Praćenje parametara boje i teksture narezane jabuke sorte Cripps pink obrađene antioksidansima i skladištene u kontroliranoj atmosferi

Gudelj, Anamarija

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology / Sveučilište u Zagrebu, Prehrambeno-biotehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:928222

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

prehrambeno biotehnološki fakultet

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Sveučilište u Zagrebu

Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Preddiplomski studij Prehrambena tehnologija

Anamarija Gudelj
6534/PT

PRAĆENJE PARAMETARA BOJE I TEKSTURE NAREZANE JABUKE SORTE CRIPPS PINK OBRAĐENE ANTIOKSIDANSIMA I SKLADIŠTENE U KONTROLIRANOJ ATMOSFERI

ZAVRŠNI RAD

Modul: Kemija i tehnologija voća i povrća

Mentor: prof. dr. sc. Branka Levaj

Zagreb, 2016.

DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Završni rad

Sveučilište u Zagrebu

Prehrambeno-biotehnološki fakultet

Preddiplomski studij Prehrambena tehnologija

Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo

Laboratorij za procese konzerviranja i preradu voća i povrća

PRAĆENJE PARAMETARA BOJE I TEKSTURE NAREZANE JABUKE SORTE CRIPPS PINK OBRAĐENE ANTIOKSIDANSIMA I SKLADIŠTENE U KONTROLIRANOJ ATMOSFERI

Anamarija Gudelj 6534/PT

Sažetak: Sve veća osviještenost ljudi o važnosti zdravlja rezultira potražnjom za minimalno procesiranim proizvodima, prvenstveno voćem i povrćem. Mehaničke operacije poput guljenja, rezanja, i dr. koje se provode tijekom minimalnog procesiranja voća čine takve proizvode podložne enzimskom posmeđivanju, mikrobiološkom kvarenju i degradaciji (omekšanju) teksture. Zbog toga je razvoj sredstava koja sprječavaju, odnosno kontroliraju ove promjene nužan radi očuvanja kakvoće i sigurnosti minimalno procesiranih proizvoda. Cilj ovog rada bio je utvrditi u kojoj je mjeri otopina antioksidansa nakon 8 dana skladištenja u CA, na temperaturi od 6 °C, utjecala na očuvanje boje i teksture kriški jabuka sorte Cripps Pink. Dobiveni rezultati pokazuju da je došlo do posmeđivanja jabuke i promjene teksture tijekom 8 dana skladištenja, a do trećeg dana jabuke imaju prihvatljive karakteristike. Iz rezultata se može zaključiti da ovakav način skladištenja MPV ima potencijala, ali ga treba još usavršiti.

Ključne riječi: minimalno procesirana jabuka, skladištenje, kontrolirana atmosfera

Rad sadrži: 28 stranica, 9 slika, 3 tablica, 32 literaturnih navoda, 1 prilog

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf formatu) **odliku pohranjen u:** Knjižnica

Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb

Mentor: prof. dr. sc. Branka Levaj

Pomoć pri izradi: prof. dr. sc. Branka Levaj

Rad predan: Srpanj, 2016.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Final work

University of Zagreb

Faculty of Food Technology and Biotechnology

Undergraduate studies – Food Technology

Department od Food Engineering

Laboratory for Technology of Fruits and Vegetables Preservation and Processing

MONITORING COLOR PARAMETERS AND TEXTURE OF FRESH CUT APPLE CRIPPS PINK TREATED WITH ANTIOXIDANTS AND STORED IN A CONTROLLED ATMOSPHERE

Abstract: Increasing awareness of people about the importance of health resulting demand for mimimally processed products, especially fruits and vegetables. Preparation steps such as peeling, cutting, etc. which is conducted during minimally processing of fruit caused mechanical injuries, rendering them susceptible to enzymatic browning, microbial spoilage and tissue softening. Therefore, the development of agents which prevented or control these changes is necessary for maintaining quality and safety of fresh-cut products. The aim of this study is to determine to what extent antioxidant solutions after 8 days of storage in CA, at the temperature of 6 °C, influenced on preservation of colour and texture of slices of apples variety Cripps Pink. The results indicate there has been browning of apples and changes of texture during 8 days of storage, but until 3th day apples have acceptable characteristics. From the results it could be concluded that this type of storage fresh cut fruits has potential but it needs more improvement.

Key words: minimally processed apple, storage, controled atmosphere

Thesis contains: 28 pages, 9 figures, 3 tables, 32 references, 1 supplement

Original in: Croatian

Graduate Thesis in printed and electronic (pdf format) **version is deposited in:** Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology, Kačićeva 23, Zagreb

Mentor: PhD. Branka Levaj, Full Professor

Technical support and assistance: PhD. Branka Levaj, Full Professor

Thesis delivered: July, 2016

SADRŽAJ

1.UVOD.....1

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Jabuka.....2

2.1.1. Botanička pripadnost.....2

2.1.2. Sorta 'Cripps Pink'.....3

2.1.3. Zrenje, dozrijevanje i skladištenje jabuka.....4

2.2. Minimalno procesiranje.....8

2.2.1. Minimalno procesirana jabuka.....9

2.2.2. Posmeđivanje.....10

2.3. Boja.....12

2.4. Tekstura.....13

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. Materijali.....16

3.1.1. Aparatura i pribor.....16

3.1.2. Kemikalije.....17

3.2. Metode rada.....17

3.2.1 Priprema uzoraka jabuka i njihova obrada otopinama.....17

3.2.2. Određivanje parametara boje.....17

3.2.3. Određivanje teksturalnih svojstava.....19

4. REZULTATI I RASPRAVA.....21

5. ZAKLJUČAK.....25

6. POPIS LITERATURE.....26

1. UVOD

U današnjem društvu raste osviještenost o važnosti zdravlja pa tako i o ulozi hrane koja ga održava i poboljšava. Ljudi sve više traže hranu visoke kakvoće koja je po svojim prvenstveno nutritivnim, pa i organoleptičkim značajkama što sličnija sirovoj neprerađenoj hrani, posebice kada se radi o voću i povrću utjecaj na senzorska svojstva proizvoda. Za većinu potrošača smeđa boja mesa jabuke je. Jabuka je po mnogim osobinama pogodno voće za minimalnu preradu, ali najveći problem u minimalnoj preradi jabuke je enzimsko posmeđivanje mesa jabuke koje ima nepovoljan neprihvatljiva. Kako bi se spriječilo ili barem usporilo posmeđivanje, ali i druge negativne promjene poput mekšanja tkiva te narušavanja ostalih senzorskih svojstava, očuvala mikrobiološka ispravnost i u što većoj mjeri zadržala nutritivna vrijednost jabuke, potrebno je prvo odabrati sortu pogodnu za minimalno procesiranje, a zatim i tretman koji će pridonijeti očuvanju kvalitete, a neće narušiti izvorna svojstva svježe jabuke. Zbog toga se još uvijek provode istraživanja kako najbolje očuvati sirovinu što duže sa što manjom promjenom njenih svojstava.

Nadalje minimalno procesirana jabuka poželjna je i u jelovniku, danas sve popularnijeg načina serviranja hrane, samoposlugama-restoranima, catering, švedski stol i sl. Održavanje odgovarajućih uvjeta tijekom takvog načina serviranja vrlo je zahtjevno.

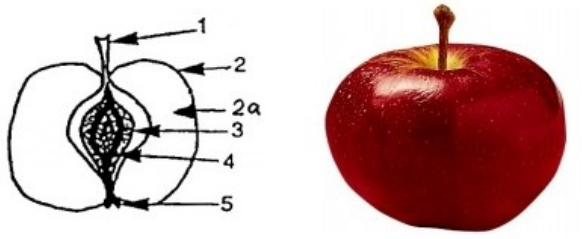
Stoga je cilj ovog rada bio ispitati stabilnost boje i teksture narezane jabuke Cripps Pink tretirane antioksidansima čuvane u priručnoj komori pri kontroliranim uvjetima temperature i atmosfere tijekom 8 dana.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Jabuka

Jabuka je višegodišnja (drvenasta) biljka, a mnogi je nazivaju kraljicom voća. Njezini plodovi dozrijevaju od najranijeg ljeta pa sve do zime što nije čudno jer je u svijetu poznato više od 10.000 sorata jabuke.

Slika 1. Građa ploda jabuke (Jašić M., 2007.)



1. peteljka; 2. ljuska - kora; 2a. meso; 3. unutarnje meso; 4. sjeme; 5. čaška

Prema arealu prirodnog rasprostranjenja i uzgoja kvalitetnih plodova, jabuka je kontinentalna voćka.

Plod jabuke najkompletnije je voće u ljudskoj prehrani jer sadrži gotovo sve što ljudski organizam treba: voćne šećere i voćne kiseline, vitamine, minerale, sirova vlakna, pektine i sasvim čistu vodu. 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 %. Ujedno jabuka sadrži 3,3 g dijetetskih vlakana – više od 10 % dnevne količine vlakana koju preporučuju stručnjaci za prehranu. (Jašić, 2007.).

2.1.1. Botanička pripadnost

Jabuka (Malus × domestica Borkh.) prema botaničkoj klasifikacija (Ivančič, 2002.) spada u:

Red: Rosales

Porodica: Rosaceae

Potporodica: Maloideae

Rod: Malus

Vrsta: Malus × domestica Borkh.

2.1.2. Sorta 'Cripps Pink'

Australska sorta koju je stvorio g. John Cripps 1973. križanjem sorata Golden Delicious i Lady Williams, a na tržište je uvedena 10 godina kasnije. Ime Pink Lady je zaštićeno i patentirano od strane APAL-a (Apple and Pear Australia Limited) zbog nadzora kontrole kvalitete jabuka koje se prodaju pod imenom Pink Lady. Sorta je jedinstvenog okusa jer je istovremeno i kisela i slatka. Cvate srednje rano do srednje kasno, a dobri oprašivači su joj sorte Fuji, Granny Smith, Gala, Red Delicious, Jonathan, Braeburn, Gloster, Idared i James Grieve. Dozrijeva početkom studenog, 1 do 2 tjedna nakon Granny Smith. Rano ulazi u rod i redovito i obilno rađa. Daje krupne do vrlo krupne plodove težine 200 do 250 g, okruglastog do koničnog oblika. Pokožica je tanka i nježna sa velikim površinama zelenkastožute boje te dopunskim crvenkastorozim obojenjem, što čini karakteristiku ove sorte. Nije sklona opeklinama na površini pokožice, rđi, pucanju površine pokožice, gorkim pjegama ili unutarnjim poremećajima. Meso je hrskavo, čvrsto i sočno, sitno zrnaste strukture i bijele boje. Okus je blag, nenapadan i sladak te se znatno pojačava nakon kraćeg čuvanja. Obično se koristi za potrošnju u svježem (neprerađenom) stanju. Osjetljiva je na krastavost i bakterijsku palež, a posebno na pepelnicu. Može se čuvati i do 4 mjeseca u normalnoj atmosferi, a u atmosferi sniženog udjela O2 i povećanog CO2 i duže. . Samo one Pink Cripps jabuke odgovarajuće vrhunske kvalitete mogu dobiti oznaku i biti prodane samo putem zaštićenog brenda koji nosi ime Pink Lady®.

Slika 2. Jabuka sorte Cripps Pink (Web 1)

2.1.3. Zrenje, dozrijevanje i skladištenje jabuka

Za svaku vrstu i sortu voća karakteristični su procesi rasta, zrenja i dozrijevanja. To su različite faze u razvoju plodova, a u svakoj od njih se odvijaju određeni procesi koji se različito manifestiraju na svojstva voća. Poslije branja u nekim plodovima počinju brže promjene sastava i strukture, pa je takvo voće relativno kratkog roka trajanja, kao što je npr. jagodasto voće, neke vrste bobičastog i južnog voća. Kod nekih vrsta voća procesi promjena odvijaju se sporije i takvo voće ima duži rok trajanja, kao npr. jezgričasto, koštičavo i orašasto voće.

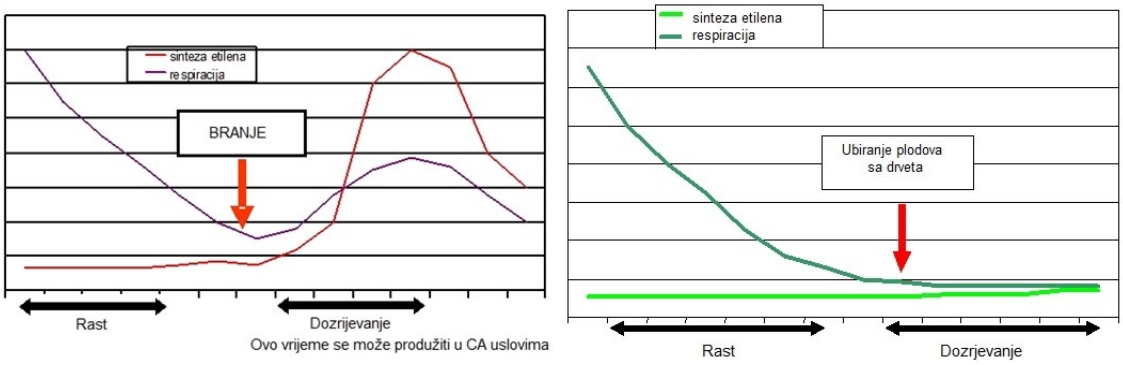
Plod voća se stvara iz cvijeta pa se vremenom, usljed niza biokemijskih i fizioloških promjena, razvija kroz nekoliko faza. Prva faza započinje oplodnjom. Slijedi faza rasta koja završava dostizanjem maksimalne veličine ploda. Paralelno sa kasnijim fazama rasta, nastupa faza zrenja u kojoj se odvijaju fiziološki i biokemijski procesi. Zrenjem plodova voća sadržaj škroba i celuloze se smanjuje postepeno, a nagomilavaju se drugi sastojci.

Faza dozrijevanja se odvija nakon faze zrenja do postizanja najboljih organoleptičkih osobina ploda. Dozrijevanje je proces koji dovodi do konzumne zrelosti. Procesi dozrijevanja se često odvijaju u plodu nakon branja. Dozrijevanje plodova manifestira se u promjeni boje epiderme, omekšavanju ploda, razvijanju karakterističnog mirisa i promjenama u kemijskom sastavu staničnog soka. Razlikuju se različiti tipovi zrelosti voća:

- fiziološka zrelost (voće ima maksimalnu veličinu i sjemenke su dozrele)
- tehnološka zrelost (voće je najbolje za preradu)
- konzumna zrelost (voće je najbolje za konzumaciju)

Obzirom na mogućnost postojanja jasnih granica između zrenja i dozrijevanja, voće se dijeli na klimakterijsko i neklimakterijsko. Klimakterijsko voće nastavlja s dozrijevanjem poslije ubiranja, dok neklimakterijsko ne dozrijeva poslije ubiranja. Čuvanjem voća i povrća u uvjetima kontrolirane atmosfere (CA) i kontrolom etilena, može se odgoditi dozrijevanje voća i produžiti rok trajanja klimakterijskog voća u slučaju da se ubere prije potpune zrelosti. Klimakterijsko voće postiže klimakterijski uspon disanja–što je granica dozrijevanja plodova. Klimakterijski maksimum je kraj dozrijevanja i predstavlja ranu fazu senescencije (starenja) – plodovi najpogodniji za konzumiranje, stoga se ta faza naziva konzumna zrelost ploda (jabuka, kruška, šljiva, breskva, banana, marelica, avokado). U većini slučajeva dozrijevanje voća počinje pojavom tzv. klimakterijskog uspona tj. pojačanom respiracijom. Kod

neklimakterijskog voća nema klimakterijskiog uspona (agrumi, jagode, grožđe, trešnje, višnje). (Jašić, 2007.)



Slika 3. Intenzitet disanja i sinteza etilena klimakterijskog i neklimakterijskog voća (Jašić, 2007.)

Utvrđivanje i ocjena prikladnog trenutka berbe plodova pojedinih vrsta i sorti jako su važni. Plodovi koji su ubrani u pravo vrijeme kvalitetniji su, bolje podnose transport i dulje se mogu čuvati.

Prijevremena berba je štetna, jer u tom slučaju plodovi ne postignu odgovarajuću veličinu, ne razviju pravu boju, a sadrže manje šećera, organskih kiselina i drugih vrijednih hranjivih sastojaka. Osim toga, nemaju razvijen okus, miris i aromu karakterističnu za pojedine sorte. Ako berba kasni, dolazi do jačeg opadanja plodova, njihova oštećenja, smanjenja sposobnosti da podnose dulji prijevoz, a loše se čuvaju jer brzo gube kvalitetu i sve bitne značajke. Kasnije ubrani plodovi postaju lošijeg okusa, gube karakterističan miris i arome. Takvi plodovi podliježu bolestima, od kojih su najčešće: brašnjavost, gorke pjege, posmeđenje kožice i posmeđenje mesa ploda.

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.

Da bi se pravilno odredio datum berbe treba znati da plodovi jabuke sadrže dosta škroba, rezervne tvari koja se razgrađuje i pretvara u glukozu. Postoji više testova ili metoda kojima se određuje dan početka berbe plodova jabuke, ali nijedna nije posve sigurna.

Od pouzdanijih metoda koje se danas koriste za utvrđivanje dozrelosti plodova jabuke jest jodno-škrobni test odn. J-J-K („jod-jod-kalij“) test. Ovim testom se mjeri količina škroba u

plodu jabuke s ciljem određivanja pravog trenutka kada je omjer šećera i škroba najpovoljniji. Postupak obavljanja jodno-škrobnog testa se sastoji od uzimanja dobrog prosječnog uzorka od 5 do 10 jabuka. Plodovi se prerežu poprečno i umoče se u otopinu jodne tinkture (otopina jod-jod-kalij). Jodna tinktura će škrob obojiti u tamnoplavu do crnu boju.

Nakon par minuta reagiranja otopine sa škrobom donosi se ocjena o zrelosti plodova na temelju prošaranosti uzorka. Razgradnja škroba započinje od sredine ploda prema pokožici ploda, a najsporije se razgrađuje 2 do 3 mm ispod same pokožice i u blizini provodnih snopića koji idu iz peteljke. Ukoliko je cijeli plod po cijelom poprečnom presjeku obojen crnoplavom bojom znači da je plod još zelen nezreo i da sadrži još dosta škroba pa se treba pričekati s berbom. Kada je plod prerez gotovo potpuno neobojen reagensom znači da je plod došao u tehnološku, konzumnu zrelost, a optimalno vrijeme za skladištenje je prošlo. U slučaju da se na tamnoj osnovi cijelog presjeka ploda javlja prosvjetljenje, a parenhim ploda je obojen tamnoplavo samo ispod pokožice znači da plod sadrži i šećer i škrob pa je kao takav najbolji za berbu i skladištenje. (Jašić, 2007.)

Tablica 1. Preporučene vrijednosti za ocjenu zrelosti jabuke (Jašić, 2007.)

SORTA	ŠKROB	ŠEĆERI	TVRDOĆA	KISELINE
Gala	4,0 – 5,0	11,0 – 12,5	7,0 – 7,5	3,5 – 4,5
Elstar	4,0 – 5,0	11,0 – 12,5	6,0 – 7,0	5,5 – 7,5
Jonagold	7,0 – 8,0	12,0 – 13,5	6,0 – 7,0	5,5 – 6,0
Gloster	3,5 – 4,0	11,0 – 11,5	6,5 – 7,0	5,0 – 6,0
Golden Delicious	6,0 – 7,0	11,5 – 13,0	7,0 – 8,0	4,0 – 5,0
Idared	6,0 – 6,5	10,5 – 11,5	7,0 – 7,5	6,5 – 7,0
Granny Smith	5,0 – 5,5	10,0 – 11,0	7,0 – 8,0	8,5 – 9,5
Fuji	6,0 – 7,0	13,0 – 14,0	6,5 – 7,5	4,0 – 4,5
Pink Lady	6,0 – 7,0	13,5 – 14,5	7,5 – 8,5	-

Privremeno skladištenje poželjno je vršiti odmah pri prijemu, prije konačnog uskladištenje. Privremeno skladište treba biti opremljeno sistemom za hlađenje. Ventilacija u skladištu treba biti na raspolaganjuje obavezna da ne bi došlo do nagomilavanja neželjenih produkata respiracije npr. etilena. Zahtjev za vlažnošću atmosfere i 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 voćem i povrćem u skladištu mora biti jako oprezna i profesionalna,

kako bi se izbjegla oštećenja izazvana nepravilnim i nestručnim transportom unutar skladišta. (Jašić, 2007.)

Postoje mnogi kriteriji za podjelu sorti jabuka kao što je npr. podjela prema osobinama plodova (krupnoći, obliku, boji, sočnosti, intenzitetu mirisa, okusu, teksturi, i dr.), a jedan od značajnih kriterija je podjela sorata jabuka s obzirom na vrijeme dozrijevanja.

Za različite sorte jabuka potrebni su različiti uvjeti čuvanja. Preporučuje se čuvanje plodova jabuka u hladnjači s kontroliranom atmosferom (0 - 5 °C, koncentracija CO_2 2 - 4 %, koncentracija O_2 1 % i relativna vlaga zraka 90 - 92 %). U takvim uvjetima jabuka se može čuvati 6 - 12 mjeseci. Ako plodovi jabuka stoje 4 dana na temperaturi 20 °C, smanjuje im se vrijeme čuvanja u hladnjači za jedan mjesec. Plodovi namijenjeni duljem čuvanju moraju biti zdravi (bez znakova fiziološkog oboljenja) i što ujednačeniji. (Krpina i sur., 2004.)

Neke sorte, uključujući "Boskoop", "Elstar" i "McIntosh" su vrlo osjetljive na ozljede pri 0° C i zahtijevaju skladištenje na višoj temperaturi, obično između 2 i 4 °C. Ostale sorte, kao što su "Granny Smith " i " Delicious" su manje osjetljive na ozljede i mogu se uspješno čuvati na 0 °C (Little i Holmes, 2000; Watkins i sur., 2002). Cripps i suradnici (1993.) preporučaju da se sorte 'Cripps Pink' skladište na 0-1 °C tijekom 4 mjeseca na zraku. Međutim drugi autori (Hundall, 2003.) preporučuju čuvanje "Cripps Pink" jabuka na -0.5 °C.

Prema vremenu dozrijevanja razlikuju se: ljetne ili rane, jesenske ili srednje te zimske ili kasne sorte jabuka. Ljetne sorte su uglavnom namijenjene za potrošnju odmah nakon berbe ili se mogu čuvati u hladnjači neko kraće vrijeme.

Jesenske i zimske sorte ubrane u optimalnom roku berbe uglavnom se čuvaju nekoliko mjeseci u hladnjačama. Vrijeme dozrijevanja jabuka značajno varira ovisno o području uzgoja, nadmorskoj visini, klimatskim čimbenicima, posebno temperaturi i dr. i, naravno, o uvjetima čuvanja. U našim agroekološkim uvjetima u intenzivnoj proizvodnji zastupljen je manji broj vodećih zimskih sorti od kojih su najznačajnije: Idared, Jonagold, Zlatni Delišes, Granny Smith, Fuji i Braeburn. (Skendrović i sur., 2013.)

Promjenjivi zahtjevi tržišta doveli su do razvoja novih tehnologija proizvodnje i konzerviranja hrane.

Kontrolirana atmosfera (CA) je postupak konzerviranja u kojem se mijenja tj. modificira sastav početne atmosfere u kojoj se nalazi proizvod i to sniženjem udjela O_2 (s 21 % na 3 %) i povećanjem udjela CO_2 (na 2 do 5 % i više). Promjena atmosfere odvija se u

komorama tj. velikim skladišnim prostorima u kojima dolazi do usporavanja disanja i biokemijskih procesa u voću i povrću. Sastav plinova, temperatura i relativna vlažnost u komori ovise o vrsti sirovine i sorti.

Modificirana atmosfera je dinamičan proces koji se odvija u malim jediničnim pakiranjima. Princip je sličan kao i za kontroliranu atmosferu i sastoji se u promjeni sastava početne atmosfere u pakiranju u kojem se nalazi proizvod tj. snižavanju koncentracije O_2, i povećanju udjela CO_2 i/ili N_2, ali bez daljnje kontrole i održavanja početne modificirane atmosfere (Lovrić, 2003).

Altisent i sur. (2011.) spominju kako su jabuke obično skladištene 6-8 mjeseci u hladnim komorama, iako dužina skladištenja ovisi o kultivaru. S tržišnog gledišta, najbolja tehnologija za održavanje kakvoće jabuka i reduciranje učestalosti fizioloških poremećaja je kontrolirana atmosfera sa ultra niskim kisikom (ULO). Tijekom skladištenja, kakvoća jabuke se ipak u određenoj mjeri mijenja, ali većinom ostaje dovoljno očuvana da budu adekvatne za tržište i konzumaciju što se može utvrditi fizikalnim i kemijskim analizama (Kovač i sur., 2010.).

2.2. Minimalno procesiranje

Kao hrana koja odgovara modernom načinu življenja istaknuli su se proizvodi pod nazivom minimalno procesirano voće i povrće (MPViP). MPViP je voće ili povrće spremno za jelo „na licu mjesta“ (eng. „ready to eat“ ili „like fresh“, kao svježe ili „fresh cut“, svježe rezano), ono je oprano, očišćeno, narezano, i po potrebi zapakirano u odgovarajuću atmosferu i prikladnu amabalažu koja čuva proizvod i omogućava jednostavnu konzumaciju direkno iz tog pakovanja, a pri tome su sačuvane sve osobine i kvaliteta svježeg voća ili povrća. Međutim najveći problem prerađivačke industrije kod tzv. „fresh-cut“ proizvoda, usko je povezan sa očuvanjem kakvoće tih proizvoda kroz duži period (rok upotrebe uglavnom ne prelazi 7 dana). Fiziološkim oštećenjem tkiva tijekom rezanja i guljenja, mikrobiološkom kontaminacijom na površini te eventualnim lošim uvjetima obrade dolazi do narušavanja kvalitete, odnosno promjene boje, degradacije teksture, svježeg okusa i nutritivne vrijednosti sirovine.

Brojni su čimbenici koji izazivaju kvarenje namirnica: ponajviše aktivnost mikroorganizama i enzima, te drugi čimbenici koji pospješuju degradaciju pojedinih prirodnih

sastojaka hrane, kao npr. temperatura (izvan određenoga optimalnog područja), zrak (prisutnost kisika), svjetlo, sadržaj vode te vrijeme.

Postupci proizvodnje koji se mogu primijeniti kod minimalnog procesiranja su jako različiti i bazirani na raznovrsnim metodama. Uz već spomenute metode primjenjuje se: pakiranje u modificiranoj atmosferi, pakiranje u vakuumu, pulsirajuće električno polje, oscilirajuće magnetsko polje, visoki hidrostatski tlak, ultrazvuk, pulsirajuće svjetlo i UV-svjetlo. Zajedničko svim tim tehnikama jest da se obrada provodi kratko vrijeme. Primjenom netermičkih procesa u što većoj mjeri može se uštedjeti znatna količina energije i skratiti trajanje procesa proizvodnje, te primijeniti blaži uvjeti termičke obrade i dobiti proizvodi boljih organoleptičkih značajki i veće nutritivne vrijednosti (Herceg, 2009.; Lelas, 2006.).

U minimalnom procesiranju danas je sve prisutnija i tehnika konzerviranja preprekama. Ta tehnika se bazira na primjeni kombiniranog djelovanja više metoda kao jedne cjeline procesnih prepreka koje mikroorganizmi ne mogu „prijeći“, ostvarujući tako konzervirajući učinak. Najvažnije prepreke koje se koriste u prehrambenoj industriji su visoke temperature, niske temperature, aktivitet vode, kiselost, redoks potencijal, modificirana atmosfera, kompetitivni mikroorganizmi ili dodatak kemijskih sredstava. Što je prepreka više, to ih mikroorganizmi mogu teže savladati. Upravo ovakvom kombinacijom svaka pojedinačna prepreka u seriji može se provoditi u znatno blažim uvjetima nego kada se koristi sama (Lovrić, 2003.).

Produženje trajnosti minimalno procesiranih proizvoda može se provesti primjenom jestivih filmova. To su tanki slojevi zaštitnog materijala koji se nanose na površinu proizvoda kao zamjena za prirodno tkivo (epidermis, kožica). Jestivi filmovi se koriste kao semipermeabilna barijera za migraciju vlage, kisika i aromatskih tvari, koja može usporiti i promjenu boje, poboljšati teksturu te reducirati mikrobiološki rast (Garcia i Barret, 2002.).

2.2.1. Minimalno procesirana jabuka(MPJ)

Jabuka (*Malus domestica* Borkh) je zbog svoje popularnosti, dostupnosti tijekom cijele godine te relativno niske cijene pogodna sirovina za minimalno procesiranje. No s druge strane, ona je kao i ostalo MPViP, podložna ubrzanom kvarenju. Tijekom guljenja i rezanja oštećuju se stanice, prilikom čega dolazi do fizioloških i biokemijskih promjena te ubrzanog mikrobiološkog kvarenja. Proizvodnja MPJ predstavlja dodatni izazov, prije svega zbog

pojačane sklonosti sirovine posmeđivanju. Naime, zbog visokog udjela oksidacijskih enzima polifenol oksidaze (PPO) i peroksidaze (POD) te fenolnih spojeva, površina jabuke nakon guljenja i rezanja vrlo brzo posmeđuje (Rocha i sur., 2003.).

Da bi se posmeđivanje što efikasnije spriječilo te dobio kvalitetan i potrošačima privlačan proizvod, potrebno je odabrati odgovarajuću sortu kao i uvjete proizvodnje.

Odabir sirovine odgovarajuće kvalitete od neophodnog je značaja za uspjeh ovakvog proizvoda na tržištu. Prilikom odabira sorte jabuke za proizvodnju MPJ bitno je uzeti u obzir njenu sklonost prema posmeđivanju teksturalne i senzorske karakteristike kao i zadržavanje istih tijekom minimalnog procesiranja i skladištenja. Naime, poželjno je odabrati sorte koje nakon minimalnog stupnja obrade i tijekom skladištenja zadržavaju karakteristična fizikalno-kemijska i dobra senzorska svojstva (Keenan i sur., 2012.).

2.2.2. Posmeđivanje

Oksidacija je drugi najvažniji uzrok propadanja hrane, iza mikrobiološke kontaminacije. Glavna reakcija oksidacije je enzimsko posmeđivanje koje nastaje zbog spojeva (svjetlo-žute do tamno-smeđe boje) koji nastaju nizom kemiijskih reakcija. Za proces enzimskog posmeđivanja potrebna su tri čimbenika: enzim, supstrat te kisik ili neko drugo oksidirajuće sredstvo. Enzimi koji sudjeluju u posmeđivanju su polifenoloksidaze, peroksidaze i katalaze, a supstrati su najčešće razni fenolni spojevi.

Najvažniji enzimi su: polifenoloksidaza (PPO) i peroksidaza (POD). PPO katalizira dvije reakcije; 1-hidroksilaciju monofenola na difenole, što je relativno spora reakcija i dovodi do bezbojnih produkata. 2-oksidaciju difenola do kinona što je brza reakcija i daje obojene proizvode. Enzimi su smješteni u citoplazmi, a supstrati u vakuoli te kako bi došlo do reakcije moraju doći u kontakt uz prisutnost kisika. Zbog toga do enzimskog posmeđivanja dolazi u oštećenom tkivu.

Najčešći uzroci posmeđivanja su: stajanje na zraku usitnjenog ili narezanog voća odnosno povrća, duže zagrijavanje kao što je to npr. pri operaciji sušenja, nepažljivo skladištenje, itd.

U namirnicama s većom količinom vode češće dolazi do posmeđivanja, međutim ono se susreće i u dehidratiranim proizvodima tijekom skladištenja (neenzimsko posmeđivanje), rehidratacije i nakon rehidratacije, ali u manjoj mjeri.

U minimalno procesiranom svježem voću i povrću koje se želi održati u svježem stanju što duže vrijeme spriječavanje enzimskog posmeđivanja od posebnog je značaja. Spriječavanje enzimskog posmeđivanja može se djelovati fizikalnim i kemijskim metodama, intervencijom na jedan od 3 osnovna faktora:

- djelovanjem na kisik: potapanjem u vodu, otopinu soli ili otopinu razrijeđene kiseline, vakuumiranjem, deaeriranjem, pakiranjem u modificiranoj atmosferi

- djelovanjem na supstrat: dodatkom sredstva koje se lakše oksidira od supstrata (antioksidansi)

- djelovanjem na enzim: termički povišenom temperaturom, pomakom u kiselo pH područje (Garcia i sur.,2002.)

Antioksidansi koji se najčešće koriste kao inhibitori posmeđivanja su: askorbinska kiselina, sulfiti, tioli, aminokiseline (cistein, histidin, glutation).

Askorbinska kiselina ili vitamin C djeluje kao "hvatač" kisika, tj. uklanja ga u reakciji s PO i ima helatno djelovanje te na taj način sprječava posmeđivanje.
Inhibicija posmeđivanja se bazira na sposobnosti da askorbinska kiselina reducira o-kinone koji nastaju oksidacijom polifenola pomoću polifenoloksidaze, pri čemu se askorbinska kiselina oksidira u dehidro-L-askorbinsku kiselinu (Piližota i Šubarić, 1998.).

Stabilnost supstrata je pod utjecajem pH jer dolazi do promjene kemijske strukture supstrata pri ekstremnoj promjeni pH. Sredstva za zakiseljavanje često se koriste u kombinaciji s drugim sredstvima protiv posmeđivanja.

Limunska kiselina je jedna od naraširenijih kiselina koje se koriste u prehrambenoj industriji, najčešće se koristi u koncentraciji od 0,5-2 vol % ako se koristi za spriječavanje posmeđivanja. Koristi se u kombinaciji sa askorbinskom i eritorbinskom kiselinom i njihovim solima. Ima helatno djelovanje na bakar tako da i na taj način inaktivira polifenol oksidaze, dakle ne samo promjenom pH.

Prema nekim istraživanjima određeni enzimi mogu se koristiti za kontrolu djelovanja nepoželjnih enzima. To se može postići na tri načina:

- uslijed djelovanja drugog enzima dolazi do promjene supstrata ili produkta

- direktna inaktivacija nepoželjlnog enzima

- inaktivacija sekundarnih reakcija (nastavka reakcije) nastalih reaktivnih produkata

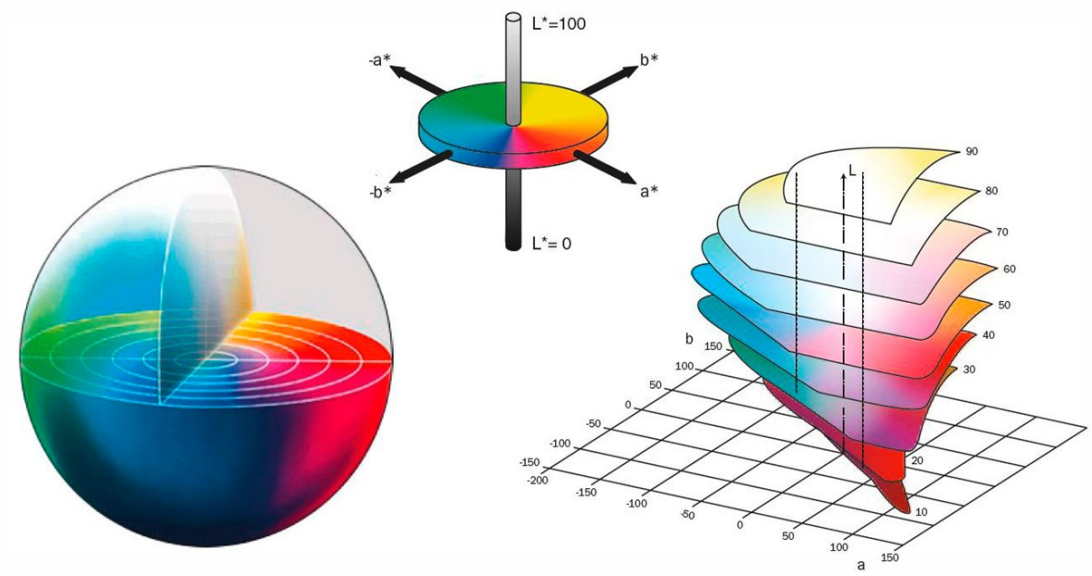
Spojevi koji imaju svojstvo stvaranja helata s bakrom mogu se koristiti kod sprječavanja posmeđivanja jer je bakar neophodan za aktivnost PPO. U tu svrhu mogu se koristiti: alkoholi, polifosfati, sorbinska, askorbinska i limunska kiselina, halidi, cijanidi, CO_2, vodikov peroksid. (Garcia i sur., 2002.)

2.3. Boja

Boja je osjet vida koji je izazvan nadražajem mrežnice oka zrakama vidljivog svjetla, tj. elektromagnetskim zračenjem valne duljine između 380 nm i 760 nm. Dakle, boja nije svojstvo svjetla, koje izaziva nadražaj, niti predmeta s kojeg svjetlo dolazi u oko tj. nije svojstvo fizičkog svjetla. Boja je psihički doživljaj izazvan fizičkim uzrokom, stimulusom, i ovisi o fiziološkim procesima u organizmu i raznim psihološkim čimbenicima. (Garcia i sur., 2002.)

Izražavanje boja pomoću numeričkih vrijednosti, olakšava razumijevanje i standardizaciju boja.

Najčešće korišteni sustav opisivanja obojenja je CIE Lab sustav. CIE (fran. Commision Internationale de l'Eclairage) internacionalna komisija za rasvjetu, 1931. godine je standardizirala uređaj za mjerenje vrijednosti boja (kolorimetar). CIE Lab (definiran 1976. godine) je trodimenzionalni prostor boja koji se zasniva na objektivnom vrednovanju boja i najbliži je vizualnoj percepciji. Definiran je i kao pravokutni koordinatni sustav sa osima L*, a* i b*. Parametar L* je mjera svjetlosti iskazana vrijednostima od 0 do 100 (0 = crno; 100 = bijelo). Vrijednost a* parametra ukazuje na spektar nijansi između crvene i zelene boje, a njegova pozitivna vrijednost označava izraženost crvenog dijela spektra, dok vrijednost parametra b* ukazuje na spektar nijansi između plave i žute boje, pri čemu njegova pozitivna vrijednost označava izraženost žutog dijela spektra. Iz vrijednosti a* i b* mogu se izračunati vrijednosti za ton boje (h) i zasićenost boje (C), dok se iz vrijednosti L*, a* i b* može izračunati ΔE, odnosno ukupna promjena boje. (R.S Berns, 2000.)



Slika 4. CIE Lab sustav (Web 2)

Ocjena boje često je važna zato što je kvarenje hrane povezano s promjenom boje. Poznato je da je boja i izgled ponekad jedina karakteristika na kojoj se može temeljiti odluka da li nešto kupiti i konzumirati ili ne.

2.4. Tekstura

Tekstura je fizikalna kvaliteta hrane koja je determinirana osjećajem u ustima nakon konzumiranja (izuzimajući okus i temperaturu hrane). Tekstura obuhvaća granuliranost, glatkost, viskoznost, površinsku napetost, elastičnost pri žvakanju te ovisi o:

- anatomskoj građi (strukturi) biljnog tkiva
- sastojcima rasporedu i strukturi staničih stijenki
- fizikalnom stanju visokomolekularnih sastojaka stanice i međustaničnog prostora
- kemijskom sastavu staničnih stijenki, tj. prisutnosti određenih makromolekularnih spojeva u staničnoj stijenci i međustaničnom prostoru (središnje lamele)
- intracelularnim silama kojima su međusobno povezane stanice
- mehaničkim silama koje potječu od pojedinih strukturalnih elemenata

- osmotskom pritisku u stanici, tj. turgoru. (Garcia i sur.,2002.)

Kod svježeg voća i povrća izražen je utjecaj bakterija, kvasaca i plijesni na njihovo kvarenje, a time i na promjenu teksture. Kod svježeg voća usljed mikrobioloških procesa dolazi do promjene tvrdoće ploda tako da se mjerenjem tvrdoće i drugih parametara pomoću analizatora teksture ili tenderometra) može utvrditi teksturalni status. Teksturu voća i povrća i njihovih prerađevina opisuju različiti atributi, sočnost, žvakljivost, lakoća gutanja, hrskavost, sipkavost, topivost, itd. Mehanička svojstva, kao atributi teksture se odnose na reakciju proizvoda na naprezanje pa se mehanički atributi teksture dijele se na pet osnovnih karakteristika: tvrdoća, kohezivnost, viskoznost, elastičnost i adhezivnost. Tvrdoća je definirana silom koja je potrebna da dođe do deformacije proizvoda ili prodiranja u proizvod. Ona je, dobar pokazatelj stanja tekstura ploda i može se relativno jednostavno mehanički izmjeriti. (Jašić, 2007.)

Minimalnim procesiranjem dolazi do mehaničkog oštećenja tkiva jabuke što rezultira gubitkom tvrdoće zbog enzimske hidrolize pektinskih tvari te fizikalno kemijskih promjena. Pektolitičke enzime, pektin metilesterazu i poligalakturonazu moguće je inaktivirati termičkim tretmanima, no povišena temperatura može dovesti ujedno i do narušavanja karakteristične strukture biljnog tkiva, odnosno svježine sirovine, čije je očuvanje osnovni uvjet za MPViP, zbog čega se preporuča primjena alternativnih metoda (Monsalve-González i sur., 1993.).

Tijekom skladištenja MPJ dolazi do gubitka vode što je direktno povezano s narušavanjem teksture proizvoda. Promjene teksture uzrokuju skraćivanje vijeka trajanja voća jer postaje podložnije mehaničkim oštećenjima i kontaminaciji mikroorganizmima.

Teksturu možemo odrediti na dva načina:

- Senzorsko određivanje (osjetilima) predstavlja individualni pristup pa zbog toga nije pouzdano, a i teško se opisno može točno izraziti. Senzorskim ispitivanjem je dokazano da konzumenti preferiraju karakteristike teksture kao što su npr. hrskavost, mekanost, sočnost i čvrstoća. Karakteristike koje se ne preferiraju su žilavost, vlažnost, drobljivost, grudavost, vodenost i sluzavost (Szczesniak, 1990.).

- Instrumentalno određivanje - mjerenjem teksture pomoću instrumenata umanjuje se mogućnost pogreške. Pogreške se mogu pojaviti zbog nereprezentativnog ili nehomogenog uzorka, a vrlo rijetko ili uopće ne zbog nepreciznosti uređaja.

Svijest o mehaničkim svojstvima voća potrebna je kako bi se moglo procijeniti i predvidjeti deformacije pod vanjskim opterećenjima, u transportu, preradi i pakiranju. (Shirvani i sur., 2014.)

Mehanička svojstva koja se koriste za opisivanje teksturalnih karakteristika su rad, tvrdoća, elastičnost i deformacija. Elastičnost je mjera promjene sile u odnosu na deformaciju, a računa se kao nagib ravog dijela krivulje sile stlačivanja (deformacije). Tvrdoća je sila potrebna za komprimiranje čvrste tvari između kutnjaka. (Abbott i sur., 1984.).

Neposredno nakon berbe parametri elastičnosti i tvrdoće su neovisni (nisu u korelaciji sa drugim parametrima) dok nakon 2 mjeseca skladištenja linearna sila (rad) pokazuje povezanost sa gotovo svim parametrima. (Costa i sur., 2012.)

3. EKSPERIMENTALNI DIO

Za istraživanje su korišteni plodovi jabuke Cripps Pink nabavljene iz trgovačke mreže u veljači 2016. godine. Plodovi su minimalno prerađeni tj. oprani, oguljeni i izrezani na komadiće veličine 3 cm, te skladišteni tijekom 8 dana u priručnoj mini-pilot komori s kontroliranom atmosferom s razinom kisika oko 11 %, te CO_2 oko 9 % i pri temperaturi od 6 °C Prije početka pokusa komora je oprana vodom, kiselinom i lužinom te dezinficirana, ohlađena na 6 °C i zaplinjena. Plod jabuke je oguljen i narezan, a potom su komadići uronjeni u otopinu antioksidansa (otopina limunske i askorbinske kiseline). Kroz otvor komore ubačeni su komadići jabuke.

Tijekom 8 dana temperatura i koncentracija O_2 i CO_2 su održavani na početnim vrijednostima(12,0 % O_2 i 10,4 % CO_2), a izuzimani su uzorci iz komore radi analize boje i teksture.

3.1.1. Pribor i aparatura

-Tehnička vaga (Mettler Toledo)

- Analitička vaga (ABT 220-4M, Kern & Sohn GmbH)

- Kolorimetar CM-3500 d (Konica-Minolta, Japan)

- Analizator teksture (Texture Analyser TA Hdplus, Stable Micro Systems, UK)

- Refraktometar (PAL-3, Atago)

- Analizator plinova Oxybaby M+ (WITT-GASETECHNIK GmbH & Co KG, Njemačka)

- Menzura, volumena 200 mL i 1000 mL

- Čaša, volumena 100 mL

- Posude za uzimanje uzoraka

- Ručni rezač jabuka

3.1.2. Kemikalije

Sredstva korištena za pripremu otopine za sprječavanje posmeđivanja

- L(+) askorbinska kiselina, p.a. (Gram-mol d.o.o., Zagreb, Hrvatska)
- Limunska kiselina, monohidrat, p.a. (Gram-mol d.o.o., Zagreb, Hrvatska)

Sredstva korištena za pripremu otopine za dezinfekciju

- Kiselina, 0.1 % HCl/H_20
- Lužina, 1 M NaOH
- Destilirana voda

3.2. Metode rada

U svrhu provedbe zadanih ciljeva istraživanja korištene su metode za pripremu uzoraka i analitičke metode. Promjena boje praćena je kolorimerom primjenom CIE L*a*b sustava, teksturalna svojstva određivana su pomoću analizatora teksture,a topljiva suha tvar pomoću refraktometra. Udio CO_2 i O_2 u komori praćen je pomoću Oxybaby M+ uređaja.

3.2.1 Priprema uzoraka jabuka i njihova obrada otopinama

Jabuke su oguljene i pomoću posebnog ručnog rezača narezane na 8 kriški ujednačene veličine (uz uklanjanje sjemene lože). Tako pripremeljene kriške jabuke prerezane su na dva dijela. Rezanje jabuka provedeno je na način da su jabuke bile uronjene u vodu kako bi se spriječilo inicijalno posmeđivanje tijekom rezanja. Komadići jabuka tretirani su 3 minute odabranim tretmanom, tj. otopinom za sprječavanje posmeđivanja.

3.2.2. Određivanje parametara boje

Princip određivanja:

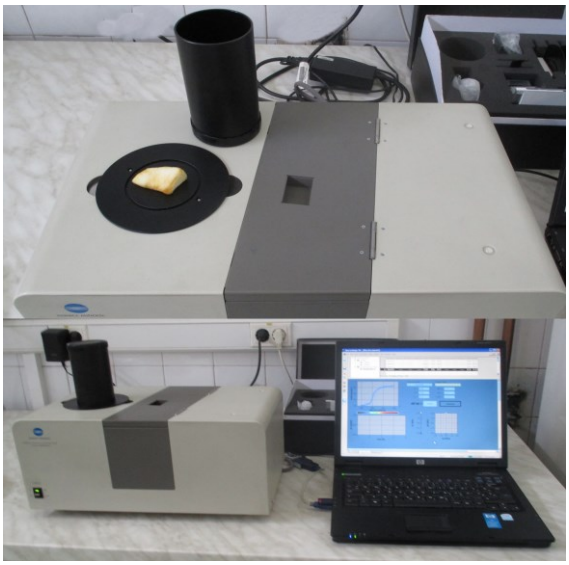
Objektivno mjerenje boje temelji se na parametrima trodimenzionalnog sustava boja (L*, a*, b*) korištenjem uređaja, kolorimetara, koji rade na principu mjerenja stupnja reflektirane svjetlosti od mjerne površine.

Postupak određivanja:

Određivanje boje uzoraka vrši se difuzno reflektirajućom spektrofotometrijom na kolorimetru CM-3500d (slika 5.) pri čemu se odabere ploča otvora odgovarajućeg veličini uzorka. Za ovo istraživanje izabrana je ploča od 8 mm.

Prilikom mjerenja kriška jabuke se postavi tako da prekrije cijeli otvor te se poklopi s valjkom potpuno crne boje i maksimalne apsorbivnosti svjetlosti.

Za izvor svjetla koristi se pulsirajuća ksenon lampa koja je dizajnirana da daje standardni difuzni izvor svjetla D65. Neovisno o valnoj duljini svjetlo reflektirano od uzoraka sakuplja se u integrirajućoj sferi te se normalizira prema svjetlu izvora reflektancije. Zbog toga se prije svakog seta mjerenja uređaj kalibrira s čisto bijelim standardom (100 %-tna refleksija) te crnim valjkom (0 % refleksije), čime se dobiju L, a i b vrijednosti. U programu Spectramagic NX se prilagode sve potrebne postavke. Izabrana geometrija je d/8 pri kojoj se površina uzorka promatra pod kutom od 8° u odnosu na njezinu normalu. Širina zrake koja se promatra iznosi 7,4°. Tako postavljena geometrija je u skladu s CIE standardom difuzne iluminacije i kuta gledanja od 0°, uz područje mjerenja od 400 do 700 nm koje odgovara vidljivom dijelu elektromagnetskog spektra. Sva mjerenja vrše se u SCE (Specular Component Excluded) modu. Kao rezultat mjerenja, pomoću računalnog softvera očitaju se L*, a* (zeleno-crveno) i b* (plavo-žuto) vrijednosti i izračunaju C* i h* vrijednosti.



Slika 5. Kolorimetar CM-3500 d (Konica-Minolta, Japan)

Izračunavanje:

Za izračunavanje ukupne razlike obojenosti uzorka na temelju rezultata računa se ΔE* prema forumli (1):

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

- ΔL^* - razlika u vrijednosti parametra L^* (svjetloća, L* prvog dana i L* osmog dana skladištenja)
- Δa^* - razlika u vrijednosti parametra a^* (udio crvene boje,a* prvog dana i a* osmog dana skladištenja)
- Δb^* - razlika u vrijednosti parametra b^* (udio plave boje,b* prvog dana i b* osmog dana skladištenja)

3.2.3. Određivanje teksturalnih svojstava

Princip određivanja:

Određivanje teksturalnih svojstava pomoću analizatora teksture temelji se na tlačenju ili rastezanju uzoraka ovisno o konkretnom testu. Istovremeno mjerni senzor prati otpor koji se javlja u materijalu uzorka uslijed prodiranja alata kroz uzorak i povratnom vezom javlja upravljačkoj jedinici radne parametre (brzina, dubina i sila prodiranja). Svi ti parametri grafički se prikazuju u odabranom grafu. Određivanje teksturalnih svojstava komadića jabuka provedeno je na analizatoru teksture primjenom definirane proizvođačke metode za određivanje teksturalnih svojstava jabuke, modificirane metodom koju su opisali Rocculi i sur. (2004.).

Postupak određivanja:

Instrumentalna analiza teksturnih parametara komadića jabuke provedena je na TA.HDPlus analizatoru teksture (slika 6.). Za probijanje uzorka korištena je cilindrična čelična sonda s ravnim dnom, promjera 4 mm. Dubina prodiranja podešena je na 6 mm, uz brzinu prodiranja od 0,5 mm s-1 (uz brzinu prije testiranja 1 mm s-1 i poslije testiranja 10 mm s-1).

Na osnovu dobivenih krivulja izračunata je tvrdoća ispitivanog uzorka, primjenom programa TE 32 Texture Exponent koji izračunava površine ispod krivulje. Svako mjerenje provedeno je u pet ponavljanja (5 komadića MPJ iz jednog uzorkovanja). Rezultati su prikazani kao srednja vrijednost ± standardna devijacija.

Slika 6. Teksturometar TA.HDPlus (Stable Micro System, UK)

4. REZULTATI I RASPRAVA

Rezultati velikog broja istraživanja potvrđuju kako oguljene, narezane i netretirane kriške jabuka, znatno brže posmeđuju nego jabuke prethodno uronjene u neku od otopina za sprječavanje posmeđivanja (Aguayo, 2010.; Tortoe, 2007.).

Kako bi se utvrdilo kada se javlja najmanja promjena boje, mjerene su kolorimetrijske varijable L*, a*, b*, a izračunate C*, h* i ΔE*. Rezultati za varijablu ΔE* su najznačajniji jer se upravo ona u prethodnim istraživanjima pokazala najboljim parametrom za praćenje posmeđivanja (Rojas-Graui sur., 2006.).

Tablica 2. Vrijednosti kolorimetrijskih varijabli za različita vremena stajanja

Kolorimetrijske varijable	**Vrijeme skladištenja (dani)**				
	1. dan	**2. dan**	**3. dan**	**5. dan**	**8. dan**
L*	80,71±1,39	79,00±1,39	77,10±1,39	77,10±1,39	77,63±1,39
a*	-1,24±0,78	-0,10±0,78	-0,24±0,78	0,82±0,78	0,86±0,78
b*	15,84±2,41	19,79±2,41	21,90±2,41	22,64±2,41	21,25±2,41
C*	15,89±2,40	19,80±2,40	21,91±2,40	22,66±2,40	21,27±2,40
h*	94,51±4,86	90,55±4,86	79,70±4,86	87,91±4,86	87,73±4,86
ΔE*	82,25±0,80	81,44±0,80	80,15±0,80	80,34±0,80	80,49±0,80

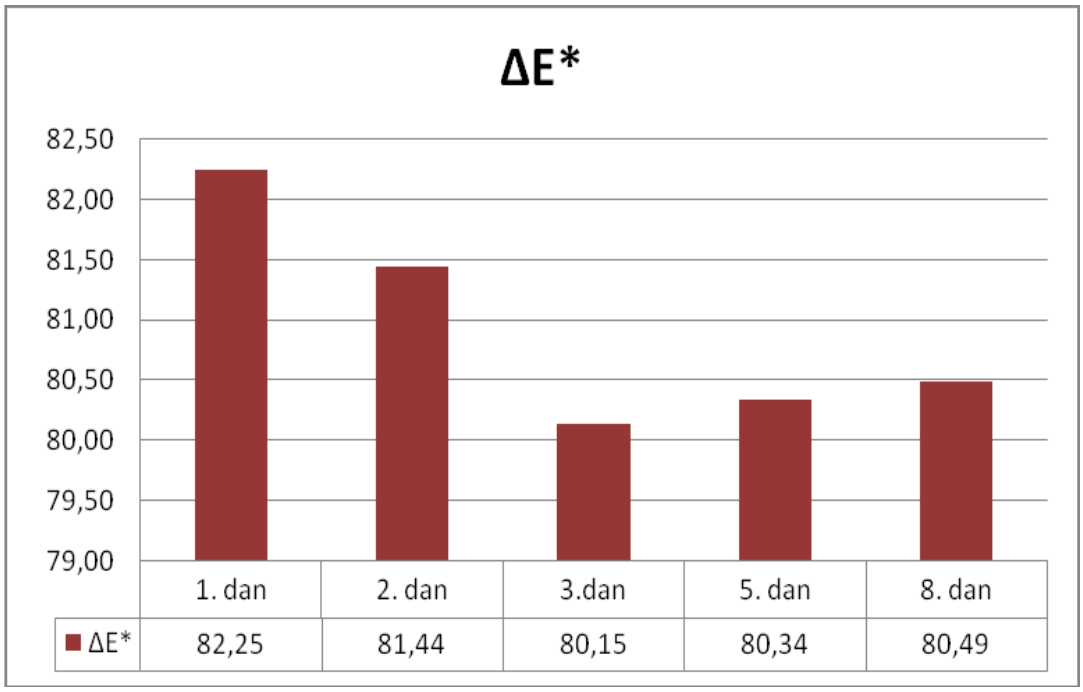
Prikazane su srednje vrijednosti (n = 5) ± SD

U tablici 2 prikazane su srednje vrijednosti kolorimetrijskih varijabli određenih za sve uzorke tijekom različitih vremena stajanja. Iz rezultata je vidljivo da s vremenom skladištenja dolazi do opadanja vrijednosti L* parametra što znači da površina uzorka postaje tamnija. Vrijednosti a* parametra koja je bila negativna prvi dan prikazuje prijelaz iz zelene u crvenu boju (pozitivna vrijednost) peti dan skladištenja. Vrijednosti parametra C* (intezitet boje) povećavale su se tijekom skladištenja u svim uzorcima, dok su se vrijednosti h* parametra snižavale tijekom skladištenja. h* parametar označava nijansu boje (engl. «hue»), odnosno kut (engl. «hue angle», h°) promjene boje u odnosu na a* parametar, sa vrijednostima od 0 do 360 ° (vrijednost 0 ° je crvena, 90 ° je npr. žuta nijansa, 180 ° je zelena, a 270 ° plava). S

obzirom na promjenu boje tijekom skladištenja, raspon u kojem su se kretale izmjerene vrijednosti obuhvatio je prijelaz od zeleno-žute nijanse, prema crvenoj.

To se slaže sa prethodnim studijama u kojima je primjećeno povećanje posmeđivanja u fresh-cut voću tijekom skladištenja uz, također povećanje kolorimetrijskih parametara a* i b*. (Pristijono i sur., 2006.; Lu i sur, 2007.).

Autori navode razne metode praćenja intenziteta posmeđivanja od praćenja promjena svih varijabli (Rocha i sur., 2001.), promjenom varijabli L*, a* i b* ili kombinacijom promjena tih triju varijabli. Najčešće korištene metode za praćenje promjene boje su izračun ΔE* (Herceg, 2013.).

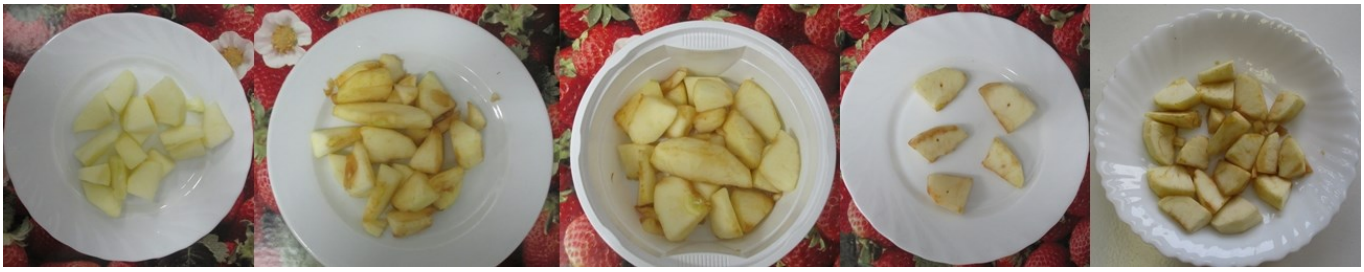


Slika 7. Vrijednosti ΔE* za različita vremena stajanja

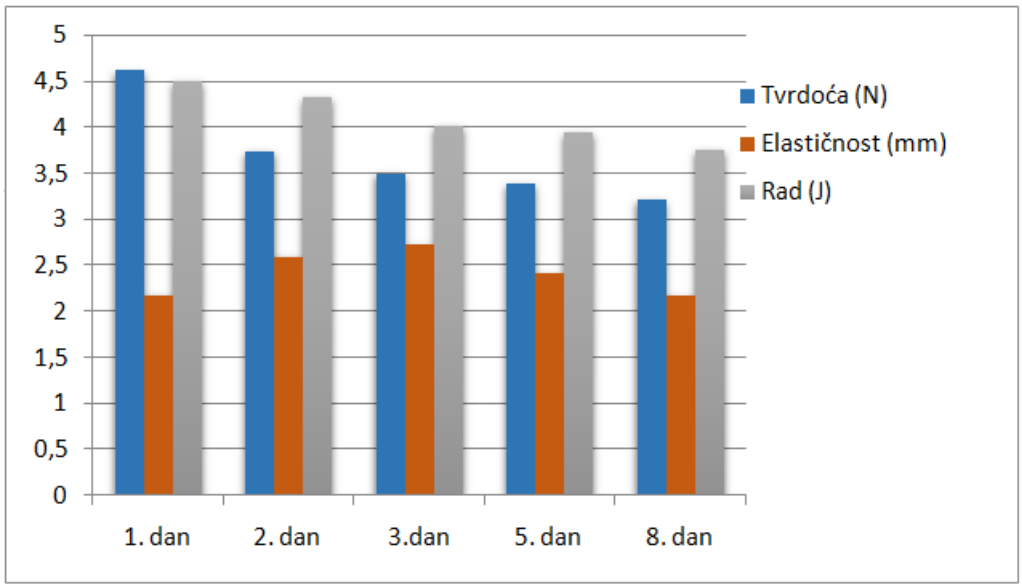
Iz prikazanih podataka može se zaključiti da su kolorimetrijske varijable uglavnom jednake za treći, peti i osmi dan skladištenja za parametar a* i h*, a za ostale čak od drugog do osmog dana. Prema tome se može zaključiti kako do najevidentnijih promjena u boji dolazi tijekom prvog odnosno drugog dana skladištenja (tablica 2).

Rezultati su u skladu s drugim istraživanjima u kojima je, također, utvrđeno da je posmeđivanje nastupilo u kratkom roku (unutar dva dana) nakon oštećenja (Kim i sur., 1993.).

unatoč činjenici da su rezane jabuke potopljene u otopinu antioksidanasa kako bi se spriječila oksidacija.



Slika 8. Jabuke 1., 2., 3., 5. i 8. dana skladištenja



Slika 9. Tvrdoća, elastičnost i rad jabuke ovisno o vremenu skladištenja

Mjerenje i praćenje parametara teksture jabuka tijekom skladištenja provedeno je na teksturometru (TA.HDPlus), a rezultati su obrađeni u pripadajućem programu. Iz Slike 9 vidljivo je da vrijednosti parametara teksture uzoraka jabuke linearno opadaju tijekom vremena što se očituje u smanjenju čvrstoće ploda tijekom skladištenja. Elastičnost do drugog dana skladištenja raste, a zatim se smanjuje.

I drugi autori potvrđuju da vrijeme berbe, dozrelost plodova, trajanje i uvjeti skladištenja utječu na mehanička svojstva plodova. (Abbott i sur., 1984.)

Rad potreban da igla probije uzorak jabuke linearno se smanjuje s prolaskom vremena skladištenja.

Ovim istraživanjem dokazano je da i u kratkom vremenu skladištenja dolazi do korelacije između parametara rada i tvrdoće.

Objašnjenu ovisnost teksture i vremena skladištenja potvrđuje i rast udjela suhe tvari. Udio vode u jabukama kreće se u rasponu od 10-90 %. Eksperimentalnom analizom netretirane jabuke (bez potapanja u otopinu limunske i askorbinske kiseline) izmjerena je suha tvar od 11.9 °Brixa. Tijekom skladištenja suha tvar raste, kao što je pokazano u tablici, do vrijednosti 14.1 °Brixa, a tvrdoća pada zbog dehidratiranosti jabuke. Gubi se turgor i ona izvorna hrskava tekstura i jabuka postaje dehidratirana i mekša.

Tablica 3. Vrijednosti suhe tvari ovisno o vremenu skladištenja

Vrijeme/ dani	**suha tvar/°Bx**
1. (*bez potapanja)	11,9
1.	12,7
2.	13,0
3.	13,2
5.	13,7
8.	14,1

5. ZAKLJUČAK

1. Prema parametrima boje može se zaključiti da najveća promjena boje (ΔE*) nastupa prvi dan odnosno za neke (L*) unutar prva tri dana skladištenja. Od petog dana za parametre a* i h*, a za ostale parametre čak od petog do osmog dana skladištenja izmjerene vrijednosti se bitno ne mijenjaju.

2. Općenito, promjene parametara boje ukazuju na pojavu posmeđivanja, ali ne jako izrazitu, što je u skladu s njihovim stvarnim izgledom. Vjerojatno je to rezultat sortne osobine, načina rezanja bez većeg kontakta jabuke sa zrakom, primjenjenog tretmana potapanjem komadića jabuke u vodenu otopinu limunske i askorbinske kiseline, te uvjeta skladištenja.

3. Tvrdoća i elastičnost jabuke samo neznatno su se smanjile tijekom skladištenja tako da je u velikoj mjeri zadržana inicijalnu tvrdoća.

4. Topljiva suha tvar se povećavala s vremenom skladištenja.

5. Primjenjeni postupak pripreme minimalno prerađene jabuke i primjenjeni uvjeti skladištenja u priručnoj mini-pilot komori s kontroliranom atmosferom, s razinom O_2 oko 11 %, te CO_2 oko 9 % i pri temperaturi od 6 °C, pokazali su se zadovoljavajući. Ipak preporuča se daljnje optimiranje postupka pripreme i uvjeta skladištenja posebice kako bi se smanjile promjene unutar prvih dana skladištenja.

7. POPIS LITERATURE

- Abbott J. A., Massie D. R., Watada A. E (1984.) Sensory and Instrument Measurement of Apple Texture. J. Amer. Soc. Hon. Sci. 109 (2): 221-228.
- Aguayo, E., Requejo-Jackman, C., Stanley, R., Woolf, A. (2010) Effects of calcium ascorbate treatments and storage atmosphere on antioxidant activity and quality of fresh-cut apple slices. *Postharvest Biol Tec* 57, 52-60.
- Altisent, J. Graell, I. Lara, L. López, G. Echeverría (2011) Eating quality of "fuji" apples affected by a period of cold air after ULO storage. *J Food Quality* 35, 1-12.
- Cripps, J.E.L., L.A. Rishards, and A.M. Mairata. (1993.) 'Pink Lady' apple. *HortScience* 28: 1057
- De Castro E., William V. Biasi, and Mitcham, E. J. (2007.). Quality of pink lady apples in relation to maturity at harvest, prestorage treatments, and controlled atmosphere during storage. *Hortscience* 42(3): 605–610.
- Garcia E, Barrett, D. M., (2002.) Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables. U Freshcut Fruits and Vegetables, ur. Olusola Lamikanra
- Herceg Z: Procesi konzerviranja hrane. Tehnička knjiga, Zagreb, 2009.
- Hurndall, R.and J. Fourie. (2003.) The South African Pink LadyTM handbook. South African Pink Lady Association
- Ivančič, A., 2002. Hibridizacija pomembnejših rastlinskih vrst. Fakulteta za kmetijstvo, Maribor
- Jašić M: Tehnologija voća i povrća. Dio 1, Opšte osobine i čuvanje, hemijski sastav, nutritivna svojstva, fizikalno - hemijska i senzorna svojstva. Tehnološki fakultet Tuzla, Tuzla, 2007
- Keenan, D. F., Valverde, J., Gormley, R., Butler, F., Brunton, N. P. (2012) Selecting apple cultivars for use in ready-to-eat desserts based on multivariate analyses of physico-chemical properties. *Lwt- Food Sci Technol* 48, 308-315.

- Kim, D. M., Smith, N. L., Lee, C. Y. (1993) Quality of minimally processed apple slices from selected cultivars. *J Food Sci* 58, 1115-1117.
- Ivo Krpina i suradnici: Voćarstvo, Nakladni zavod Globus, Zagreb, 2004.
- Kovač A., Skendrović Babojelić, Voća S., Jagatić A., Klepo T. (2007.) Utjecaj roka berbe na kakvoću ploda jabuke. *Pomologia Croatica* 4, 211-217.
- Lelas V: Nove tehnike procesiranja hrane. Prehrambeno-biotehnološki fakultet Zagreb, Zagreb, 2006.
- Little, C.R.and Holmes R., (2000.) Storage technology for apples and pears. Department of Natural Resources and Economics, Victoria.
- Lovrić T: Procesi u prehrambenoj industriji s osnovama prehrambenog inženjerstva. Hinus, Zagreb, 2003.
- Lu S., Luo Y., Turner E., Feng H. (2007.) Efficacy of sodium chlorite as an inhibitor of enzymatic browning in apple slices. *Food Chem* 104., 824-829.
- Monsalve-González A., Barbosa-Cánovas, G., Cavalieri, R. (1993) Mass transfer and textural changes during processing of apples by combined methods. *J Food Sci* 58, 557-569.
- Piližota V., Šubarić D. (1998.) Control of enzymatic browning of foods. *Food Technol Biotech* 36, 219-227.
- Pristojino P., Wills R. B. H., Golding J. B. (2006.) Inhibition of browning on the surfice of apple slices by short term exposure to nitric oxide (NO) gas. *Postharvest Biol. Tec.* 42*.,* 256-259.
- Rocculi, P., Romani, S., Dalla Rosa, M. (2004) Evaluation of physico-chemical parameters of minimally processed apples packed in non-conventional modified atmosphere. *Food Res Int* 37, 329-335.
- Rocha, A. M. C. N., Morais, A. M. M. B. (2001) Polyphenoloxidase activity and total phenolic content as related to browning of minimally processed 'Jonagored' apple. *J Sci Food Agr* 82, 120-126.

- Rocha, A. M. C. N., Morais, A. M. M. B. (2003) Shelf life of minimally processed apple (cv. Jonagored) determined by colour changes. *Food Control* 14, 13-20.
- Rojas-Grau, M. A., Sobrino-Lopez, A., Tapia, M. S., Martin-Belloso, O. (2006) Browning inhibition in fresh-cut 'fuji' apple slices by natural antibrowning agents. *J Food Sci* 71, 59-65.
- R.S Berns(2000.), Principles of color technology, 3.izd., Wiley&Sons, New York
- Szczesniak AS: Texture: Is it still an overlooked food attribute?. *Food Technol* 86-95, 1990.
- Tortoe, C., Orchard, J., Beezer, A. (2007) Prevention of enzymatic browning of apple cylinders using different solutions. *Int J Food Sci Tech* 42, 1475-1481.
- Watkins, C.B., E. Kupferman, and D.A. Rosenberger, (2002.) Apple. Postharvest quality management guidelines. In: K.C. Gross, Y. Wang, and M. Saltveit (eds.). The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery crops. USDA
- Web 1: Skendrovic, B. M. (2013) Nove kasne sorte jabuka, <http://www.agroklub.com/vocarstvo/nove-kasne-sorte-jabuka/5811/>. Pristupljeno 04. Svibnja 2016.
- Web 2: Kurečić-Strgar M., Osnove o boji (2014.) (Predavanje) <http://www.repro.grf.unizg.hr> Pristupljeno 25. Lipnja.2016.

Popis kratica i simbola

CO_2	ugljik dioksid
O_2	kisik
Cl_2	klor
CA	kontrolirana atmosfera
MPViP	minimalno procesirano voće i povrće
MPJ	minimalno procesirana jabuka
NaOH	natrijev hidroksid
HCl	klorovodična kiselina
PPO	polifenoloksidaza
POD	peroksidaza