vlage, kisika, ugljikovog dioksida i temperature. Bit CA spremišta je raspon koncentracije O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub>, gdje obje moraju biti održavane na 0,5 do 2,5%. Točan optimum koncentracije varira za različite sorte jabuka. Relativna vlažnost zraka se održava u rasponu od 90 do 95 %, a temperatura na oko 1°C.

**Ključne riječi:** jabuka, kontrolirana atmosfera, skladištenje

**Rad sadrži:**

- 31 stranica
- 8 slika
- 3 tablica
- 14 literaturnih referenci

## BASIC DOCUMENTATION CARD

PRE-BOLOGNA GRADUATE THESIS

**University Josip Juraj Strossmayer in Osijek**  
**Faculty of Food Technology Osijek**  
**Department of Food Technologies**  
**Subdepartment of Fruit and Vegetable Technology**  
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

**Scientific area:** Biotechnical sciences  
**Scientific field:** Food technology  
**Course title:** Technology of Plant-Based Raw Materials II

**Thesis subject** was approved by the Board of pre-Bologna Graduate and Graduate Exams of the Faculty of Food Technology Osijek at its session no. X held on September 23, 2013

**Mentor:** *Nela Nedić Tiban*, PhD, assoc. prof.

### **Storage of apples in controlled atmosphere conditions**

**Summary:** Refrigerators with controlled atmosphere is widely used technology for long storage freshly picked fruit. Storage rooms with controlled atmospheres and adequate temperatures have shown most efficient for longlasting apple storage. Through numerous biological processes (respiration) apple takes oxygen and produces carbon dioxide, water and heat. Controlled atmosphere is completely natural process which reduces respiration to minimum, controlling firstly concentration of carbon dioxide and oxygen. Refrigerators with controlled atmosphere enable availability of fresh fruit during the entire year. Many cultivars can be stored for 9-12 months, unlike others that can be stored only 5-6 months if used refrigerators with normal atmosphere. Storage atmosphere must have controlled moisture quantity, oxygen, carbon dioxide and temperature so it could be able to maintain apple quality. Storages with CA must have concentration range of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> between 0,5 and 2,5 %. Correct concentration optimum varies depending on apple type. Relative air humidity is maintained in range 90-95% , and temperature around 1°C

**Key words:** apple, controlled atmosphere, storage

**Thesis contains:** 31 pages  
8 figures  
3 tables  
14 references

## **SADRŽAJ:**

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO .....</b>	<b>2</b>
2.1. Jabuka .....	2
2.1.1. Kemijski sastav jabuke .....	2
2.2. Branje i priprema jabuka za skladištenje .....	4
2.2.1. Način branja .....	4
2.2.2. Promjene tijekom i nakon branja .....	5
2.2.3. Priprema jabuka za skladištenje .....	6
2.2.4. Privremeno skladištenje .....	7
2.3. Konzerviranje hlađenjem .....	9
2.3.1. Rashladna postrojenja .....	10
2.4. Kontrolirana atmosfera i vrste kontrolirane atmosfere .....	12
2.4.1. Kontrolirana ventilacija .....	13
2.4.2. Konvencionalna kontrolirana atmosfera .....	14
2.4.3. Kontrolirana atmosfera sa niskim i jako niskim sadržajem kisika .....	16
2.4.4. Dinamička kontrolirana atmosfera .....	16
2.4.5. Mikro kontrolirana atmosfera .....	17
2.4.6. Hipobarična atmosfera .....	18
2.5. Tehnološka oprema i procesi za održavanje uvjeta u komorama sa kontroliranom atmosferom .....	19
2.5.1. Komore za kontroliranu atmosferu .....	19
2.5.2. Uklanjanje kisika .....	20
2.5.3. Uklanjanje ugljikovog dioksida .....	21
2.5.4. Uklanjanje etilena .....	21
2.6. Kontrola procesa .....	23
2.6.1. Mjerenje temperatura .....	24
2.6.2. Mjerenje sadržaja kisika .....	24
2.6.3. Mjerenje ugljikovog dioksida .....	24
2.6.4. Mjerenje etilena .....	25
2.6.5. Mjerenje vlažnosti .....	25
2.7. Režimi čuvanja jabuka u kontroliranoj atmosferi .....	26
<b>3. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>30</b>
<b>4. LITERATURA .....</b>	<b>31</b>

# 1. UVOD

Danas se koriste različite tehnologije kontrolirane atmosfere i to: kontrolirana ventilacija, konvencionalna kontrolirana atmosfera, kontrolirana atmosfera sa niskim i ultraniskim sadržajem kisika, dinamička kontrolirana atmosfera, mikro-kontrolirana atmosfera i hipobarična atmosfera. Sastav kontrolirane atmosfere se mijenja u ovisnosti o temperaturi čuvanja.

Sastav kontrolirane atmosfere može se razlikovati od uobičajenog sastava po: povećanom udjelu  $\text{CO}_2$  i smanjenom udjelu  $\text{O}_2$  ili smanjenom udjelu  $\text{CO}_2$  i  $\text{O}_2$ . Kontrolirana atmosfera uspostavlja se na osnovi sniženja koncentracije  $\text{O}_2$  (sa 21% na nižu vrijednost).

Ambijent u kojem se čuvaju jabuke u kontroliranoj atmosferi zavisi od sorte i zemljopisnog područja na kojem se uzgajaju, te je za svaku sortu potrebno je definirati režime skladištenja u kontroliranoj atmosferi, koji mogu biti vrlo različiti. Postoji različita tolerancija prema odnosu etilena,  $\text{CO}_2$  i  $\text{O}_2$  u atmosferi skladišta kod pojedinih sorti. Ovi zahtjevi mogu biti različiti i u ovisnosti o stupnju zrelosti.

Uklanjanje  $\text{CO}_2$  kod uspostavljanja kontrolirane atmosfere se može postići upotrebom skrubera. Uspostavljanje željenog odnosa i apsolutne vrijednosti između  $\text{CO}_2$  i  $\text{O}_2$  i njegovo održavanje je dosta veliki problem. Uslijed disanja, vremenom se narušava prvobitni sastav kontrolirane atmosfere, povećava se udio  $\text{CO}_2$  i smanjuje udio  $\text{O}_2$ . To se može nepovoljno odraziti na daljni tijek biokemijskih reakcija. Zbog toga su regulacijski sistemi, senzor i izvršni organi koji su dio regulacijskih sistema vrlo značajni kod ultraniskog sadržaja kisika.

Kod čuvanja u uvjetima kontrolirane atmosfere potrebno je da komora hladnjače bude hermetična.

Primjena kontrolirane atmosfere je višestruko korisna. Pravilnim izborom sastava atmosfere i temperature skladištenja, rok trajanja pojedinih sorti jabuka može se produžiti od 3 na oko 7 i više mjeseci.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. Jabuka

Stablo jabuke najčešće je kultivirano stablo na svijetu, a kao divlje raslo je u Europi još u pretpovijesno doba. Pitoma jabuka podrijetlom je iz južnog Sibira i Azije, a Grci i Rimljani uzgajali su različite sorte (web 1).

Stablo jabuke može biti do 12 m visoko, s razgranatom krošnjom koju izgrađuju jajoliki listovi. U svibnju cvate blijedo ružičastim do bijelim cvjetovima, a plodovi sazrijevaju od srpnja do listopada, ovisno o sorti jabuke. Jabuka je među najrasprostranjenijim vrstama voća; osvježavajuća, kiselo-slatkog okusa i svojstvene arome (web 1).

Poznate su brojne sorte (njih oko 10 000), koje se međusobno razlikuju po okusu, slatkoći ili kiselosti, konzistenciji i sočnosti. Prema vremenu sazrijevanja razlikujemo rane ili ljetne, srednje rane ili jesenske, te kasne ili zimske jabuke. Po obliku se dijele na okrugle, šiljate, plosnate, rebraste, bez rebara, s dubokom ili plitkom čašicom. Dije se i po boji i svojstvu pokožice ploda na crvene, žute, šarene, obojene kao mramor, odnosno, glatke, sjajne, hrapave, i masne jabuke (web 2).

Jabuka je jedna od najvažnijih vrsta voća u prehrani. Kao svjež plod može se jesti cijele godine. Za održavanje zdravog organizma čovjek godišnje treba pojesti od 30 do 40 kg svježih jabuka (Brzica, 2002.).

#### 2.1.1. Kemijski sastav jabuke

Plod jabuke bogat je hranjivim sastojcima čija količina ovisi o vrsti te o načinu uzgoja, a gotovo svi potrebni nutrijenti prisutni su barem u minimalnim količinama (web 3).

Prosječno, voda čini 82% težine ploda, ugljikohidrata ima oko 12%, masti i bjelančevina zajedno oko 1%, a celuloza se nalazi u plodu u količini od oko 1%. Osim osnovnih tvari, jabuka sadrži i niz drugih sastojaka neophodnih za ljudski organizam: šećer (glukoza, fruktoza i saharoza), netopljiva vlakna (pektin), organske kiseline (omjer šećera i kiselina određuje slatkoću), sve esencijalne i neesencijalne aminokiseline (ali u vrlo malim količinama), aromatične tvari, boje (klorofil, karoteonidi i antocijani), vitamine i minerale (osobito ima dosta kalija), pa čak i masnoće (sjemenke sadrže 24% ulja) (web 3).



Jabuka sadrži 3,3 g dijetalnih vlakana – više od 10% dnevne količine vlakana koju preporučuju stručnjaci za prehranu (web 3).

## **2.2. Branje i priprema jabuka za skladištenje**

Berba voća je prvi i gotovo najvažniji postupak u sveukupnom lancu od berbe do potrošnje. Od roka berbe i trajanja berbe ovisi kakvoća voća, njegova trajnost i mogućnost prijevoza. Vrijeme berbe ovisi od nekoliko čimbenika kao što su sorta, način dozrijevanja, namjena, zahtjevi i udaljenosti tržišta (Jašić i sur., 2010.; Brzica, 2002.).

Utvrđivanje najpogodnijeg roka za berbu jabuka, s obzirom na stupanj zrelosti, najčešće je dosta složeno, jer je trajanje faze razvoja plodova i zrelosti različit po sortama, unutar iste sorte i u voćnjaku. Kod plodova jabuke razlikuju se tri stupnja zrelosti koji su podjednako važni za određivanje vremena berbe. To su fiziološka zrelost, konzumna i tehnološka zrelost. U fiziološkoj zrelosti plodovi dostižu svoju najveću krupnoću, a sjemenke su posve razvijene i u povoljnim uvjetima mogu proklijati. Konzumna zrelost predstavlja stadij kada su plodovi spremni za konzumiranje. Kad plodovi postignu najbolji okus, miris i boju pokožice te sve ostale karakteristike potrebne za daljnju namjenu (prerada, čuvanje u skladištu ili hladnjači) može se govoriti o tehnološkoj zrelosti. Plodovi ranih sorata beru se 6 do 7 dana prije tehnološke zrelosti, jesenske sorte 7 do 14 dana prije tehnološke zrelosti, a zimske sorte se beru u fiziološkoj zrelosti (web 4, web 7).

Preranom berbom smanjuje se veličina plodova, a time i ukupan prirod, slabiji je intezitet boje i okus im je neuravnotežen. U prekasnoj berbi lako opadaju plodovi sa stabla, skloni su brašnjavosti, ranija je pojava posmđenja mesa, pojačana je pojava truleži i, u cjelini, plodovi se mogu manje čuvati u skladištima i hladnjačama (Brzica, 2002.).

### **2.2.1. Način branja**

Branje se može obavljati ručno ili mehanički, te kombinacijom. Jabuke namjenjene za prodaju u svježem stanju beru se ručno, dok je za preradu ili kod uzgoja na velikim plantažama bere mehanički ili kombinirano. Glavna prednost mehaničkog branja su brzina branja i smanjeni troškovi. Ručno branje se bere na način da se obuhvati cijelom šakom, a kažiprst se podmetne ispod spojnog mjesta peteljke ploda s granom. Plod se zatim blago uvrne i odvoji. Zatim se plodovi se stavljaju u razne posude. Najčešće su to klokan torbe, plastične ili aluminijske kante, košare različitih veličina i oblika, te plastični ili drveni sanduci. Prije nego što se pristupi berbi posuđe u koje će se brati treba dezinficirati i osušiti. Ukoliko se bere ponovno u istu ambalažu, neophodno je njihovo pranje jakim mlazom vode, dezinfekcija i sušenje. Kod ručne berbe koriste se ljestve, koje trebaju biti stabilne i što lakše.

Prvo se beru plodovi s nižih, a potom s viših grana. Za čuvanje je posebno značajno da se obrani plodovi sačuvaju od mehaničkih oštećenja, jer to u kasnijem periodu može uzrokovati masovnije kvarenje plodova. Berba se obavlja samo po suhom, nakon jutarnje rose, a nikad po kiši. Mokro-vlažno voće omogućava brzi razvoj mikroorganizama koji uzrokuju njihovo kvarenje (Jašić i sur., 2010.; Brzica, 2002.; web 4).



**Slika 1** Branje jabuka uz korištenje mehanizacije (Jašić i sur., 2010.).

### **2.2.2. Promjene tijekom i nakon branja**

Branje jabuka uključuje niz drugih aktivnosti na terenu koje mogu utjecati na kvalitetu proizvoda. Primjer takvih operacija su: presortiranje, uklanjanje lišća i drugih nejestivih dijelova. Pri branju mogu nastati različite vrste oštećenja. Mehanička oštećenja su česta tijekom berbe i uglavnom ih stvara nepravilno korištenje alata koji se koriste za branje plodova. Ostali uzroci uključuju nokte berača ili pritisak što omogućuje truljenje i aktivnost pljesni i bakterija. Također zbog svog kemijskog sastava vrlo je podložno različitim promjenama. Nakon berbe u plodovima se nastavljaju procesi kao što su disanje, transpiracija, promjena sastojaka, te promjene koje su uzrokovane mikroorganizmima, prije svega plijesnima i bakterijama. Sve navedene promjene zavise od više čimbenika, prije svega od temperature, relativne vlažnosti, sastava atmosfere u kojoj se čuvaju plodovi, etilena, svjetlosti i dr. (Jašić i sur., 2010.; web 5).

### 2.2.3. Priprema jabuka za skladištenje

Pri prijemu jabuka potrebno je izvršiti uzorkovanje i određivanje tehnoloških parametara, jer samo se kvalitetna sirovina može čuvati duži period. Jabuka kao polazna sirovina treba da ima potrebna svojstva koja ih čine pogodnim za čuvanje u svježem stanju. Tehnološki parametri koji se provjeravaju kod prijema su: sorta, stupanj zrelosti, kemijski sastav, prisustvo insekata i drugih štetočina, oštećenja uslijed djelovanja mikroorganizama, kao i druge vrste eventualnih oštećenja mehaničke i fiziološke prirode. Jabuke namjenjene za preradu ne moraju da ispunjavaju striktno uvjete kvalitete kao jabuke koje su namjenjene za konzumiranje u svježem stanju. Kontrola kvalitete pri prijemu obavlja se tako što se uzimaju uzorci sa različitih mjesta transportnog sredstva ili ambalaže, a zatim analiziraju sa aspekta organoleptičkih svojstava, teksture, kemijskog sastava i mikrobiologije. Uzorkovanje vrši stručno lice koje ima dobar uvid u kvalitetu sirovine. To lice treba da prepozna sortu te da ocjenu vrši na osnovu najvažnijih tehnoloških pokazatelja kvalitete. Obično su to elementi koji se lako uočavaju kao što su: boja, tvrdoća, oblik, zdravstveno stanje ploda, zrelost i u određenim slučajevima suha tvar koja se određuje refraktometrom. Za svaku sortu potrebno je odrediti indeks zrelosti, koji određuju sljedeći parametri: boja kože, veličina, oblik, tekstura površine, tvrdoća, aromatičnost, sadržaj soka, suhe tvari, sadržaj vode, sadržaj šećera i škroba, kiselost, specifična težina i dr. Opće karakteristike izgleda su: boja, veličina, oblik i tekstura površine. Ocijena boje često je važna zato što je kvarenje povezano s promjenom boje. Većina atributa teksture se može se mjeriti jer su to uglavnom fizičke veličine (Jašić i sur., 2010.).

Tvrdoća je definirana silom koja je potrebna da dođe do deformacije proizvoda. Dobar je pokazatelj stanja ploda i može se vrlo jednostavno mehanički izmjeriti.



**Slika 2** Mjerenje tvrdoće ploda jabuke penetrometrom tipa Bishop (Jašić i sur., 2010.).

Penetrometar je uređaj sa kojim se mjeri tvrdoća plodova. Penetrometri mjere ukupnu silu potrebnu za probijanje uzorka plodova pomoću standardne dijametarske sonde (Jašić i sur., 2010., web 6.).

Svježe jabuke analiziraju se i senzornim, odnosno organoleptičkim metodama. Senzorska analiza predstavlja mjerenje i vrednovanje svojstava namirnica sa jednim ili više čula čovjeka. Senzorska analiza radi se planski prema unaprijed pripremljenim postupcima i najčešće obuhvaća:

- planiranje i pripremu analize,
- izvođenje ocjenjivanja svojstava proizvoda pomoću čula, te njihov opis i ocjena pod standardiziranim uvjetima,
- vrednovanje i
- statističku obradu podataka (Jašić i sur., 2010.).

#### **2.2.4. Privremeno skladištenje**

Privremeno skladištenje poželjno je vršiti odmah pri prijemu, prije konačnog uskladištenja. Privremeno skladište treba biti obezbijeđeno sistemom za hlađenje. Ventilacija u skladištu treba biti na raspolaganju da ne bi došlo do nagomilavanja neželjenih produkata respiracije. Zahtjev za vlažnošću atmosfere u takvom skladištu je jako važan. Ako je atmosfera suha, onda dolazi do intenzivne transpiracije koja dovodi do velikih gubitaka mase, plodovi se smežuraju i vrlo često više nisu za upotrebu u svježem stanju. Pri

privremenom skladištenju mora biti onemogućen ulaz štetočinama kao što su: ptice, glodari i insekti. Manipulacija jabukama u skladištu mora biti jako oprezna i profesionalna, kako bi se izbjegla oštećenja izazvana nepravilnim i nestručnim transportom unutar skladišta. Rukovanje tijekom utovara i istovara, te tijekom skladištenja, odvija se raznim vrstama transportnih sredstava. Ova transportna sredstva mogu biti mobilna i fiksna. Mobilna sredstva se koriste u skladištima, tijekom utovara i istovara, a u ovu vrstu ubrajamo razne vrste viličara, kolica, ali i bagera kod industrijske prerade. Fiksna sredstva nisu pokretna već su fiksirana u pogon. Razne su izvedbe ovih uređaja, a zavise od specifičnosti tehnološkog procesa i od materijala koji će se transportirati. Najčešće korišteni uređaji ovog tipa su: transportne trake, elevatori različitih oblika i izvedbi, te hidro i pneumatske transportne cijevi. Najmanje povreda u voću nastaje ako se transport obavlja pomoću vode, a u tom slučaju vrši se i pranje voća. Ovi oblici transporta koriste se kod postrojenja sa visokim kapacitetima (Jašić i sur., 2010.).

## 2.3. Konzerviranje hlađenjem

Hlađenjem se mogu uspješno čuvati velike količine svježih sirovina ne umanjujući pri tom njihovu kvalitetu. To je postupak konzerviranja namirnica držanjem na temperaturi od 4° do 6 °C. Hlađenje je metoda kojom se najmanje mijenjaju izvorna svojstva namirnica, međutim, trajnost proizvoda se povećava samo na kraće vrijeme. Temperatura ubranog voća često iznosi od 20 do 30°C i više, te time su ubrzani procesi kvarenja, zbog toga je takvo voće potrebno što brže ohladiti. Brzo uklanjanje topline nekoliko sati nakon branja zaustavlja kvarenje proizvoda te se smanjuje disanje proizvoda. Smanjenjem temperature biokemijski procesi u voću se usporavaju, pa se tako sniženjem temperature za 10°C većina biokemijskih reakcija usporava za 2-3 puta. Niska temperatura usporava ili zaustavlja razvoj mikroorganizama, mnogi psihrofilni za reprodukciju zahtjevaju minimalnu temperaturu od -7 do 0°C. Ispod ove granice mnogi mikroorganizmi počinju da izumiru (Jašić i sur., 2010., web 8).

**Tablica 1** Klasifikacija mikroorganizama prema temperaturnim uvjetima (Jašić i sur., 2010. Taube i Baranova).

R.br.	Grupa	Minimalna	Optimalna	Maksimalna
1.	Psihrofilni	-5 do +5	15 do 18	10 do 22
2.	Mezofilni	10 do 15	20 do 37	35 do 45
3.	Termofilni	40 do 45	55 do 75	60 do 80

Enzimi su prisutni u svježim namirnicama i utječu na degradaciju kvalitete. Enzimske reakcije, kao i kemijske, usporavaju se snižavanjem temperature. Mnoge vrste jabuka ne podnose suviše niske temperature hlađenja. Čuvanje namirnica biljnog podrijetla tijekom dužeg razdoblja u hladnjačama zavisit će od početne kvalitete. Voće i povrće mora biti zrelo, zdravo, bez mehaničkih oštećenja, bez oboljenja i bez stranih mirisa.

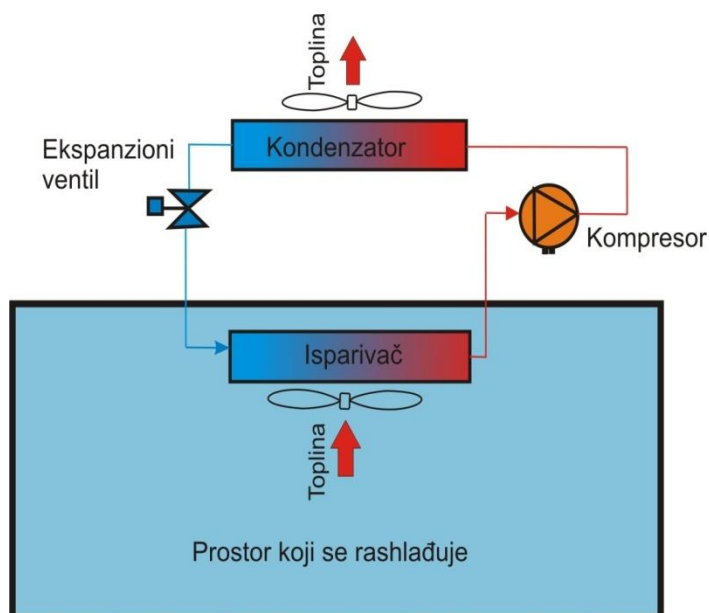
Za sve vrste voća i povrća važno je da temperatura bude stalna ili bar bez značajnih oscilacija. Oscilacija temperature 1-2°C može značajno utjecati na trajanje čuvanja voća i povrća. Za vrijeme čuvanja na niskim temperaturama značajnu ulogu ima i vlažnost zraka. Kod niske vlažnosti može doći do smežuranja plodova, te gubitka svježine, dok kod previsoke dolazi do razvijanja nepoželjnih pljesni i mnogih mikroorganizama.

Cirkulacija i ventilacija zraka u hladnjačama potpomažu održavanje iste vlažnosti u svim djelovima hladnjače, pomažu uklanjanje mirisa i sprječavaju nastanak ustajalog mirisa i okusa namirnice. Da bi se osigurala dobra cirkulacija zraka unutar komore potrebno je

instalirati ventilator odgovarajućeg kapaciteta i pravilno slagati palete. Pravilno slaganje podrazumjeva da se između paleta ili redova paleta ostavlja razmak, kako bi se obezbjedilo strujanje zraka između paleta (Jašić i sur., 2010.).

### 2.3.1. Rashladna postrojenja

Najširu primjenu u industriji hlađenja imaju rashladna postrojenja. Oduzimanjem topline tijelo se hladi a njegova temperatura se snižava. Ta toplina izražava se u kcal/h. Rashladna postrojenja rade na principu ljevokretnog termodinamičkog kružnog procesa. U najjednostavnijim rashladnim postrojenjima postoje četiri glavna uređaja: isparivač, kompresor, kondenzator i ekspanzioni ventil. Kao radni medij koriste se različiti tekućine/plinovi, što zavisi od potrebne temperature. Rashladni fluid koji je u isparivaču prešao u paru kompresor usisava i sabija ga na viši tlak, pri čemu se i temperatura rashladnog fluida povećava. Pare rashladnog fluida izlaze iz kompresora sa visokim tlakom i temperaturom i dolaze u kondenzator gdje se fluidu oduzima toplota i on prelazi u tekućinu, te mu se smanjuje tlak prije odvođenja u isparivač. Isparavanje se odvija na temperaturi koja odgovara tlaku tečnog rashladnog medija (Jašić i sur., 2010.).



Slika 3 Osnovna shema najjednostavnijeg rashladnog postrojenja (Jašić i sur., 2010.).



### *Isparivač*

Isparivač je najčešće smješten u samu komoru hladnjače. Moderne hladnjače obično koriste rebraste cijevi isparivača. Radni medij dolazi u isparivač kao tekućina. Zbog prelaza topline u isparivač zrak se rashlađuje. Neke rashladne instalacije rade tako što se rashlađuje posredni medij koji dolazi do izmjenjivača topline. Konstrukcija isparivača zavisi od njegove namjene i osobina rashladnog medija. Po načinu rada mogu se podijeliti na: suhe, polupotopljene i potopljene (Jašić i sur., 2010.; Keder, 1992.).

### *Kompresor*

Najčešći tipovi rashladnog kompreora mogu biti klipni i vijčani. Najčešće se vijčani kompresori koriste za veće kapacitete hladnjača, te se mogu postaviti da rade na različitim razinama protoka, dok se klipni koriste za sve vrste kapaciteta. Glavni nedostatak klipnih kompresora u relativno visoki troškovi održavanja, dok vijčani kompresori imaju niske troškove održavanja, ali nisu dostupni u manjoj veličini od oko 23 kW. Kapaciteti kompresora se kreću od 100 do 1000000 Pa. Kompresor radi na taj način što hladne pare rashladnog fluida usisava iz isparivača i sabija ih do tlaka koji vlada u kondenzatoru, a zatim izbacuje komprimirane pare u potisnu cijev prema kondenzatoru (Jašić i sur., 2010. Kader, 1992.).

### *Kondenzator*

Kod kondezatora se hlađenje vrši najčešće pomoću vode ili zraka. Kondezator je dio instalacije za hlađenje u kome se kondenziraju pare rashladnog fluida koje dolaze iz kompresora. Razmjena topline vrši se na površini kondenzatora. Pregrijana para rashladnog medija ohladi se u kondenzatoru do temperature kondenzacije, dok se u zračnom kondezatoru hladi plin tako što predaje toplinu okolnom zraku (Jašić i sur., 2010.; Kader, 1992.).

### *Ekspazioni (prigušni) ventil*

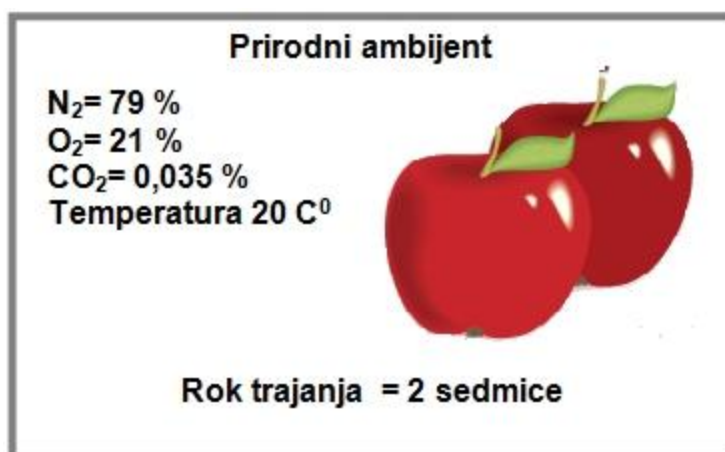
Koristi se za prigušivanje tekućeg rashladnog fluida sa višeg tlaka kondenzacije na niži tlak isparavanja. Pomoću prigušnog ventila reguliše se protok rashladnog fluida, kapacitet rashladne mašine, kao i tlak i temperatura isparavanja. Rad kompresijskih rashladnih uređaja zasniva se na tome da rashladni fluid prima toplinu iz okolne sredine u isparivaču, a potom daje tu toplinu kondenzatoru, zraku ili vodi kojom se hladi kondenzator. Stoga rashladni fluid mora da ima određena fizička, kemijska i termička svojstva, te da bude bezbjedan i ekonomičan u eksploataciji. Rashladni fluid koji se koristi može biti amonijak i razne vrste freona, a danas s obzirom na stroge ekološke zahtjeve koriste se ekološki freoni (Jašić i sur., 2010.).

## 2.4. Kontrolirana atmosfera i vrste kontrolirane atmosfere

Kontrolirana atmosfera koristi se u posljednjih sedamdeset do osamdeset godina za skladištenje, transport i pakiranje hrane. Prva kontrolirana atmosfera napravljena je 1929. godine u Engleskoj, a danas se više od 10 miliona tona voća skladišti u kontroliranoj atmosferi. U prvih 50 godina nakon otkrića primjena kontrolirane i modificirane atmosfera neprekidno je rasla jer je omogućavala produženje roka trajanja i kvalitetu jabuka nakon berbe. Rast je prisutan i danas jer kontrolirana atmosfera pruža bolji tretman sirovini tokom skladištenja i transporta, kao i distribucije u svježem stanju. Tehnologija skladištenja u kontroliranoj atmosferi dijeli se na:

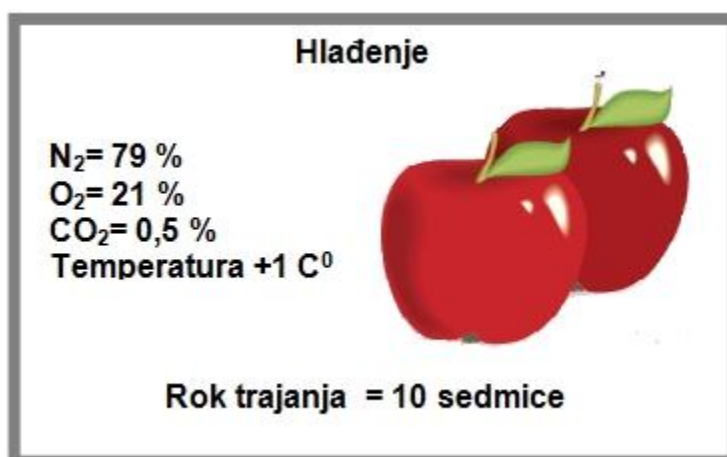
1. Kontroliranu ventilaciju,
2. Konvencionalnu kontroliranu atmosfera,
3. Kontroliranu atmosferu sa niskim LO i jako niskim ULO sadržajem kisika,
4. Dinamička atmosfera,
5. Mikro kontrolirana atmosfera i
6. Hipobarična atmosfera.

Tehnološki postupci čuvanja jabuka u kontroliranoj atmosferi zasnivaju se na činjenici da je potrebno smanjiti degradaciju jabuka na najmanju moguću razinu. Osnovni procesi nakon berbe jabuka su procesi transpiracije, respiracije i zrenja odnosno biokemijske transformacije sastojaka plodova. Prirodni postupci koji se odvijaju nakon berbe mogu zbog različitih tehnoloških postupaka biti stimulirani i destimulirani te se zbog toga moraju skladištiti pod posebnim uvjetima. Tako npr. promjena temperature, relativne vlažnosti i tlaka zraka kao i upotreba bioloških plinova kao što su etilen, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> može utjecati na brzinu biokemijskih promjena u jabukama tijekom skladištenja. Nakon otkrića utjecaja bioloških plinova na procese respiracije i transpiracije, što je omogućavalo produljenje skladištenja svježih jabuka, koristio se termin „plinsko skladištenje“ ili „plinska atmosfera“ što se kasnije preimenovalo u „Tehnologija skladištenja u kontroliranoj atmosferi (CA)“ te se taj naziv koristi i danas. Jabuke su se prije čuvale, a znaju se čuvati i danas u neadekvatnim prostorijama odnosno na prirodan način, pa se zbog toga znatno smanjuje rok trajanja proizvoda (Jašić i sur., 2010.).



**Slika 4** Čuvanje jabuka u prirodnom okruženju (Jašić i sur., 2010.).

Poboljšanje kvalitete skladištenja jabuka postiže se u konvencionalnim hladnjačama, gdje se smanjuje temperatura skladištenja te se na taj način smanjuje brzina respiracije i usporavaju se biokemijski postupci (Jašić i sur., 2010.).

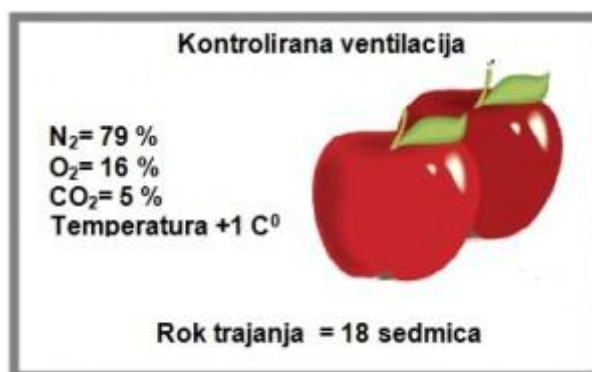


**Slika 5** Čuvanje jabuka hlađenjem (Jašić i sur., 2010.).

### 2.4.1. Kontrolirana ventilacija

Kontrolirana ventilacija je osnovni tip kontrolirane atmosfere i koristi se od samog početka, odnosno otkada su otkriveni fenomeni utjecaja respiracije na dužinu čuvanja jabuka. Kontrolirana ventilacija u odnosu na konvencionalne hladnjače sadrži ventilaciju i zbog toga se komora drži zatvorenom i time dolazi do smanjenja razine kisika u prostoru, a povećava se razina  $CO_2$  respiracijom. Ova metoda ima brojne nedostatke. Mnoge vrste jabuka osjetljive su na  $CO_2$  pri čemu nastaje tamnjenje unutar plodova, jer je održavanje

potrebne razine CO<sub>2</sub> i niske razine kisika nemoguće postići samo ventilacijom (Jašić i sur., 2010.).



**Slika 6** Kontrolirana ventilacija omogućuje duži rok trajanja u odnosu na konvencionalno hlađenje (Jašić i sur., 2010.).

## 2.4.2. Konvencionalna kontrolirana atmosfera

Ako se jabuke skladište u izoliranim i hermetički zatvorenim komorama bez ventilacije, onda se u njima kao produkt respiracije vremenom akumulira CO<sub>2</sub>. Količina CO<sub>2</sub> se u tom slučaju podiže na nivo koji šteti plodovima i potrebno ga je eliminirati pomoću različitih metoda za uklanjanje CO<sub>2</sub>. Danas su najčešće u upotrebi skruberi koji kemijskim ili fizikalnim postupkom eliminiraju CO<sub>2</sub> iz skladišne atmosfere. U kontroliranoj atmosferi također se smanjuje sadržaj kisika upuhavanjem dušika (inertni plin). Usporedno sa komorama sa kontroliranom ventilacijom, komore CA su bolje hermetički zatvorene i opremljene su pouzdanijim uređajima za kontrolu temperature sa minimalnom tolerancijom i regulacijskim odstupanjem od zadanog stanja. Ključni uvjeti koje kontrolirana atmosfera mora zadovoljavati su :

1. Izolirana i izuzetno dobro brtvljena komora,
2. Hlađenje,
3. Opskrba plinovima za održavanje atmosfere i
4. Mjerenje i kontrola procesnih stanja plinova O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, vodene pare, a u nekim slučajevima i etilena.

Prilikom skladištenja jabuka u kontroliranoj atmosferi sustav se sastoji od generatora dušika, skrubera za CO<sub>2</sub> i uređaja za dodavanje zraka. Podrazumijeva se skladištenje pri niskim koncentracijama kisika (1,0 – 1,5%), niskim koncentracijama etilena (utemeljene na optimalnoj razini O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub>) ili programiran princip (gdje se jabuke čuvaju 2-6 tjedana pri

koncentracijama O<sub>2</sub> od 1%, a poslije pri koncentracijama O<sub>2</sub> od 2-3 % za ostatak vremena skladištenja). Prednosti i nedostaci ovakvog načina skladištenja ovise od fiziološke starosti proizvoda, sastava atmosfere, temperature i trajanja skladištenja (Jašić i sur., 2010.).

#### *Osjetljivost na koncentraciju O<sub>2</sub>*

Pri skladištenju u CA različita je razina na osjetljivosti koncentracija O<sub>2</sub> za različite sorte jabuka. Kisik je reaktivan plin, u zraku se nalazi u količini od 20,9 %. U atomskom stanju prisutan je u gotovo svim organskim molekulama, a posebno u ugljikohidratima. Topljiv je u vodi, a njegova topljivost raste s porastom temperature. Mnogi mikroorganizmi koji kvare hranu trebaju kisik za svoj rast i razvoj te često zbog djelovanja i viška kisika nastaju različiti mirisi. Također je potreban za normalni respiratorni metabolizam kod svježih jabuka, a nakon procesa zrenja i dozrijevanja izaziva senescenciju i degradaciju kvalitete plodova. Smanjenje koncentracije kisika ispod 10% usporava intenzitet respiracije svježih ubranih jabuka, a indirektno smanjuje brzinu dozrijevanja, starenje i truljenje. Smanjenje kisika odlaže kemijske promjene kao što su omekšavanje, gubitak boje, kao i razvoj arome. Pravilna kombinacija kisika, temperature i vremena može biti djelotvorna kod nekih problema vezanih za kontrolu insekata. Koncentracija kisika ispod 1-2 % može voditi ka anaerobnoj oksidaciji (fermentaciji). Navedeni procesi su vezani za stvaranje etanola i acetat aldehida, gubitak arome, nastajanje nepoželjnih mirisa i ukupno smanjenje kvaliteta. Povećanjem koncentracije kisika u atmosferi povećava se i količina etilena koji izaziva različite promjene kao što su crveno-smeđe točke na salati, gorčina u mrkvi i sl. Limit tolerancije za visoku koncentraciju O<sub>2</sub> zavisi od temperature i vremena skladištenja, jer se anaerobna respiracija tkiva povećava sa povećanjem temperature (Jašić i sur., 2010.).

#### *Osjetljivost na CO<sub>2</sub>*

Pri koncentraciji 1-2% CO<sub>2</sub> smanjuje se osjetljivost biljnog tkiva na etilen, a pri koncentraciji većoj od 10% sprječava se razvoj mnogih gljiva i bakterija. Ugljikov-dioksid je nezapaljiv bezbojan plin, bez okusa i mirisa, teži je od zraka i u zatvorenim prostorijama se nalazi na dnu prostorije. Određeni proizvod može tolerirati kratkotrajnu izloženost visokoj koncentraciji ugljikovog-dioksida ili niskom sadržaju kisika te može opadati ili rasti sa porastom temperature. Limit tolerancije za podizanje ugljikovogdioksida smanjuje se sa redukcijom razine kisika i obratno. Što je razina kisika manja, to je i granična vrijednost ugljikovogdioksida manja i obratno (Jašić i sur., 2010.).

#### *Osjetljivost na etilen*

Etilen je hormon zrenja-kemijska supstanca koja se proizvodi u tkivima jabuka, a uloga mu je ubrzanje normalnog procesa sazrijevanja jabuka a poslije i njihove senescencije. On djeluje na većinu oksido-redukcijskih enzima što rezultira bržim dozrijevanjem plodova.

Izuzetno je važan zbog svoje uloge da potakne proces dozrijevanja jabuka, a s druge strane može biti štetan za mnoge vrste jabuka i ostalog voća, povrća, cvijeća, te biljaka kod kojih ubrzava proces starenja i time smanjuje tržišnu kvalitetu proizvoda kao i trajnost. Stupanj štetnosti ovisi o koncentraciji etilena, duljini kontakta i temperaturi proizvoda. Uklanjanje etilena iz CA komore za skladištenje često nije neophodno zbog toga što etilen utječe na zrenje svježih jabuka na temperaturi nižoj od 0 do 5 °C. Također prisutnost etilena u određenoj koncentraciji u CA komori izaziva omekšavanje voća i povrća kod dugotrajnog skladištenja. Uklanjanje etilena preporučuje se prilikom dugotrajnog skladištenja jabuka u CA. Etilen potiče zrenje i dozrijevanje: rajčice, banana, limuna, ananasa, datule, kruške, jabuke, dinje, manga, papaje što je jasan pokazatelj da je djelovanje etilena prisutno među brojnim vrstama.

Etilen uzrokuje starenje zelenih listova, gubitak klorofila, proteina, uzrokuje pojavljivanje žute boje na listovima biljaka, a koristan je za dozrijevanje. Etilen u mrkvi uzrokuje biosintezu kumarina, što uzrokuje gorčinu mrkvi. Stimulira klijanje, uzrokuje opadanje listova i cvjetova te ponekad uzrokuje i pojavu fizioloških promjena uskladištenih proizvoda. Visoka razina etilena u skladišnim prostorijama reducira učinkovitost zraka na kvalitetu jabuka te je zbog toga uklanjanje etilena iz atmosfere u blizini proizvoda poželjna metoda za sprječavanje oštećenja proizvoda osjetljivih na etilen. Najučinkovitije metode su one koje najjeftinije i najjednostavnije (Jašić i sur., 2010.).

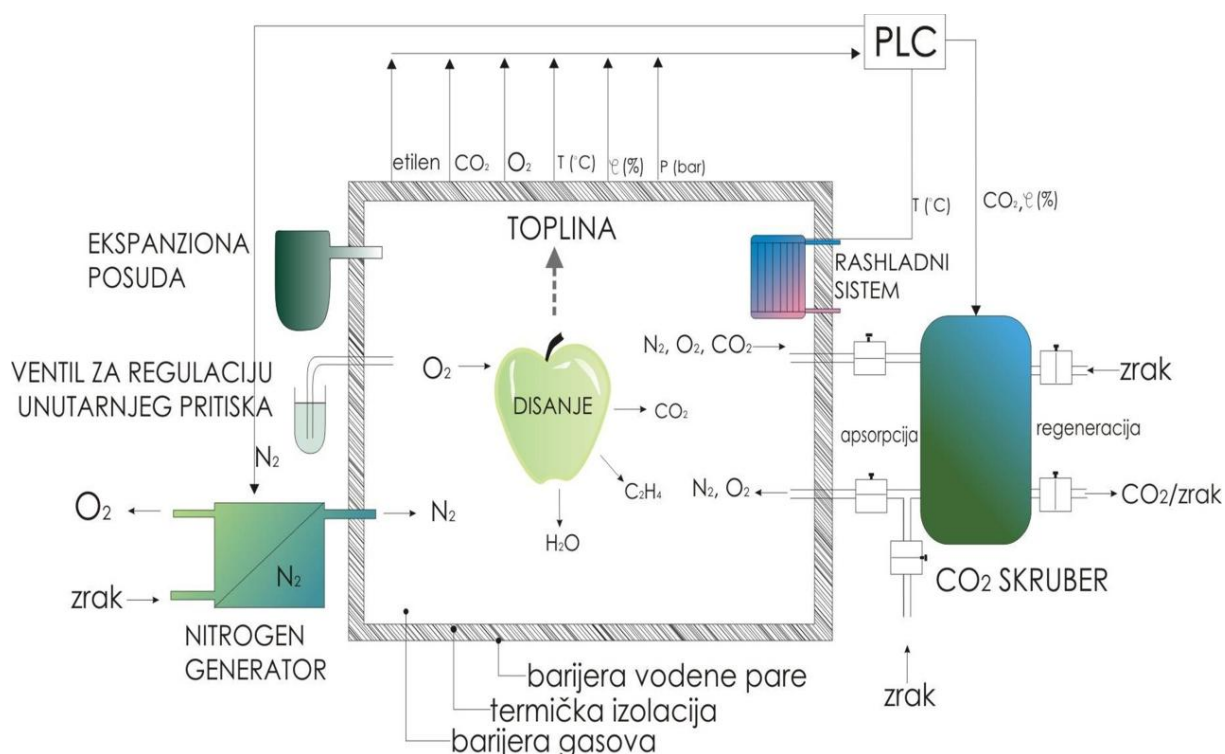
### **2.4.3. Kontrolirana atmosfera sa niskim i jako niskim sadržajem kisika**

Najniži sadržaj kisika pri skladištenju jabuka na duže vremensko razdoblje ne treba biti manji od 2% iako su istraživanja rađena od 1965. godine pokazala da se jabuke čuvaju bolje u atmosferi od 1 do 1,25 % kisika. Stoga se počeo koristiti termin LO (1,5-2% kisika) i ULO (0,8-1,25% kisika). Koristiti se diljem svijeta za skladištenje jabuka, krušaka, kivija i nektarina. Još od 1960. godine potvrđeno je da ubrzano smanjenja O<sub>2</sub> u komorama odlaže dozrijevanje jabuka, posebno ako je ubrano u predklimakterijskom razdoblju (Jašić i sur., 2010.).

### **2.4.4. Dinamička kontrolirana atmosfera**

Pod dinamičkom kontroliranom atmosferom podrazumijeva se kontinuirano prilagođavanje sastava atmosfere fiziološkom stanju ploda tijekom skladištenja. Naziva se

dinamička jer se cijeli sustav brzo prilagođava novonastalim uvjetima te se time postiže neprekidno uravnoteženje udjela  $O_2$  i  $CO_2$  u atmosferi kao i temperature, vlažnosti zraka i sadržaja etilena. Dinamička atmosfera sprječava fiziološka oštećenja plodova i uspješno ispunjava ULO uvjete te čini senzore (mjerna osjetila) za detekciju niskih udjela etanola ( $0,01 \text{ ppm}-1 \text{ ppm}$ ) (Jašić i sur., 2010.).



**Slika 7** Dinamičku ravnotežu prati kompletno procesno stanje (Jašić i sur., 2010.).

### 2.4.5. Mikro kontrolirana atmosfera

Mikro kontrolirana atmosfera je revolucionarno poboljšanje načina upravljanja procesima promjena kod svježih jabuka, a posebna prednost joj je ta što se komora može koristiti za više vrsta voća i povrća (unutar jedne komore). Ova metoda je jako isplativa i pogodna za uzgajivače različite veličine i šireg programa. Zatvorene palete čuvaju se u hladnjači pod kontroliranom atmosferom dok proizvod ne bude spreman za korištenje, a kontrola kisika i ugljikovog-dioksida se prati preko vanjskih cijevi spojenih na foliju kojom je paleta zaštićena. Nakon što se paleta ukloni iz hladnjače ona zatvorena dolazi do dućana gdje se kontrola provodi ručno ili se kompletno priključuje na PLC sustav koji može pratiti i do 100 paleta (Jašić i sur., 2010.).

#### **2.4.6. Hipobarična atmosfera**

Hipobarična atmosfera predstavlja postupak konzerviranja jabuka u svježem stanju u atmosferi i u uvjetima subatmosferskog tlaka (djelomičnog vakuuma). Sastav hipobarične atmosfere može biti uobičajen ili modificiran, a tlak je niži od tlaka u normalnoj atmosferi. Usporava sazrijevanje i starenje plodova i usporava stvaranje plijesni. Sastav je također pogodan za reduciranje napetosti kisika i ubrzavanje isparivanja etilena i drugih isparivača. To znači da je razina etilena u jabukama jako smanjena te da su i mnoge druge koristi od hipobarične atmosfere pokazatelj kako treba smanjiti parcijalni tlak kisika što automatski prati smanjenje atmosferskog tlaka (Jašić i sur., 2010.).



## **2.5. Tehnološka oprema i procesi za održavanje uvjeta u komorama sa kontroliranom atmosferom**

Vrsta, kapacitet hladnjače i komora, kao i vrste uređaja koji se koriste za održavanje režima kontrolirane atmosfere, ovise o brojnim čimbenicima koje treba uzeti u obzir pri definiranju tehnologija, a to su:

- sorta ili vrste proizvoda koji se skladišti,
- vrijeme potrebno za punjenje komore,
- dužina čuvanja proizvoda koji se skladišti,
- veličina, broj ili vrsta skladišnih ambalažnih jedinica,
- raspored prostorija i CA komora u pogledu praktičnosti korištenja,
- način prijema i sortiranja proizvoda, kao i potrebnih prostorija za pranje, klasiranje i pakiranje,
- potrebe za budućim proširenjima ili izmjenama,
- potrebe infrastrukture i komunalnih usluga i dr. (Jašić i sur., 2010.).

### **2.5.1. Komore za kontroliranu atmosferu**

CA komore su vrlo slične komorama za hlađenje, što znači da je potrebna dobra termička izolacija, kao i izolacija od vlage. Za razliku od komora za hlađenje, CA komore moraju imati visok stupanj hermetičnosti koji se postiže kvalitetnim brtvljenjem. Hladnjače sa kontroliranom atmosferom najviše se koriste za čuvanje jabuka, pa ih je zbog toga najbolje locirati u području gdje se one proizvode u većim količinama. Kada se pravilno koriste CA hladnjače i kada je jabuka uzgojena uz pravilne agrotehničke mjere, te kada su primjenjene pravilne tehnike branja, mnoge sorte jabuka mogu se čuvati i do 12 mjeseci. Veličina jedne komore može varirati: od 500 do 3000 gajbi, do 16 000 do 6000 kartona. Pri planiranju veličine komore uzima se u obzir i vrsta skladišne ambalaže i njihova količina u upotrebi jer su i one značajan dio investicije.

Važan aspekt kod planiranja CA komora je sistem selekcije uređaja koji služe za uspostavljanje i održavanje pravilne koncentracije plinova u skladištu. Potrebno je sagledati sljedeće funkcije:

- potrebe za razinom uklanjanja  $O_2$  iz ambijenta,
- potrebe za uklanjanje  $CO_2$  nastalog respiracijom,
- dodavanje zraka u svrhu zamjene  $O_2$  potrošenog respiracijom,

- uklanjanje ili dodavanje etilena,
- dodavanje CO<sub>2</sub> itd.

Referentni parametri koji se mjere u komori su: temperatura, tlak, sadržaj O<sub>2</sub>, sadržaj CO<sub>2</sub> i relativna vlažnost (Jašić i sur., 2010.).

#### *Vrsta CA komore*

CA komore moraju imati visok stupanj hermetičnosti. Obično su u uređaju klizna vrata pokretna rukom, napravljena od ploča debljine 80 mm, standardno obojena bojom dozvoljenom u prehrambenoj industriji. Konstrukcija vrata pričvršćuje se navojima. Vrata na konvencionalnim komorama ne odgovaraju za korištenje na CA komorama zbog potrebe obezbjeđenja hermetičnosti unutar komore. Vrata su često snabdjevena prozorom za vizuelnu kontrolu. Dimenzije mogu biti različite, a trebaju zadovoljiti potrebe sredstava unutarnjeg transporta (Jašić i sur., 2010.).

#### *Uspostavljanje kontrolirane atmosfere*

Prije samog punjenja CA komore mora se izvršiti provjera njene hermetičnosti. Svi otvori moraju biti dihtovani, a zatim se upuhuje zrak, mjeri se tlak i provjerava se da li zrak sa nekog mjesta izlazi iz komore. Komora mora biti čista, u skladu sa dobrom proizvođačkom praksom po GMP . Zatim se komora puni, a punjenje komore ne bi trebalo da bude duže od tri dana. Nakon što je komora napunjena, a proizvodi u njoj u odgovarajućoj ambalaži poredani tako da omogućavaju normalno strujanje zraka, postupak je sljedeći:

1. Uključiti rashladni sistem i dok rashladni sistem radi – vrata moraju biti otvorena,
2. Unosi se voće u komoru što je moguće prije (maksimalno tri dana),
3. Provjeri se temperatura jabuka koja treba da je konstantna,
4. Kada se komora napuni, zatvore se vrata CA komore i starta generator N<sub>2</sub> dok se ne postigne oko 5% kisika u atmosferi, a za to vrijeme se kontroli za hidraulični ventil,
5. Zaustavlja se rad generatora dušika i analizira se sadržaj kisika i ugljikovogdioksida te se kontrolira temperatura, te
6. Uključuje se CO<sub>2</sub> skruber kad se količina CO<sub>2</sub> poveća iznad preporučene (Jašić i sur., 2010.).

### **2.5.2. Uklanjanje kisika**

U početku primjene kontrolirane atmosfere praksa za redukciju nivoa kisika bila je prirodna respiracija, pri čemu je nastajao CO<sub>2</sub>. Na taj način se smanjivao sadržaj kisika. Brzo smanjenje kisika je velika prednost, a odvija se brzim dodavanjem dušika. Za regulaciju

količine kisika mogu se koristiti različiti izvori dušika. Oni mogu biti: tekući dušik iz boce, sistem za dobivanje dušika putem PSA (Pressure Swing Adsorpcija) i sistem za dobivanje dušika korištenjem membranskih separatora (Jašić i sur., 2010.).

### 2.5.3. Uklanjanje ugljikovog dioksida

Uklanjanje ugljikovog dioksida ovisi o intezitetu respiracije robe koja se skladišti, a vrši se putem: ventilacije, pomoću CO<sub>2</sub> skrubera, upuhivanjem dušika – N<sub>2</sub> i hidratacije sa Ca(OH)<sub>2</sub>.

Ventilacija nije za korištenje prilikom ostvarivanja niskih koncentracija kisika. Uklanjanje CO<sub>2</sub> pomoću karbon-skrubera zasniva se na adsopciji CO<sub>2</sub>. Ova metoda je jako raširena za uklanjanje CO<sub>2</sub> iz CA komora. Izbor tipa i veličine skrubera ovisi o veličini skladišta, stope disanja, kao i potrebnog nivoa kisika i ugljikovog dioksida (Jašić i sur., 2010.).

### 2.5.4. Uklanjanje etilena

Prisustvo etilena u određenoj koncentraciji kod dugotrajnog skladištenja može izazvati omekšavanje voća i povrća, a djeluje i kao stimulator mikrobiološke aktivnosti. Uklanjanje etilena preporučuje se prilikom dugotrajnog skladištenja jabuka i krušaka u CA komorama. Da bi uklanjanje etilena bilo djelotvorno, mora se ukloniti gotovo sav etilen. Tehnološki postupak koji smanjuje količinu etilena od 100 ppm ili čak sa 1000 ppm do 10 ppm je bezvrijedan. Etilen se mora ukloniti do nivoa 1 ppm ili niže.

**Tablica 2** Dozvoljena koncentracija etilena za neke vrste voća i povrća (Jašić i sur., 2010.).

R.br.	Vrsta	Koncentracija etilena
1.	Kivi	< 0,01ppm
2.	Jabuke	< 1 ppm
3.	Salata	<0,5 ppm

Sa proizvodima osjetljivim na utjecaj etilena, treba rukovati sa električnim viljuškama. Vozila sa unutrašnjim sagorijevanjem moraju biti izolirana i ne trebaju biti korištena u području skladišta, a motori nikad ne bi trebali biti ostavljeni da rade u „praznom hodu“ u zatvorenom prostoru tijekom utovara i istovara.

Općenito, nekoliko metoda se može koristiti za uklanjanje etilena: ventilacija, upuhivanje dušika, skrubiranje CO<sub>2</sub>, katalitičke i kemijske metode, te UV zračenje. Ventilacija samo manjim dijelom može odstraniti etilen, kao i upuhivanje N<sub>2</sub> te skrubiranje CO<sub>2</sub>. U svrhu uklanjanja etilena se koriste skruberi za etilen. Postoje različite vrste etilen skrubera, neki su bazirani na katalitičkom sagorijevanju, a drugi na adsorciji etilena. Moguće je koristiti i UV zrake (valne duljine 254 nm) (Jašić i sur., 2010.).

## 2.6. Kontrola procesa

Kad se jednom CA komora zatvori, kvaliteta proizvoda se prati samo na osnovu praćenja procesnih stanja plinova i temperature. Kontrola procesnih stanja u CA komori može biti on-line i off-line.

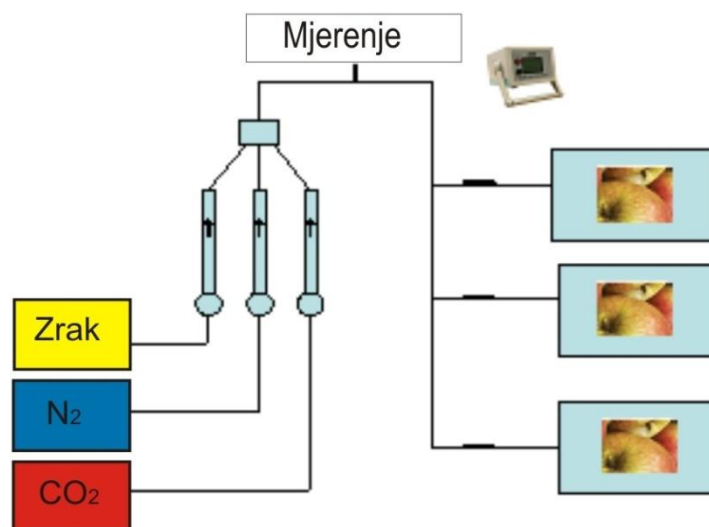
Kod off-line kontrole svaki dan se kontrolira:

- nivo  $O_2$  i  $CO_2$ ,
- nivo temperature,
- vrijeme aktivnosti pojedinih uređaja.

**Tablica 3** Dozvoljeno odstupanje i raspon mjerenja mjernih veličina u CA komorama (Jašić i sur., 2010.).

R.br.	Mjerna veličina	Raspon mjerenja	Dozvoljeno odstupanje
1.	Temperatura	-1.0 to +15 ° C	+/- 0.1 ° C
2.	Ugljikov dioksid	0 to 20%	+/- 0,2%
3.	Kisik	0-25%	+/- 0,1%
4.	Vlažnost	Samo kod niske RV	

Za uspješno skladištenje proizvoda u CA skladištu od esencijalnog značaja je imati kvalitetan instrument za mjerenje uvjeta u komori. Gubici na proizvodu nastaju najčešće usljed pogrešnog mjerenja i izbora instrumenata (Jašić i sur., 2010.).



**Slika 8** Shema mjerenja (Jašić i sur., 2010.).

### **2.6.1. Mjerenje temperatura**

Za mjerenje temperature koriste se različiti senzori, a najčešće senzori omskog otpora, termoparova i termostora. Kod omskog otpora koriste se sonde PT 100. Drugi tip su termoparovi kao što su željezo-konstantan. Senzibilitet ovih senzora je različit, PT 100 sonde ima mjeru osjetljivosti na  $\pm 0,25$  °C. Bolji rezultati postižu se sa termostorskim sondama. Osjetljivi su na promjenu temperature od 0,1 °C i dozvoljavaju korištenje drugih provodnika do regulatora. Sonde se mogu instalirati na prenosivom uređaju za mjerenje temperature, portablu, ili su dio sistema za automatsku regulaciju (Jašić i sur., 2010.).

### **2.6.2. Mjerenje sadržaja kisika**

Kisik je plin kojeg je teško mjeriti u skladištima kao što je CA komora za čuvanje voća. Prvi princip za mjerenje kisika odnosi se na mjerna osjetila na bazi magnetnih svojstava a drugi na elektrokemijska svojstva. Kisik ima najveća paramagnetička svojstva i taj efekat je iskorišten kod "dumbbell"mjernih ćelija.

Kao alternativa mogu se koristiti elektrokemijske mjerne ćelije. Oni manje koštaju i imaju mogućnost zamjene ćelija. Koriste se za manja skladišta.

Postoji još jedna vrsta analizatora koja se temelji na ciklonijumu. Dobri su, ali postoji problem kod korištenja u CA uslovima ako je nivo etilena visok. U takvim slučajevima je potrebna veća temperatura pri radu, što je nepovoljno za CA skladište. Sve senzore kisika je neophodno kalibrirati. Svježi zrak sa standardnom koncentracijom kisika od 21% se koristi za kalibraciju (Jašić i sur., 2010.).

### **2.6.3. Mjerenje ugljikovog dioksida**

Ugljikov dioksid se mjeri pomoću analizatora termičke vodljivosti ili pomoću instrumenata baziranih na metodama absorpcije IR zraka sa optičkim filterima. Analizator koristi zagrijanu žicu koja mjenja vodljivost u zavisnosti od okruženja, odnosno sadržaja CO<sub>2</sub> u okruženju. Mjerenje ugljikovog- dioksida može se vršiti pomoću:

- Analizatora termičke vodljivosti,
- Infra crvene adsorpcije optičkim filterima,

- Promjenom radijacije.

Za mjerenje CO<sub>2</sub> koriste se i metode infra-crvene adsorpcije. Suština metode je u tome da ugljikov dioksid, koji se prvo absorbira, prođe kroz optičke filtere. Ovo je zračenje usmjereno kroz jednostavnu ćeliju koja sadrži plin koji se ne treba analizirati. Da bi se poboljšala stabilnost, zračenje se modulira bilo kojim motorizovanim zatvaračem ili isključivanjem izvora zračenja (Jašić i sur., 2010.).

#### **2.6.4. Mjerenje etilena**

Koncentracije etilena koje su prisutne u skladištu voća je teško izmjeriti. Senzori su često osjetljivi na metan i ugljikov monoksid pa su prilično komplicirane metode za mjerenje etilena. Zbog toga se koriste detektori koji registriraju promjenu boje određene kemikalije.

U skladištima gdje je etilen ubrizgan kako bi izazvao zrenje, veća je koncentracija etilena, pa se koriste detektori sa promjenom boje kemikalije, koja se nalazi u staklenim cijevima. Ovom metodom se može izmjeriti koncentracija etilena od 0,5 ppm. Jedini praktičan način za mjerenje je upotreba plinskog kromatografa. Koristi se u velikim skladištima i jako je skup. Senzori na bazi poluprovodnika se mogu koristiti za mjerenje etilena u većim koncentracijama, no mogu reagirati i na druge plinove, kao što su metan i ugljikov monoksid (Jašić i sur., 2010.).

#### **2.6.5. Mjerenje vlažnosti**

Za mjerenje vlažnosti koriste se elektronski vlagomjeri. Mala temperatura kolebanja mijenjaju relativnu vlažnost unutar CA komore. Snižavanjem temperature voda se kondenzira, a povećavanjem temperature smanjuje se relativna vlažnost (Jašić i sur., 2010.).

## 2.7. Režimi čuvanja jabuka u kontroliranoj atmosferi

Vrijeme od berbe do rashlađivanja voća treba da bude što kraće. Preporuka je da se obrani plodovi rashlade istog dana jer se na taj način usporava proces zrenja i smanjuje pojava pojedinih fizioloških obojenja. Svježi plodovi jabuke mogu se uspješno čuvati u hladnjači ako su osigurani optimalni uvjeti za njihovo održavanje.

Poznato je da s porastom temperature svi procesi unutar ploda biljke odvijaju brže, a sniženjem temperature dolazi do usporavanja svih procesa u plodu. Hladnjače s kontroliranom atmosferom koriste, osim niskih temperatura i promjenjenu atmosferu unutar komora sa sniženim udjelom O<sub>2</sub> i povećanim udjelom CO<sub>2</sub>, te je vrlo važno vrijeme da se uspostavi tzv. ULO (Ultra Low Oksygen) režim. Za većinu sorti potrebno je da to vrijeme bude što kraće, najviše tri dana. Utvrđeno je da dolazi do oštećenja plodova ako je koncentracija istog prevelika. U komorama mora biti visoka relativna vlažnost zraka, najčešće od 90 do 95%. U komoru mogu ući samo plodovi bez oštećenja. Nemaju sve sorte iste uvjete čuvanja jer nisu sve jednako osjetljive na niske temperature i na ozljede od povećane koncentracije CO<sub>2</sub>.

Jabuke spadaju u grupu voćnih vrsta čiji se plodovi u svježem stanju mogu čuvati duže nego plodovi većine drugih vrsta. kod pojedinih sorti, plodovi se mogu čuvati i do 12 mjeseci. Na dužinu čuvanja utječe veliki broj čimbenika kao što su: sorta, kvaliteta ploda, priprema za skladištenje, pakiranje, način skladištenja i drugo. Pri tome se podrazumijeva da je berba obavljena u optimalnom roku.

U plodu jabuke nakon berbe se i dalje odvija disanje i različiti procesi dozrijevanja, koji se trebaju usporiti da bi se plod tijekom čuvanja što duže zadržao kvalitet. Dozrijevanje i respiraciju ploda nemoguće je zaustaviti, ali se može značajno usporiti skladištenjem u određenom ambijentu. Jabuke sintetiziraju etilen koji ima vrlo važnu ulogu u starenju i dozrijevanju.

Prilikom određivanja temperature čuvanja treba uzeti u obzir sortu, dužinu čuvanja i željeno stanje plodova na kraju skladištenja. Plodovi većine sorti jabuka mogu da podnesu temperature od -1,4 do -2,8°C, ali se čuvanje na temperaturama ispod 0°C rijetko primjenjuje kod jabuka. Optimalna temperatura čuvanja većine sorti jabuka kreće se od 0 do 3°C. Većina sorti jabuka skladišti se u ambijentu sa sadržajem O<sub>2</sub> od 1% do 2,5% i CO<sub>2</sub> od 0,3% do 2,5% (Jašić i sur., 2010.).



**Tablica 4** Uvjeti skladištenja različitih sorti jabuka u CA atmosferi (Kupferman 1998.).

Sorta	Zemlja	Optimum kisika (%)	Optimum CO <sub>2</sub> (%)	Optimum temperature (°C)	Storage Life (mjeseci)
Boskoop	Belgija	2	0.7	3 do 3.5	6
Braeburn	Australija	1.5 do 1.8	0.8 do 1.0	1	
	Belgija	2	1	1	6
	Francuska	1.5	0.8 do 1.2	0.5 do 1.0	6
	Italija	1	1	0 do 1.0	8 do 9
	Novi Zeland	3	1	0.5	6
	Južna Afrika	1.5	1.5	-0.5	8 do 9
	SAD	2	<0.5	1.5	
Cox's Orange Pippin	Belgija	2	0.7	3 do 3.5	5
	Novi Zeland	2	2	3	4 do 5
	Nizozemska	1.2 do 1.4	<1	4	6.5
	Ujedinjeno Kraljevstvo	1.3	4	3.5	7
Elstar	Belgija	2	1	1	7
	Kanada	2.5	4.5	0 do 0.5	
	Nizozemska	1.2	2.5	1.5	7
Empire	Kanada	2.5	0.5 do 1.0	1.0 do 2.0	
	SAD	1.5	2.5	1.5	9
	SAD	2.0 do 3.0	2.0 do 3.0	1.0 do 2.0	5 do 10
Fuji	Australija	2	1	0	8
	Australija	2.0 do 2.5	2	0	
	Kanada	1.2	1	0	9
	Kanada	0.7	2	0	9
	Francuska	2.0 do 2.5	1.0 do 2.0	0 do 1.0	7 do 8
	Italija	1	1	0	
	SAD	1	1	1	9
	SAD	1	1	1	11
	SAD	1.5	<0.5	0 do 1.0	7 do 9
Gala	Australija	1.5 do 2.0	1	0	
	Kanada	1.2	1	0	6
	Francuska	1.5	2	0 do 1.0	4 do 5
	Italija	3	2	1.0 do 2.0	6
	Novi Zeland	2	2	0.5	
	Poljska	1.5	1.5	3	7
	Španija	2	2	2	2 do 9
	SAD	1	1	1	4
	Nizozemska	1.2	2	1	5.5
Gloster	Nizozemska	1.2	3	1	7.5
	Austrija	1.25	3	1.5	10
	Kanada	2.5	4.5	0 do 0.5	10
	Poljska	1.5	2	0 do 3.0	7 do 8

Golden Delicious	Australija	2	1	0	
	Australija	1.5 do 2.5	1	1.5	9do10
	Austrija	2.0 do 3.0	3	0.5	10
	Belgija	2	2	0 do1.5	10
	Kanada	2.5	3	0	11
	Kanada	1	1.5	1.0do2.0	7do9
	Francuska	1.0do 1.5	2.0 do	0	
	Izrael	1.2	3.0	0	
	Izrael	1.0 do 1.5	2	0do 1.0	8do9
	Italija	1	2	0.5	6
	Novi Zeland	2	1.5	-0.5	9
	Južna Afrika	1.5	2	0.5	9
	Španija	2.5	3	0.5	7do8
	Španija	2 do 3	2.5	1	8
	Nizozemska	1.1	4	1	9
	SAD	1	4	0	7do9
SAD	1	2.0do 3.0	0do1.0	9	
SAD	1.5	0	0	8do10	
SAD	2.0 do 2.5	3	0	8	
			2.0do3.0		
Grany Smith	Australija	2	1	0	8
	Australija	1.5do1.8	1	1	
	Australija	0.8do1.2	0.8do1.0	0do2.0	7do8
	Francuska	1.2	3.5	0	
	Izrael	0.8do1.5	3.0do5.0	0	
	Izrael	1.5	0do1.0	-0.5do0.5	11
Idared	Austrija	2	2.0do2.5	2.0do3.0	
	Belgija	2	1.5	1	7
	Kanada	2.5	0.5do1.5	0do3.0	10
	Francuska	3	3	2do4	7do8
	Ujedinjeno Kraljevstvo	1.3	4	4	4
	Kraljevstvo	1.5	3	0	9
Jonagold	Australija	1.5do 1.8	1	0	
	Austrija	2	2	2	10
	Belgija	1	2.5	0.8	9
	Kanada	2.5	4.5	0do0.5	10
	Kanada	1.2	1.5	0	9
	Poljska	1.5	2	3	9
	Španija	2	3	0.5	5do8
	Nizozemska	1.0do1.2	4	1	9
	Ujedinjeno Kraljevstvo	1.3	4	1.5	6
	Kraljevstvo	2.0do2.5	2.0do3.0	0	5do7
	SAD	1.5do1.8	1	0	
Jonagold Red	Australija	1.5do1.8	1	0	
Jonathan	Australija	2	1	0	8
	Australija	1.5do1.8	1	1	
	Poljska	3	5	0	7
	SAD	1.5	3	0	6
Melrose	Francuska	2.0do3.0	3.0do5.0	0do3.0	4do6
	Poljska	3	5	0	8

Mutsu	Australija	1.5do1.8	1	1	9 6do8
	SAD	1.5	3	0	
	SAD	2.0do2.8	2.0do3.0	0	
Pink Lady	Australija	2	1	0	9
	Australija	1.5do1.8	1	0	
Red Delicious	Australija	1.8do2.0	2.0do2.5	0	10 11 11 6do9 6do9 8 9 6 7do9 9 8do10 8
	Kanada	2.5	4.5	0do0.5	
	Kanada	1.2	1	0do1.1	
	Kanada	0.7	1	0do1.1	
	Izrael	1.5	2	0	
	Izrael	1.5	2	0	
	Italija	0.8	1	0do1.0	
	Japan	2	1.5	0	
	Novi Zeland	1.5	1.5	0.5	
	SAD	1	0	0	
	SAD	1.5	3	0	
	SAD	2.0do2.5	2	0	
	SAD	2.5	3	0	
Royal Gala	Australija	2	1	0	5 8 6
	Južna Afrika	1	1	-0.5	
	SAD	1.5	1.5	0	

### 3. ZAKLJUČAK

Zbog sezonskog dospijeaća voća i povrća oduvijek je istraživana mogućnost njihovog konzerviranja, odnosno očuvanja svojstava duži vremenski period. Današnji educirani potrošači sve su skloniji konzumaciji proizvoda koji su konzervirani nekom od fizikalnih ili bioloških metoda konzerviranja.

Hlađenje je metoda koja ima veliko značenje u sistemu osiguranja kvalitete hrane u cjelokupnom lancu od farme do stola. Primjenjuje se za čuvanje sirovina namjenjenih za preradu, svježih poljoprivrednih proizvoda namjenjenih tržištu, prerađenih i poluprerađenih proizvoda u tvornicama, tijekom transporta i pri samom stavljanju proizvoda na tržište.

Snabdjevanje tržišta svježim voćem i povrćem je vrlo složeno i zahtjeva dosta znanja i primjenu određenih metoda, budući da se radi o robi koja je vrlo podložna promjenama izazvanim kako vanjskim, tako i unutrašnjim čimbenicima.

Hladnjače s kontroliranom atmosferom su široko korištena tehnologija za dugoročno čuvanje svježe ubranog voća. Od kad se primjenjuju, prostori u kojima se koristi kontrolirana atmosfera pokazali su se najučinkovitijima za dugotrajno čuvanje jabuka.

Ambijent u kojem se čuvaju jabuke u kontroliranoj atmosferi zavisi od sorte i zemljopisnog područja na kojem se uzgajaju, te je za svaku sortu potrebno definirati režime skladištenja u kontroliranoj atmosferi, koji mogu biti vrlo različiti. Postoji različita tolerancija prema odnosu etilena, CO<sub>2</sub> i O<sub>2</sub> u atmosferi skladišta kod pojedinih sorti. Ovi zahtjevi mogu biti različiti i u ovisnosti o stupnju zrelosti.

Primjena kontrolirane atmosfere je višestruko korisna. Pravilnim izborom sastava atmosfere i temperature skladištenja, rok trajanja pojedinih sorti jabuka može se produžiti od 3 na oko 7 i više mjeseci.

## 4. LITERATURA

1. Brzica K.: Voćarstvo za svakoga, Agroznanje Zagreb, 2002.
2. Jašić M, Šubarić D, Odobašić A, Hadžimusić V, Toloman A, Alihodžić D: Čuvanje voća i povrća u hladnjačama s kontroliranom atmosferom, PrintCom d.o.o., Grafički inženjering, Sarajevo-Tuzla 2010.
3. Kader A: Postharvest Technology of Horticultural Crops, University of California, Division of Agriculture and Natural resources, 1992.
4. Kader A: Režimi čuvanja za pojedinu vrstu voća u kontroliranoj atmosferi. U *Čuvanje voća i povrća u hladnjačama s kontroliranom atmosferom*. Midhat Jašić, Sarajevo-Tuzla, 2010.
5. Kupferman E: Postharvest Technology of Fruits and Vegetables, Summer University Tuzla, Bosnia and Hercegovina, 1998.
6. Taube i Baranova, 1983. Klasifikacija mikroorganizama prema temperaturnim uvjetima. U *Čuvanje voća i povrća u hladnjačama s kontroliranom atmosferom*. Midhat Jašić, Sarajevo-Tuzla, 2010.
7. Web 1 <http://www.podravka.hr/namirnica/46/jabuka/>
8. Web 2 [http://pinova.hr/hr\\_HR/baza-znanja/vocarstvo/vocne-vrste/jabuka/?page=2](http://pinova.hr/hr_HR/baza-znanja/vocarstvo/vocne-vrste/jabuka/?page=2)
9. Web 3 [http://pinova.hr/hr\\_HR/baza-znanja/vocarstvo/vocne-vrste/jabuka/hranjiva-i-upotrebna-vrijednost-jabuke](http://pinova.hr/hr_HR/baza-znanja/vocarstvo/vocne-vrste/jabuka/hranjiva-i-upotrebna-vrijednost-jabuke)
10. web 4 [http://pinova.hr/hr\\_HR/baza-znanja/vocarstvo/vocne-vrste/jabuka/berba-jabuke](http://pinova.hr/hr_HR/baza-znanja/vocarstvo/vocne-vrste/jabuka/berba-jabuke)
11. web 5 <http://www.tehnologijahrane.com/tehnologijavoca-i-povrca/promjene-voca-i-povrca-nakon-branja>
12. web 6 Izvor: Predavanja iz kolegija: Sirovina biljnog podrijetla  
[http://studenti.ptfos.hr/Preddiplomski\\_studij/Sirovine\\_biljnog\\_podrijetla/N%20Nedic%20Tiban/SIROVINE2.2013.14.pdf](http://studenti.ptfos.hr/Preddiplomski_studij/Sirovine_biljnog_podrijetla/N%20Nedic%20Tiban/SIROVINE2.2013.14.pdf)
13. web 7 Izvor: Predavanja iz kolegija: Sirovine biljnog podrijetla  
[http://studenti.ptfos.hr/Preddiplomski\\_studij/Sirovine\\_biljnog\\_podrijetla/N%20Nedic%20Tiban/SIROVINE1.2013.14.pdf](http://studenti.ptfos.hr/Preddiplomski_studij/Sirovine_biljnog_podrijetla/N%20Nedic%20Tiban/SIROVINE1.2013.14.pdf)
14. web 8 Izvor: Predavanja iz kolegija: Tehnologija prerade sirovina biljnog podrijetla II  
[http://studenti.ptfos.hr/Preddiplomski\\_studij/Tehnologija\\_prerade\\_sirovina\\_biljnog\\_podrijetla\\_II/VO%C4%86E%20I%20POVR%C4%86E/TehnologijaII%20UVOD%202013%202014.pdf](http://studenti.ptfos.hr/Preddiplomski_studij/Tehnologija_prerade_sirovina_biljnog_podrijetla_II/VO%C4%86E%20I%20POVR%C4%86E/TehnologijaII%20UVOD%202013%202014.pdf)

