Određivanje parametara boje i teksture narezane jabuke Cripps pink skladištene u kontroliranoj atmosferi

Kobeščak, Mateja

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:159:896159

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-17**

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

Mateja Kobeščak

6803/PT

ODREĐIVANJE PARAMETARA BOJE I TEKSTURE NAREZANE JABUKE CRIPPS PINK SKLADIŠTENE U KONTROLIRANOJ ATMOSFERI

ZAVRŠNI RAD

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

ODREĐIVANJE PARAMETARA BOJE I TEKSTURE NAREZANE JABUKE CRIPPS PINK SKLADIŠTENE U KONTROLIRANOJ ATMOSFERI

Mateja Kobeščak, 6803/PT

Sažetak:

Cilj istraživanja bio je ispitati stabilnost minimalno procesirane jabuke skladištene osam dana pri kontroliranom sastavu atmosfere. Svježe jabuke sorte Cripps Pink su se oguljene i narezane čuvale u uvjetima modificirane atmosfere pri temperaturi između 4 i 6 ºC. Ispitivanje je provedeno na temelju mjerenja promjena boje i teksture, uzimanjem uzoraka za analizu prvi, drugi, treći, peti i osmi dan. Određivanje boje vršilo se difuzno reflektirajućom spektrofotometrijom na kolorimetru CM-3500d, a teksture na TA.HD Plus analizatoru. Dobiveni rezultati su pokazali pozitivan učinak snižene temperature i kontroliranog sastava atmosfere na održivost skladištene jabuke.

Ključne riječi: jabuka, kontrolirana atmosfera, skladištenje, minimalno procesiranje

Rad sadrži: 34 stranice, 14 slika, 3 tablice, 73 literaturna navoda, 0 priloga

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u: Knjižnica Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb

Mentor: *prof. dr. sc. Branka Levaj*

Rad predan: lipanj, 2016.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Final work

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
Undergraduate studies Food Technology
Department of Food Engineering
Laboratory for Technology of Fruits and Vegetables Preservation and Processingy

COLOUR AND TEXTURE PARAMETERS OF FRESH CUT APPLE CRIPPS PINK STORED IN A CONTROLLED ATMOSPHERE

Mateja Kobeščak, 6803/PT

Abstract:

The aim of this study was to examine the stability of minimally processed apples stored in controlled atmosphere for eight days. Peeled and sliced (fresh cut) apples Cripps Pink were kept under controlled atmosphere at a temperature between 4 and 6 ºC. Monitoring was based on measurment of changes in colour and texture, taking samples for analyisis on the first, second, third, fifth and eighth day. Colour determination was performed with diffusive reflective spectrophotometry using colorimeter CM-3500d, and texture determination using TA.HD Plus analyzer. The results showed a positive effect of controlled atmosphere on the stability of stored apples.

Keywords: apple, controlled atmosphere, storage, minimally processing

Thesis contains: 34 pages, 14 figures, 3 tables, 73 references, 0 supplements

Original in: Croatian

Graduate thesis is printed an 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.

Thesis delivered: July, 2016

SADRŽAJ

1. UVOD ... 1

2. TEORIJSKI DIO ... 2

2.1. Jabuka ... 2

2.1.1. Biološka i morfološka svojstva ... 2

2.1.2. Kemijski sastav jabuke ... 3

2.1.3. Kvalitativne osobine jabuke ... 4

2.1.3.1. Boja jabuke ... 4

2.1.3.2. Tekstura jabuke ... 5

2.1.4. Sorte ... 6

2.2. Minimalno procesirano voće i povrće (MPViP) ... 7

2.2.1. Jabuka kao sirovina za minimalno procesiranje ... 8

2.3. Enzimsko posmeđivanje ... 10

2.3.1. Sprječavanje enzimskog posmeđivanja ... 11

2.4. Sustav mjerenja boje ... 12

3. EKSPERIMENTALNI DIO ... 14

3.1. Materijal ... 14

3.2. Pregled pokusa ... 14

3.3. Metode rada ... 15

3.3.1. Metoda određivanja sastava atmosfere ... 15

3.3.2. Metoda određivanja boje ... 16

3.3.3. Metoda određivanja tekstura ... 18

4. REZULTATI ... 20

5. RASPRAVA ... 24

6. ZAKLJUČAK ... 28

7. LITERATURA ... 29

1. UVOD

Moderno suvremeno društvo s jedne strane karakterizira ubrzani načina života, a s druge strane osviještenost stanovništva o povezanosti hrane i zdravstvenog stanja. S tim u vezi, konzumacija mnogih obroka odvija se izvan kuće i na brzinu, pri čemu raste potražnja za svježim voćem i povrćem za koje se zna da učestala i povećana konzumacija rezultira zdravstvenim dobrobitima. Da bi se svježe voće i povrće moglo konzumirati jednostavno i usput, potrebno ga je na odgovarajući način preraditi. Tako prerađeno voće i povrće se naziva minimalno procesirano voće i povrće (MPViP), a ono je proizvod u kojemu je sirovina oprana, narezana, prikladno zapakirana i spremna za direktnu konzumaciju, pri čemu su u najvećoj mjeri sačuvane njene originalne organoleptičke i nutritivne značajke. Razlog sve većeg zanimanja za minimalno procesirane proizvode, naročito u razvijenim zemljama svijeta, je u velikoj mjeri bolja edukacija potrošača te briga o zdravlju. U takvoj hrani se u pravilu ne postiže komercijalna sterilnost te je, radi produljenja njene trajnosti, potrebno usmjeriti pažnju na odabir ambalažnog materijala, načina pakiranja te uvjeta čuvanja. U odnosu na svježe, MPViP je uglavnom kraćeg roka trajanja, odnosno minimalno od četiri do sedam dana pri temperaturi od 4 do 8 ºC.

Jedan od proizvoda ovog tipa koji se često može vidjeti na tržištu mnogih zemalja je minimalno procesirana jabuka (MPJ). Jabuka predstavlja odličnu sirovinu za minimalno procesiranje zbog svoje pristupačne cijene i dostupnosti tijekom cijele godine. Međutim, prilikom njene proizvodnje nailazi se na nekoliko izazova, tj. prepreka. Tijekom guljenja i rezanja dolazi do fizioloških oštećenja tkiva, što može dovesti do narušavanja kvalitete, odnosno promjene boje i teksture, te degradacije okusa i nutritivne vrijednosti. Najnepovoljniji utjecaj na kvalitetu MPJ ima enzimsko posmeđivanje mesa. Do navedene pojave dolazi vrlo brzo nakon guljenja i rezanja sirovine, čime površina mesa poprima smeđu boju. S obzirom na to da je za većinu potrošača boja proizvoda od iznimne važnosti, enzimsko posmeđivanje se nastoji spriječiti ili usporiti u što većoj mjeri. To je djelomično moguće postići čuvanjem jabuka u kontroliranoj atmosferi sa smanjenim udjelom kisika, čime se usporavaju biokemijske reakcije i reakcije disanja u jabuci. U mnogim prethodnim istraživanjima se pokazalo kako je jabuka Cripps Pink jedna od senzorski najbolje ocijenjenih sorti i jedna od sorata s najpogodnijim kolorimetrijskim i teksturnim karakteristikama. Cilj ovog istraživanja bio je ispitati održivost boje i teksture MPJ Cripps Pink skladištene u kontroliranoj atmosferi pri temperaturi između 4 i 6 ºC, tijekom sedam dana.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Jabuka

Jabuka je plod stabla jabuke, a ono je najčešće kultivirano stablo na svijetu. Plodovi sazrijevaju od srpnja do listopada, ovisno o sorti jabuke, te su slatko-kiselog okusa i svojstvene arome. Poznato je oko 10000 sorti koje se razlikuju po boji, teksturi i okusu. Plod je bogat raznim hranjivim sastojcima čija količina ovisi o vrsti i načinu uzgoja. Voda čini oko 82 % ploda.

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

Red:	*Rosales*
Porodica:	*Rosaceae*
Potporodica:	*Maloideae*
Rod:	*Malus*
Vrsta:	*Malus* × *domestica* Borkh

Prema podacima koje navodi Hrvatski centar za poljoprivredni marketing, procijenjena proizvodnja jabuka godišnje u RH iznosi oko 40 000 tona. Potrošnja jabuke u Hrvatskoj iznosi oko 15 kilograma po stanovniku godišnje od čega oko 80 % opada na tržišnu potrošnju. Jabuka se najviše troši u jesenskim (listopad - prosinac) i proljetnim mjesecima (ožujak - svibanj).

2.1.1. Biološka i morfološka svojstva

Jabuka zahtijeva srednje prosječne temperature zraka u vegetaciji od 14 do 19 °C. Podnosi vrlo niske temperature zraka od -25 do -28 °C (bez težih posljedica) u vrijeme dubokog zimskog mirovanja te apsolutne maksimalne temperature do 35 °C (bez težih posljedica, ali ovisno o relativnoj vlazi zraka i vlazi tla). Pogoduje joj umjerena relativna vlaga zraka do 60 %. Jabuka cvate krajem travnja, a sazrijeva od srpnja do listopada, ovisno o sorti (Krpina i sur., 2004).

Prema vremenu sazrijevanja razlikuju se rane (ljetne), srednje rane (jesenske) i kasne (zimske) jabuke. Postoji i podjela prema obliku, a mogu biti okrugle, plosnate, rebraste, bez rebara, šiljaste, s dubokom ili plitkom čašicom. Prema plemenitosti se dijele na

visokokvalitetne, kvalitetne i obične sorte, dok se prema oštećenjima, krupnoći ploda i plemenitosti sorte dijele na ekstra klasu, I. i II. klasu (Pravilnik o kakvoći voća, NN 114/2008).

Dva su stupnja zrelosti plodova podjednako važna za određivanje vremena berbe – fiziološka i tehnološka zrelost. Fiziološka nastupa kad je plod najkrupniji, a sjemenke mogu u povoljnim uvjetima proklijati, dok tehnološka zrelost nastupa kad plodovi postignu najbolje karakteristike potrebne za daljnju namjenu. Plodovi koji su namijenjeni skladištenju beru se u fiziološkoj zrelosti (Krpina i sur., 2004).

2.1.2. Kemijski sastav jabuke

Budući da je jabuka bogati izvor prehrambenih vlakana, monosaharida, minerala te raznih biološki aktivnih spojeva, kao što su npr. fenolni spojevi, ona zauzima vrlo važno mjesto u ljudskoj prehrani (Boyer, Liu, 2004). Glavninu jabuke čini voda koja zauzima 83 % ploda (Blagojević, 2000), a zatim slijede šećeri. Od vitamina je najzastupljeniji vitamin C, dok je prosječan sadržaj proteina u jabuci 0,3 % (Zlatković, 2003). Sadržaj pojedinih komponenata jabuke prikazan je u tablici 1., dok je prosječan sastav mineralnih tvari prikazan u tablici 2.

Osim navedenog, jabuka se odlikuje antioksidacijskim svojstvima koja potječu upravo od fenolnih spojeva iz razloga što oni sadrže veliki broj dvostrukih veza i hidroksilnih skupina koje su zaslužne za antioksidacijsku aktivnost (Lee i sur., 2003; Tsao i sur., 2003). Glavni fenolni spojevi u jabuci su flavan-3-oli, flavonoli, hidroksicimetne kiseline, dihidrohalkoni te antocijani samo u pokožici. Od flavan-3-ola u najvećoj koncentraciji su prisutni procijanidini. Sorte u kojima dominiraju flavan-3-oli su npr. Burgunder, Topaz, Elstar i Jouared (Ceymann i sur., 2012).

Od fenolnih kiselina dominiraju hidroksicimetne, od kojih je u najvećoj mjeri zastupljena klorogenska. Iako su fenolni spojevi općenito u većoj koncentraciji prisutni u pokožici nego u mesu jabuke (Boyer, Liu, 2004), slučaj s klorogenskom kiselinom je obrnut (Awad i sur., 2000). Osim klorogenske, jabuka sadrži *p*-kumarinsku i kafeinsku kiselinu.

Tablica 1. Općeniti sastav ploda jabuke (udio u 100 g ploda) (USDA, 2016)

SASTOJAK	UDIO
Ukupni ugljikohidrati	12,76 g
Dijetetska vlakna	1,3 g
Šećer	10,10 g
Ukupne masti	0,13 g
Ukupni proteini	0,27 g
Vitamin A	38 IU
Vitamin C	4 mg
Vitamin E	0,05 mg

Tablica 2. Prosječan sastav mineralnih tvari u jabuci (USDA, 2016)

MINERAL	UDIO [mg/100 g]
Kalcij	5
Željezo	0,07
Magnezij	4
Fosfor	11
Kalij	90
Natrij	0

2.1.3. Kvalitativne osobine jabuke

2.1.3.1. Boja jabuke

Od svih elemenata koji definiraju kvalitetu jabuka, boja pokožice je vjerojatno ključno svojstvo koje kupac uočava prilikom kupovine. Za boju pokožice su odgovorne mnoge komponente poput antocijana, flavonoida, klorofila i karotenoida, koje joj u singeriji daju konačnu boju. Najvažniji od navedenih spojeva koji daju crvenu boju su antocijani. Od svih okolinskih uvjeta koji utječu na sintezu antocijana, najveći utjecaj ima svjetlost. Povećanje broja listova po plodu utječe na proizvodnju antocijana sve do određene točke. To je rezultat pojačane fotosinteze koja rezultira stvaranjem više ugljikohidrata neophodnih u sintezi antocijana (Soldo, 2012).

Jabuke se po boji i svojstvu pokožice ploda dijele na crvene, žute, šarene, obojane kao mramor, odnosno glatke, sjajne, hrapave i masne jabuke (Willfort, 1989).

Isto tako, različite sorte jabuka karakteriziraju i različite boje mesa. Tako npr. sortu Fuji karekterizira krem boja mesa, Granny Smith zelenkasta, Golden Delicious zelenkasno-žuta, Golden Rosset žućkasta, a Pink Lady kremasto-žuta boja (Delgado i sur., 2014).

Boja mesa jabuke potječe od fenolnih spojeva klorofila i karotenoida (Delgado i sur., 2014). Fenolni spojevi poput halkona, flavonola i proantocijanidina koje su određeni u jabuci odgovorni su za žute nijanse. Udio klorofila, pigmenta odgovornog za zelene nijanse, u zrelim plodovima je vrlo mali. Nadalje, iz skupine karotenoida u jabuci su prisutni oni iz podskupine ksantofila, a oni su također odgovorni za žute nijanse (Fennema, 1985).

Za MPJ boja mesa predstavlja odlučujući faktor prilikom kupovine tih proizvoda, boja i izgled često pružaju informacije o identitetu proizvoda, kvaliteti i aromi. Stoga je izvornu boju mesa potrebno sačuvati tijekom prerade, ali i cijelog roka trajanja. Međutim, jabuka je vrlo podložna reakcijama posmeđivanja, jer su upravo navedeni fenolni spojevi u jabuci supstrat za enzime jabuke koji nakon oštećenja tkiva (guljenja i rezanja) dovode do posmeđivanja (Lamikanra, 2002).

Mnogi autori navode kako do najvećih promjena u boji dolazi već na samom početku procesa proizvodnje i skladištenja te kako do značajnog pada svjetline (L* vrijednosti) dolazi tijekom prvih 48 sati skladištenja (Lozano-de-Gonzales i sur., 1993). Takav pad neovisan je o sorti jabuke (Kim i sur., 1993). U kojoj mjeri će doći do gubitka karakteristične svijetle boje mesa tijekom skladištenja ovisi o primijenjenoj temperaturi. Provedena istraživanja su pokazala kako je svježe narezana jabuka značajno svjetlija ako je skladištena 7 dana na temperaturi 4 ± 2 ºC, u odnosu na skladištenje pri 12 ± 2 ºC (Buta i sur., 1999; Supapvanich i sur., 2011).

2.1.3.2. Tekstura jabuke

Tekstura također predstavlja jednu od glavnih značajki kvalitete proizvoda, a određena je sastavom stanične stjenke, sadržajem vode i staničnim turgorom (Mohsenin, 1986).

Bilo kakva promjena u strukturi prehrambenog materijala, npr. guljenje ili rezanje, dovodi do narušavanja kvalitete teksturnih svojstava, što negativno utječe i na izgled gotovog proizvoda. Osim na izgled, tekstura utječe i na okus proizvoda jer je oslobađanje okusa povezano s načinom na koji se struktura hrane lomi u ustima (Brnčić i sur., 2006).

Prema provedenim istraživanjima, pokazalo se kako gubitak karakteristične teksture MPJ tijekom skladištenja, tj. njeno omekšavanje, ovisi o udjelu kalcija u tkivu (Poovaiah i sur., 1988), ali i o gubitku vode (Glenn, Poovaiah, 1985). Gubitak vode moguće je smanjiti

upotrebom jestivih filmova. Dobar potencijal u očuvanju teksture voća pokazuju i kalcijeve soli, zbog direktnog utjecaja na staničnu strukturu i propusnost membrane. Kalcij zajedno s pektinom povećava mehaničku čvrstoću tkiva formirajući polimernu mrežu (Poovaiah, 1986; Del Valle i sur., 1998).

Najčešći objektivni način određivanja teksturnih parametara je preko krivulje ovisnosti deformacije o sili. Ispitivanja se provode pomoću uređaja za instrumentalno određivanje teksture, a mogu biti destruktivna ili nedestruktivna. Kod destruktivnog ispitivanja, sonda ulazi u materijal te se na taj način dobivaju objektivne vrijednosti za čitav niz parametara teksture, kao što su tvrdoća, čvrstoća, elastičnost i rad potreban za ugriz (Bourne, 1966).

2.1.4. Sorte

Sorta je skupina biljaka unutar najniže botaničke sistematske jedinice koja se odlikuje izražajnošću svojstava određenoga genotipa ili kombinacije genotipova, razlikovanjem od bilo koje druge skupine biljaka prema barem jednom od navedenih svojstava. Plodovi različitih sorti jabuka se međusobno razlikuju po nizu fizioloških, morfoloških, fizikalnih i kemijskih svojstava koja se očituju u mirisu, okusu, izgledu, itd. (Gliha, 1978).

Prema podacima koje navodi Hrvatski centar za poljoprivredni marketing, najprodavanija sorta je Idared, zatim slijede Zlatni Delišes i Jonagold, te potom Granny Smith, Gloster te ostale jesenske sorte. Ljetne sorte jabuka (Gala i Elstar) prodaju se u manjim količinama. U ovom poglavlju opisana je sorta Cripps Pink jer je ona korištena u ovom istraživanju.

Sorta 'Cripps Pink'

Cripps Pink je australska sorta nastala križanjem sorata Golden Delicious i Lady Wiliams. Među potrošačima je poznata i kao Pink Lady, ali to ime je zaštićeno od strane APAL-a (Apple and Pear Australia Limited) zbog nadzora kontrole kvalitete jabuka koje se prodaju pod tim imenom. Dozrijeva od kraja listopada do sredine studenoga. Plod je srednje velik do velik, duguljastog, koničnog oblika s velikim površinama zelenožute boje i dopunskim crvenorozim obojenjem, što čini karakteristiku ove sorte. Vrlo je čvrste i sočne teksture, slatkog okusa s naglašenom kiselinom (Vujević i sur., 2011; Drake i sur., 2002).

Sorta Cripps Pink jedna je od najboljih sorti za čuvanje zato što nema tendenciju postati brašnjava, pokazuje smanjenu osjetljivost na posmeđivanje (James, 2007) te ne pokazuje znakove bilo kakvih fizioloških oštećenja tijekom normalnog čuvanja (Skendrovic, 2013).

Osim toga, senzorske analize su pokazale da ova sorta zbog svog karakterističnog okusa i teksture zauzima poseban status među potrošačima (Corrigan i sur., 1997) te se smatra sortom premium kakvoće (James, 2007).

Slika 1. Grana s plodovima sorte 'Cripps Pink' (izvor: http://www.columbiafruit.com)

2.2. Minimalno procesirano voće i povrće (MPViP)

Zbog suvremenog tempa života voće i povrće se često nedovoljno konzumira jer se većina vremena provodi izvan domova, a mnoge vrste nisu praktične i dostupne za konzumaciju na bilo kojem mjestu. Industrija MPViP ima veliki potencijal za svoj rast i razvoj jer važnost konzumiranja voća i povrća naglašava i Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) s ciljem poboljšanja zdravstvenog statusa građana i smanjenja troškova liječenja bolesti razvijenih kao posljedica nepravilne prehrane. MPViP uvelike olakšava navedeni problem zbog jednostavnijeg i lakšeg načina konzumiranja, tj. takvo voće i povrće je spremno za jelo „na licu mjesta“. Ono je oprano, očišćeno, narezano i po potrebi zapakirano u odgovarajuću atmosferu i prikladnu ambalažu koja čuva proizvod (Levaj, 2013).

Pod pojmom „minimalno procesirano voće i povrće“ podrazumijeva se proizvod visoke kakvoće kojoj su zbog blažih uvjeta primijenjenih pri procesiranju, sačuvana svježina i ostale originalne organoleptičke i nutritivne značajke. Za minimalno procesiranje koriste se metode koje uzrokuju najmanje moguće promjene na sirovini, a to su one operacije koje se u konvencionalnim tehnologijama primjenjuju prije blanširanja, poput pranja, sortiranja,

guljenja, otkoštićavanja, rezanja i ribanja. Blanširanje se ne primjenjuje jer MPViP mora imati osobine živog tkiva. Zajednička karakteristika tih procesnih tehnika je njihovo kraće trajanje i tretiranje sirovina pri nižoj temperaturi. Primjeri za MPViP su oguljena i narezana rajčica, nasjeckana salata, miješana salata, štapići mrkve, oguljeno citrus voće, svježe narezani ananas, svježe narezane kriške jabuke, itd. (Cantwell, Suslow, 2002).

Slika 2. Minimalno procesirano povrće (Annon. 1.)

Pošto se u takvoj hrani u pravilu ne postiže komercijalna sterilnost, radi produženja njezine trajnosti, važno je obratiti pažnju na odabir ambalažnog materijala, način pakiranja (modificirana atmosfera, vakuum) te na uvjete čuvanja (niske temperature, relativna vlažnost zraka, udio kisika) (Gorris, Tauscher, 1999). Produženje trajnosti može se postići i primjenom jestivih filmova, a to su tanki slojevi zaštitnog materijala koji se nalaze na površini proizvoda kao zamjena za prirodno tkivo. Koriste se kao polupropusna barijera za migraciju vlage, kisika i aromatskih tvari (Garcia, Barret, 2002).

2.2.1. Jabuka kao sirovina za minimalno procesiranje

Jabuka je zbog nekoliko karakteristika iznimno pogodna sirovina za minimalno procesiranje. To su njena popularnost među potrošačima, pristupačna cijena te dostupnost tijekom cijele godine (Lata i sur., 2009). S druge strane, kao i ostalo MPViP, podložna je promjenama boje, teksture, senzorskim svojstvima te mikrobiološkom kvarenju. Razlog tome je oštećivanje stanica tijekom guljenja i rezanja, zbog čega dolazi do nepoželjnih fizioloških i biokemijskih promjena primjerice površinskog tamnjenja. Jabuka je zbog velikog udjela fenola i prisutnosti enzima polifenol-oksidaze i peroksidaze vrlo podložna enzimskom posmeđivanju

što se manifestira tamnjenjem površine narezane jabuke. Proizvodni proces MPJ se sastoji od nekoliko operacija, a to su pranje, probiranje, guljenje, rezanje, površinsko uklanjanje viška vode te pakiranje i skladištenje. Zbog oštećenja tkiva do kojeg dolazi tijekom guljenja i rezanja, proces je potrebno provoditi pri sniženim temperaturama kako bi se sve reakcije koje dovode do nepoželjnih promjena usporile. Međutim, ta mjera nije dovoljna za održavanje minimalnog roka trajanja zbog čega se pritom koriste i razne druge metode. Neke od njih su čuvanje proizvoda u modificiranoj atmosferi i korištenje odgovarajućih sredstava za sprječavanje posmeđivanja (Lee i sur., 1991). Da bi se na kraju dobio što kvalitetniji proizvod, važno je osim odabiranja odgovarajućih uvjeta proizvodnje i skladištenja, odabrati i odgovarajuću sortu.

Prilikom odabira sorte potrebno je obratiti pažnju na njene teksturne i senzorske karakteristike prije i nakon proizvodnog procesa i skladištenja te na njenu sklonost posmeđivanju. Od sorata koje se koriste prilikom proizvodnje MPJ bitno je istaknuti Galu, ljetnu sortu koja pokazuje odlična senzorska svojstva te dobru teksturu (Cliff i sur., 2010; Olivas i sur., 2007); jesensku sortu Gloster koju karakterizira hrskava i tvrda tekstura (Keenan i sur., 2012); Braeburn, sortu s viskom komercijalnom dostupnosti i udjelom askorbinske kiseline (Aguayo i sur., 2010); jesensku sortu Idared koja je također komercijalno vrlo dostupna (Vujević i sur., 2011); Fuji, tijekom čijeg skladištenja ne dolazi do značajnog mekšanja tkiva; sortu slatkaste arome i čvrste teksture Zlatni Delišes koju karakterizira bijela boja mesa i manja osjetljivost na posmeđivanje (Vujević i sur., 2011); Cripps Pink, sortu premium kakvoće (James, 2007), slatkastog okusa i vrlo čvrste teksture (Vujević i sur., 2011).

Mnoga istraživanja su pokazala kako je upravo sorta Cripps Pink jedna od najbolje senzorski ocjenjenih (Corrigan i sur.,). Osim toga, prema literaturnim navodima, navedena sorta pokazala se pogodnom sortom za proizvodnju MPJ i zbog manje osjetljivosti na posmeđivanje (Castro i sur., 2008) te svoje izrazito čvrste teksture (Vujević i sur., 2011). Također, sorta Cripps Pink nema tendenciju postati brašnjava tijekom duljeg čuvanja (Skendrovic, 2013). Zbog navedenih razloga za naše istraživanje je odabrana upravo ona.

Slika 5. Minimalno procesirana jabuka (izvor: http://www.petersonfarmsinc.com/)

2.3. Enzimsko posmeđivanje

Boja je oduvijek bila jedan od glavnih faktora na temelju kojih se potrošač odlučuje na kupnju nekog proizvoda. Zbog toga je prilikom procesiranja sirovina, posebice voća i povrća, nužno posvetiti posebnu pažnju na održivost autentične boje, kako bi konačan proizvod bio vizualno što sličniji sirovini, a time prihvatljiviji.

Jabuka je zbog velikog udjela fenola i prisutnosti enzima polifenol-oksidaze i peroksidaze podložna enzimskom posmeđivanju, što se manifestira tamnjenjem površine narezane jabuke. Enzimsko posmeđivanje je proces oksidacije fenolnih spojeva u kinone, koji daljnjim procesima kondenzacije daju smeđe obojene visokomolekularne spojeve tzv. melanoide. U većini slučajeva predstavlja negativnu pojavu koja je vezana primarno uz promjenu boje sirovine, ali rezultira i promjenom drugih svojstava proizvoda, kao što su okus, miris i tekstura (Kotmthong i sur., 2006; Jiang, 2004).

Enzimsko posmeđivanje je funkcija aktivnosti odgovarajućih enzima i koncentracije supstrata u polaznoj sirovini. Enzimi koji sudjeluju u reakciji su polifenol-oksidaza te u manjoj mjeri peroksidaza (Landi i sur., 2013). Kada dođe do mehaničkog oštećenja tkiva, odnosno kada se naruši stanična struktura, navedeni enzimi dolaze u kontakt sa supstratom i kisikom iz zraka. U prisutnosti polifenol-oksidaze i kisika se monofenolni spojevi hidroksiliraju u o-difenole, koji se kasnije oksidiraju do o-kinona koji su jako reaktivni i ulaze u reakcije kondenzacije i polimerizacije.

U proizvodnji MPJ operacijama guljenja i rezanja dolazi do mehaničkog oštećenja što je preduvjet za posmeđivanje.. Enzimsko posmeđivanje MPJ može ograničiti rok trajanja i otežati njezin plasman na tržište (Cantwell, Suslow, 2002).

2.3.1. Sprječavanje enzimskog posmeđivanja

S obzirom da do promjene boje na MPJ dolazi već pri samom početku procesiranja, tj. prilikom guljenja, važno je navedenu promjenu svesti na što je moguće manju mjeru.

Sprječavanje enzimskog posmeđivanja zasniva se na provođenju fizikalnih i kemijskih metoda, a zajednička karakteristika im je nastojanje uklanjanja jednog ili više osnovnih čimbenika odgovornih za posmeđivanje: kisika, enzima ili supstrata. Fizikalne metode uključuju skladištenje pri sniženim temperaturama, uklanjanje kisika npr. pakiranjem u MA, dok kemijske metode podrazumijevaju primjenu sredstava za sprječavanje enzimskog posmeđivanja uranjanjem kriški jabuka u njihove otopine (Garcia, Barrett, 2002).

Što se tiče fizikalnih metoda, čuvanje jabuka u kontroliranom sastavu atmosfere predstavlja vrlo učinkovit način boljeg očuvanja karakteristične svijetle boje mesa. Modifikacijom koncentracije CO_2 i O_2 omogućuje se usporavanje disanja, enzimske aktivnosti i oksidacije, a osim toga i usporavanje mikrobiološkog rasta (Kader, 2002; Brecht, 1995) i to zbog smanjenja udjela kisika i povećanja udjela ugljikovog dioksida u odnosu na normalnu atmosferu (Wiley, 1997). Osim korištenja modificirane atmosfere, prilikom skladištenja MPJ, potrebno je i održavanje snižene temperature koja ne bi trebala prelaziti 8 ºC. Brojni literaturni podaci prethodnih istraživanja pokazali su pozitivan utjecaj čuvanja jabuka u kontroliranoj atmosferi i pri sniženim temperaturama na očuvanje boje mesa jabuke.

Kako bi se svijetla boja mesa što bolje očuvala, uz snižene temperature i kontrolirani sastav atmosfere se preporuča korištenje predtretmana otopinama za sprječavanje enzimskog posmeđivanja. One mogu djelovati na enzim pomicanjem pH područja u ono koje nije optimalno za njegov rad ili kelatnim vezanjem tvari na prostetsku skupinu enzima, čime se on inaktivira. Osim toga, sredstva za sprječavanje posmeđivanja mogu djelovati i na supstrat, sprječavajući njegovu oksidaciju. U cilju sprječavanja posmeđivanja snižavanjem pH vrijednosti, najčešće se koriste limunska i askorbinska kiselina (Sapers i sur., 2001; Šubarić, 1999). Askorbinska kiselina, osim što snižava pH, djeluje i kao antioksidans (Lattanzio i sur., 1989). Ona se ireverzibilno oksidira u dehidroaskorbinsku kiselinu, pri čemu se nastali kinon reducira u fenol i sprječava nastajanje nepoželjnog dimera. Ona je prirodni sastojak jabuke te je i to jedan od razloga njene pogodnosti za operacije minimalnog procesiranja (Aguayo i sur., 2010). S druge strane, nedostatak njene primjene je kratkotrajan učinak (Son i sur., 2001). Limunska kiselina, osim što također snižava pH, direktno inhibira polifenol-oksidazu (Pizzocaro i sur., 1993) jer ima sposobnost kelatnog vezanja na fenolazu, čime onemogućuje

vezanje prostetske skupine - bakra. Ona je također prirodno prisutna u jabuci i sigurna za upotrebu (Son i sur., 1993).

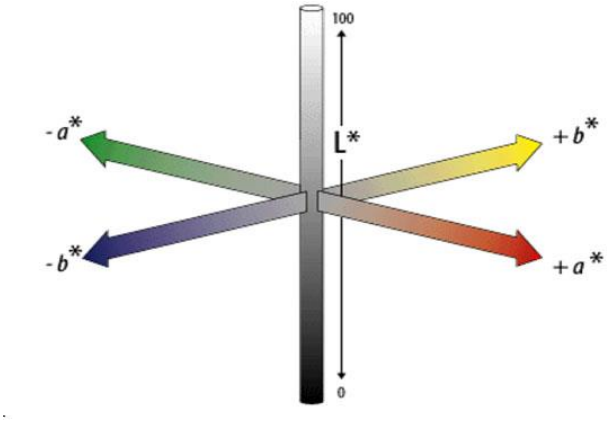
Osim navedenih kiselina, neka od ostalih sredstava koja se koriste su i natrijev klorid te kalcijeve soli. Prilikom korištenja natrijevog klorida, kloridni anion djeluje kao nekompetitivni inhibitor polifenol-oksidaze, a najčešće korištena kalcijeva sol u proizvodnji MPJ je kalcijev klorid (Son i sur., 1993), čija se efikasnost može povećati kombiniranjem s askorbinskom kiselinom (Tartoe i sur., 2007). Dobar potencijal za sprječavanje enzimskog posmeđivanja pokazuje i kalcijev askorbat (Aguayo i sur., 2010) te su rezultati istraživanja pokazali kako i oksalna kiselina vrlo uspješno sprječava neželjene promjene u boji svježe narezane jabuke (Son i sur., 2001).

2.4. Sustav mjerenja boje

Bez obzira što je promjena boje očita, postoji potreba da se boja i numerički izrazi i zato su razvijene metode za njeno instrumentalno određivanje. Danas se u tu svrhu za prehrambene proizvode najčešće koristi CIELAB metoda koja je ustanovljena od strane Commission Internationale de L'Eclairage (Lancaster i sur., 1997). Prema njoj se boja mjeri u trodimenzionalnom sustavu (L*, a*, b*) i to pomoću kolorimetra s mogućnošću određivanja čitavog vidljivog spektra.

Takvo mjerenje boje izražava se u L*a*b* vrijednostima. L* predstavlja svjetlinu, odnosno skalu sive boje, pri čemu je vrijednost 0 potpuno crna boja, a vrijednost 100 potpuno bijela. Parametar a* ima raspon vrijednosti od -100 do +100, gdje negativne vrijednosti označavaju približavanje zelenoj boji (vrijednost -100 predstavlja čistu zelenu boju), dok pozitivne vrijednosti označavaju približavanje crvenoj boji. Parametar b* ima isti raspon vrijednosti, gdje -100 označava čisto plavu, a +100 čisto žutu boju. Pomoću vrijednosti L*, a* i b* moguće je dobiti ΔE, odnosno ukupnu promjenu boje (Konica-Minolta, 1998). ΔE izračuna se po sljedećoj formuli:

$$\Delta E^* = \sqrt{\left(L^* - L^*_{ref}\right)^2 + \left(a^* - a^*_{ref}\right)^2 + \left(b^* - b^*_{ref}\right)^2}$$

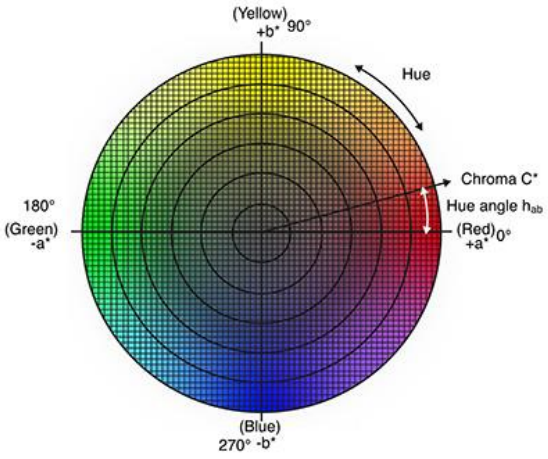


Slika 3. Određivanje boje u L*a*b* sustavu (izvor: http://www.mtk.nyme.hu/)

Kombinacijom parametara a* i b* dobivamo boju materijala, a boja koja se dobiva tom kombinacijom može se opisati sljedećom jednadžbom:

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

L*C*h sustav boja koristi isti princip kao i L*a*b* sustav boja, ali koristi cilindrične koordinate umjesto pravokutnih. U ovam sustavu boja, L* ukazuje na svjetlinu i to je isto kao u L*a*b* sustavu, C*je metrična kroma, a h je kut nijanse. Vrijednost h se izražava u stupnjevima; 0° predstavlja +a* (crveno), 90° predstavlja +b* (žuto), 180° predstavlja -a* (zeleno) i 270° predstavlja -b* (plavo).



Slika 4. Određivanje boje u L*C*h sustavu (Konica-Minolta, 1998)

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1.Materijal

Cilj ovog rada bio je ispitati stabilnost boje i teksture narezane jabuke, čuvane osam dana u kontroliranoj atmosferi, mjereći njihove promjene u navedenom periodu. Ispitivanje je provedeno u laboratorijskim uvjetima koristeći sortu Cripps Pink, skladištenjem uzoraka u priručnoj mini-pilot komori. Na temelju prethodnih istraživanja odabrana je sorta jabuke Cripps Pink zbog svojih poželjnih senzorskih osobina i zadovoljavajuće stabilnosti tijekom skladištenja..

Plodovi jabuke Cripps Pink nabavljeni su 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 prosječnom razinom kisika oko 10,5 %, te CO_2 oko 11,5 % i pri temperaturi između 4 i 6 °C.

3.2.Pregled pokusa

Plodovi jabuka (oko 2 kilograma) najprije su oprani te oguljeni i korištenjem ručne rezačice, pri čemu je uklonjena i sjemena loža, prerezani na 8 krišaka, koje su zatim prepolovljene. Tako narezane jabuke stavljene su u odgovarajuću prihvatnu posudu smještenu unutar komore za skladištenje.

Sastav atmosfere tijekom provođenja ispitivanja prikazan je u tablici 3.

Uzorci za analizu izuzimani su prvi, drugi, treći, peti i osmi dan, tj. nakon 24, 48, 96 i 168 sati. Obzirom da narezana jabuka vidno tamni u prvim minutama nakon rezanja, za mjerenja je uzet i uzorak 20 minuta nakon guljenja te predstavlja referentni, odnosno, početni uzorak koji ulazi na skladištenje. Osim toga, ispitivanje se izvršilo i na uzorku odmah po završetku guljenja (0 minuta stajanja) te na uzorku koji je stajao pet dana u normalnoj atmosferi pri 8 ^oC u hladnjaku (120 sati) da se ispita koliki je utjecaj kontrolirane atmosfere na boju i teksturu narezane jabuke.

Tablica 3. Sastav atmosfere tijekom 8 dana

Dan skladištenja	Vrijeme	O_2 (%)	CO_2 (%)
Prvi	14:00	13,0	8,9
	14:40	11,2	10,3
	15:05	10,8	11,2
	15:40	9,9	12,0
Drugi	11:00	14,3	7,9
	12:50	13,3	8,9
	14:15	9,3	12,9
Treći	10:30	14,4	8,4
	14:15	12,1	10,1
	14:40	11,4	10,8
Četvrti	11:40	11,5	10,8
	12:00	9,8	11,2
	12:05	9,2	12,7
Peti	10:30	11,6	11,3
Osmi	10:15	11,2	11,5

3.3.Metode rada

3.3.1. Metoda određivanja sastava atmosfere

Princip određivanja

Udio kisika mjeren je uređajem Oxybaby M+. Princip određivanja plinova pomoću navedenog uređaja temelji se na selektivnoj apsorpciji pojedinih sastojaka u odgovarajućim apsorpcijskim sredstvima. Udio kisika mjeri se na principu redoks reakcije u elektrokemijskoj ćeliji, dok se ugljikov dioksid određuje IR-apsorpcijom. Udio pojedinih plinova izražava se u volumnim postocima (Anon. 6)

Aparatura i pribor

- Oxybaby M+

Postupak određivanja

Analiza koncentracije kisika i ugljikovog dioksida provedena je pomoću navedenog uređaja (Oxybaby M+). Na mjernom kraju instrumenta nalazi se igla koja se za vrijeme mjerenja postavila na izlaz cijevi skladišnog prostora. Najprije se pričekalo par sekundi da se na tom

dijelu cijevi uspostavi sastav atmosfere koji odgovara sastavu unutrašnjosti prostora skladištenja, a zatim su se očitali udjeli pojedinih plinova. Ta cijev je za vrijeme čuvanja proizvoda zatvorena čepom koji ne dopušta ulazak atmosferskog zraka u prostor čuvanja jabuka, a otvara se samo za vrijeme određivanja koncentracije plinova.

3.3.2. Metoda određivanja boje

Princip određivanja

U svrhu objektivnog određivanja boje se koristio kolorimetar s mogućnošću određivanja čitavog vidljivog spektra, a takvo mjerenje se izražava u L*a*b* vrijednostima. Uređaj radi na principu mjerenja stupnja reflektirane svjetlosti od mjerne površine (Konica-Minolta, 1998).

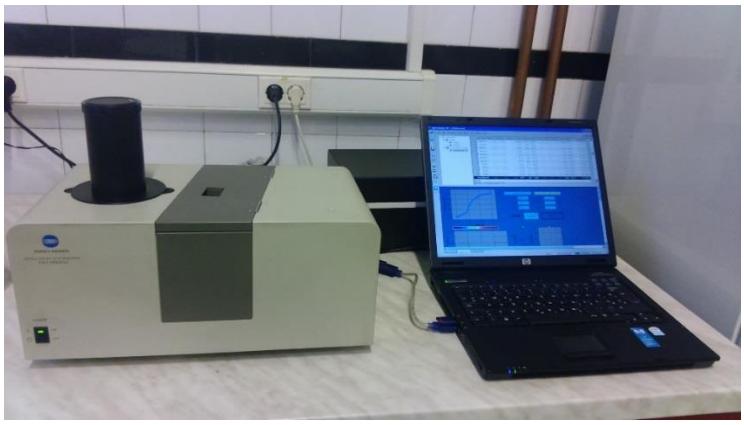
Aparatura i pribor

- kolorimetar CM-350d

Postupak određivanja

Određivanje boje uzoraka vršilo se difuzno reflektirajućom spektrofotometrijom na kolorimetru CM-350d (Konica-Minolta, 1998) prikazanom na slici 6. Izvor svjetla bila je pulsirajuća ksenon lampa koja je dizajnirana da daje standardni izvor svjetla D65. Neovisno o valnoj duljini svjetlo reflektirano od uzoraka se sakuplja 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). U programu Spectramagic NX (Konica-Minolta, 1998) su se podesile sve potrebne postavke. Sva mjerenja vršena su u SCE (Specular Component Excluded) modu.

Kriška jabuke postavila se tako da prekriva cijeli otvor te se otvor zatim poklopio valjkom potpuno crne boje i maksimalne apsorpcije svjetlosti. Kao rezultat dobivene su L*, a*, b*, C* i h vrijednosti. Svako mjerenje ponovilo se pet puta te je izračunata srednja vrijednost i standardna devijacija.



Slika 6. Kolorimetar CM-350d

Izračun

Na temelju rezultata se izračuna ΔE po formuli:

$$\Delta E^* = \sqrt{\left(L^* - L^*_{ref}\right)^2 + \left(a^* - a^*_{ref}\right)^2 + \left(b^* - b^*_{ref}\right)^2}$$

- L^* - svjetlina boje ispitivanog uzorka
  L^*_{ref} - svjetlina boje referentnog uzorka
  $(L^* - L^*_{ref})$ - svjetlina
- a^* - parametar boje ispitivanog uzorka
  a^*_{ref} - parametar boje referentnog uzorka
  $(a^* - a^*_{ref})$ - udio crvene boje
- b^* - parametar boje ispitivanog uzorka
  b^*_{ref} - parametar boje referentnog uzorka
  $(b^* - b^*_{ref})$ - udio plave boje

c* se dobiva po formuli:

$$c^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

- c^* - metrična kroma
- a^* - numerička vrijednost boje u L*a*b* sustavu
  b^* - numerička vrijednost boje u L*a*b* sustavu

3.3.3. Metoda određivanja teksture

Princip određivanja

Određivanje teksture proizvoda pomoću analizatora teksture zasniva se na rastezanju ili tlačenju materijala, ovisno o konkretnom testu. Mjerni senzor istovremeno prati otpor koji se javlja u materijalu uslijed prodiranja alata kroz njega. Senzor zatim povratnom vezom javlja radne parametre upravljačkoj jedinici, a oni se kasnije grafički prikazuju.

Ispitivanje prodiranjem je tehnika koja se izvodi tako da se mjeri sila potrebna za ulazak sonde na određenu dubinu. Pri tome test uključuje kompresiju i smicanje materijala koji se ispituje. U ovisnosti o korištenoj sondi, test simulira zagriz u prehrambeni materijal (Bourne, 1966).

Aparatura i pribor

- analizator teksture TA.HDPlus

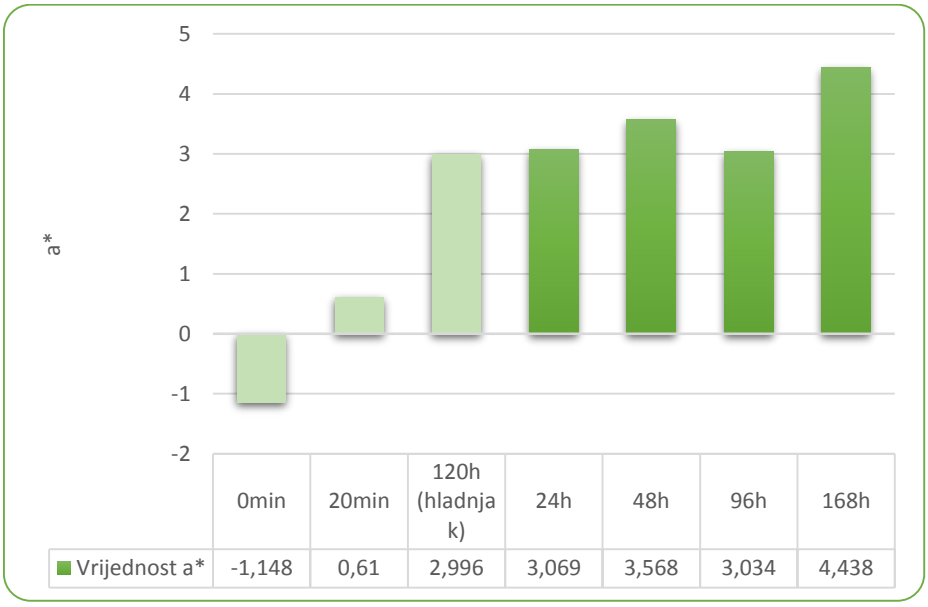
Postupak određivanja

Analiza teksture provedena je na instrumentalnom analizatoru teksture TA.HDPlus (Stable Micro Systems, Velika Britanija) koji je prikazan na slici 7. Uzorci su postavljeni na metalnu podlogu, te je na uređaj postavljena sonda koja prodire u ispitivani materijal. Svako mjerenje provedeno je pet puta, tj. uzimanjem po pet komadića jabuke za svaku analizu. Na osnovu dobivenih rezultata iz krivulja, izračunata je tvrdoća uzorka korištenjem programa Texture Exponent 5.0 (Stable Micro Systems, Velika Britanija).

Slika 7. Analizator teksture TA.HDPlus

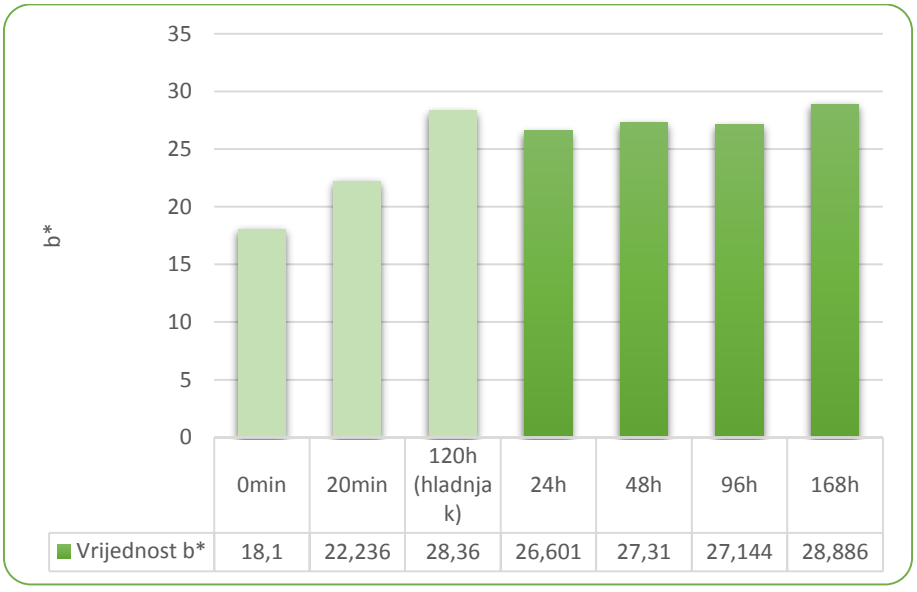
4. REZULTATI

Na sljedećim slikama prikazani su grafovi koji prate promjene boje i teksture uzoraka u ovisnosti o vremenu. Stupci obojani svjetlijom bojom predstavljaju uzorke koji nisu bili izloženi kontroliranoj atmosferi, dok tamniji prikazuju uzorke skladištene u kontroliranoj atmosferi.



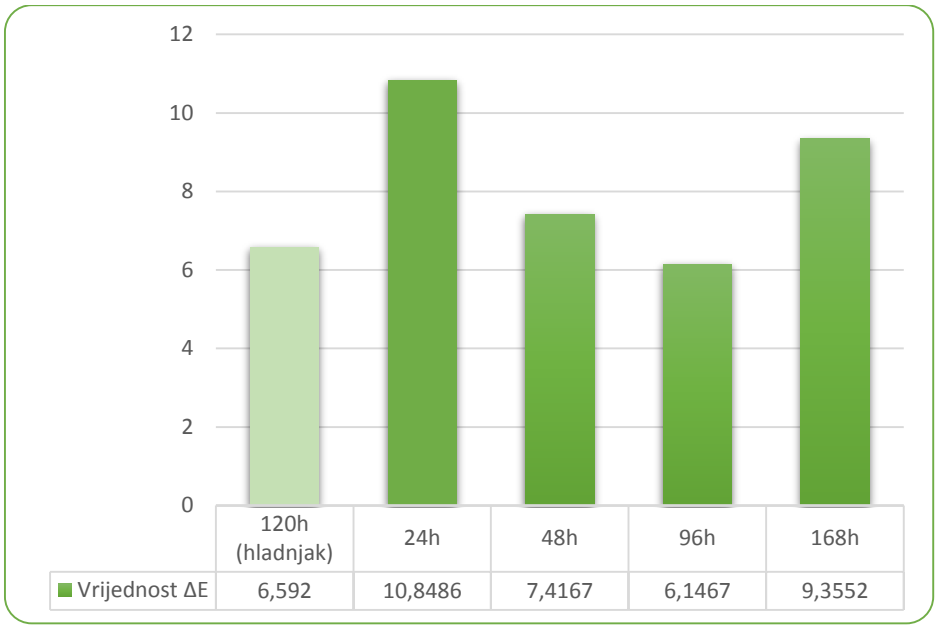
- Stupci obojani svjetlijom bojom predstavljaju uzorke koji nisu bili izloženi kontroliranoj atmosferi

Slika 8. Promjena parametra a* u ovisnosti o vremenu



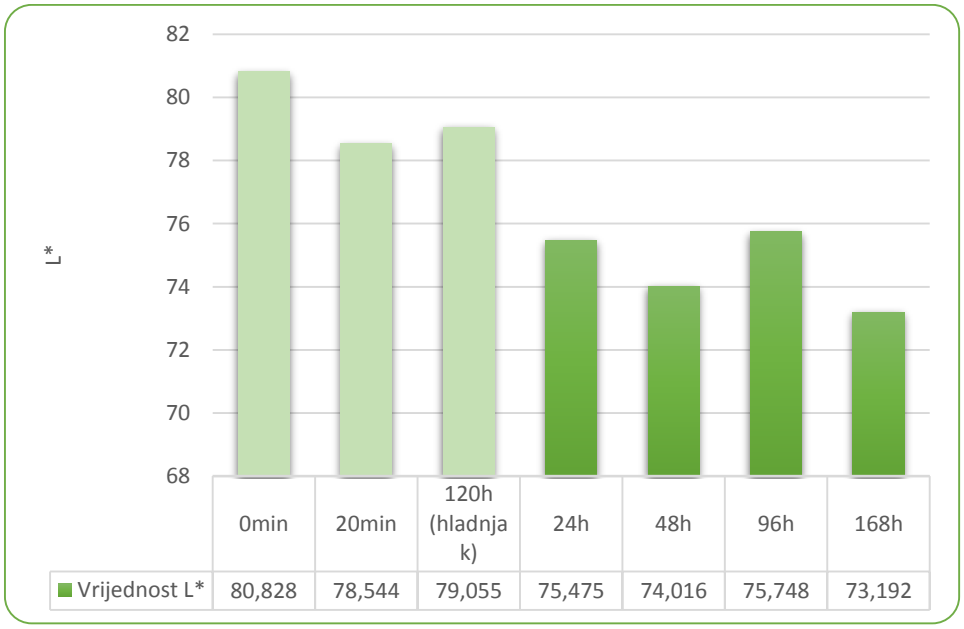
- Stupci obojani svjetlijom bojom predstavljaju uzorke koji nisu bili izloženi kontroliranoj atmosferi

Slika 9. Promjena parametra b* u ovisnosti o vremenu



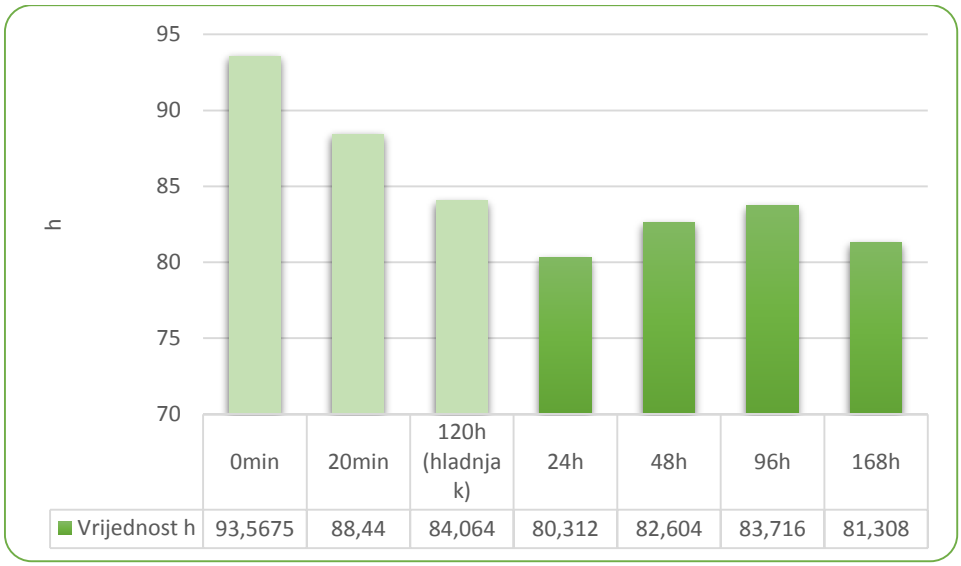
- Stupci obojani svjetlijom bojom predstavljaju uzorke koji nisu bili izloženi kontroliranoj atmosferi

Slika 10. Promjena ΔE u ovisnosti o vremenu



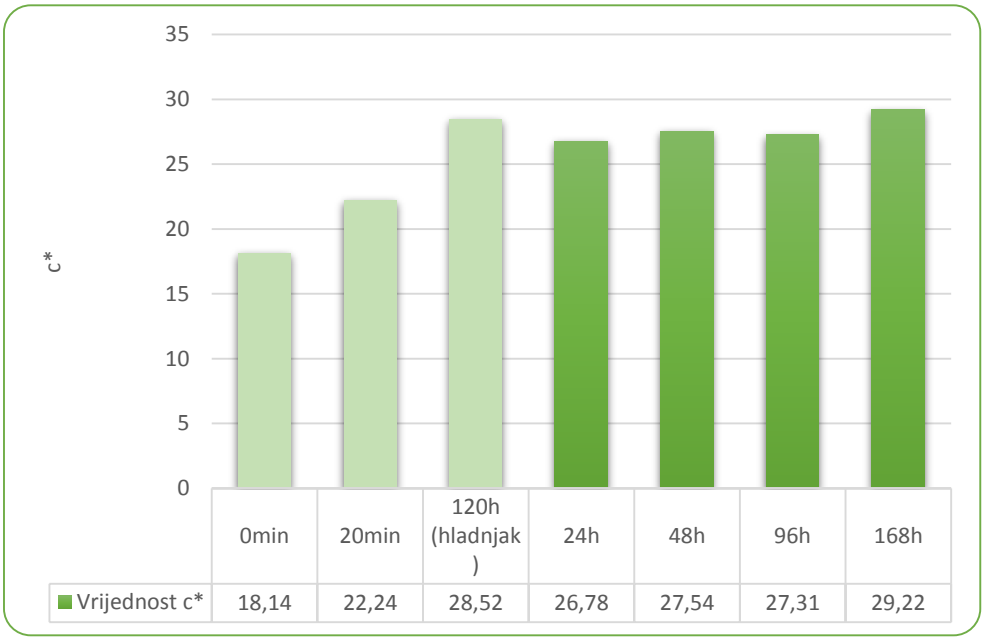
- Stupci obojani svjetlijom bojom predstavljaju uzorke koji nisu bili izloženi kontroliranoj atmosferi

Slika 11. Promjena L* u ovisnosti o vremenu



- Stupci obojani svjetlijom bojom predstavljaju uzorke koji nisu bili izloženi kontroliranoj atmosferi

Slika 12. Promjena h u ovisnosti o vremenu



- Stupci obojani svjetlijom bojom predstavljaju uzorke koji nisu bili izloženi kontroliranoj atmosferi

Slika 13. Promjena c* u ovisnosti o vremenu

Slika 14. Promjena teksture u ovisnosti o vremenu

5. RASPRAVA

U ovom istraživanju željela se ispitati prikladnost priručne mini-pilot komore za skladištenje minimalno procesirane jabuke. Prilikom provedbe istraživanja naišlo se na problem prodiranja O_2 u skladišni prostor, čime njegova koncentracija nije bila dovoljno niska niti ujednačena. To se vidi iz rezultata mjerenja udjela O_2 i CO_2 prikazanih u tablici 3. Na početku provođenja ispitivanja dolazilo je do povećanja udjela O_2 u komori zbog neadekvatne izvedbe hermetičnosti cjelokupne komore. Navedeni problem pokušavao se riješiti kompjuterskim podešavanjem programa punjenja skladišnog prostora plinom iz boce sastava 80 % N_2 i 20 % CO_2. U prvim danima skladištenja svakodnevno se vršilo mjerenje sastava atmosfere te intenzivno zaplinjavanje dok se udio O_2 ne bi smanjio na vrijednost približno barem 10 %. Međutim, izuzev u tim kratkim periodima prikazanim u tablici 3 za prvi, drugi, treći i četvrti dan tijekom ostalog vremena skladištenja vršena je samo programirana automatska kontinuirana periodička provjera, a korekcija programa za održavanje sastava atmosfere dodatno se podešavala iz dana u dan kako bi se postigao što niži i konstantan udio O_2. To je djelomično postignuto 4. dan, te je do kraja skladištenja udio O_2 i CO_2 ostao konstantan pa nije bilo potrebno provoditi intenzivno zaplinjavanje i korekciju programa što se vidi iz rezultata u tablici 3..

Osim uvjeta skladištenja, za proizvodnju MPJ od velike je važnosti odabir sorte. Ona primarno mora biti senzorski prihvatljiva, ali mora imati i zadovoljavajuće fizikalno-kemijske karakteristike. Mnoga istraživanja pokazuju kako je sorta Cripps Pink jedna od najbolje senzorski ocjenjenih (Hampson i sur., 2007; Gatti i sur., 2011). Osim toga, važan faktor prilikom odabira sorte je osjetljivost na enzimsko posmeđivanje, a Rocculi i sur. (2006) navode kako je upravo sorta Cripps Pink jedna od sorata sa smanjenom osjetljivošću na posmeđivanje. Stabilnost MPJ tijekom skladištenja praćena je mjerenjem boje i teksture.

Uzorci za analizu izuzimani su prvi, drugi, treći, peti i osmi dan, tj. nakon 24, 48, 96 i 168 sati. Obzirom da narezana jabuka vidno tamni u prvim minutama nakon rezanja za mjerenja je uzet i uzorak 20 minuta nakon guljenja te predstavlja referentni, odnosno, početni uzorak koji je stavljen na skladištenje. Osim toga, ispitivanje se izvršilo i na uzorku odmah po završetku guljenja (0 minuta stajanja) te na uzorku koji je stajao pet dana u neizmijenjenoj atmosferi (normalnoj atmosferi tj. zraku) pri 8 ^oC u hladnjaku (120 sati) da se ispita koliki je utjecaj kontrolirane atmosfere na boju i teksturu narezane jabuke. Ta tri uzorka će se u daljnjem tekstu nazivati kontrolni uzorci. Rezultati mjerenja boje i teksture prikazani su grafički i prva tri stupca

za razliku od ostalih predstavljaju te kontrolne uzorke tj. uzorke koji nisu bili izloženi atmosferi sniženog udjela O_2 i povećanog udjela CO_2.

Slika 8. prikazuje vrijednosti parametra a*. Vidljivo je da do značajne promjene dolazi već nakon 20 minuta stajanja kada je parametru a* izmjerena pozitivna vrijednost, za razliku od negativne vrijednosti u 0-tom vremenu neposredno nakon guljenja. Nakon 24 sata, bez obzira na skladištenje u uvjetima sniženog udjela O_2, dodatno je došlo do porasta a* vrijednosti (5,124). Pozitivne vrijednosti označavaju prisustvo crvene boje. Tijekom daljnjeg vremena skladištenja ne dolazi do daljnjeg porasta a* vrijednosti, dapače vrijednosti su čak neznatno niže. Zanimljivo je primijetiti da uzorak skladišten 120 sati u hladnjaku u neizmijenjenoj atmosferi ima izmjerenu manju a* vrijednost od svih uzoraka skladištenih u kontroliranoj atmosferi. Takve vrijednosti parametra a* upućuju da moguće O_2 nije presudan čimbenik u procesu posmeđivanja narezane jabuke Cripps Pink.

Slika 9. prikazuje vrijednosti parametra b* tijekom osam dana skladištenja. Ovdje je također vidljiv porast već nakon 20 minuta, ali i nakon 24 sata, nakon čega se više bitno ne mijenja. Porast vrijednosti označava prisustvo žute boje.

Slika 11. prikazuje svjetlinu uzorka. Iz grafa je vidljivo da se svjetlina smanjuje stajanjem. Prvi pad vrijednosti je uočen već nakon 20 minuta te i nakon toga površina skladištenih uzoraka postupno tamni. I u ovom slučaju L* vrijednost za uzorak skladišten u hladnjaku ima različit iznos od svih uzoraka skladištenih u kontroliranoj atmosferi, tj. ima najveći iznos (79,055) što znači da je taj uzorak najsvjetliji. Takve vrijednosti parametra L* također upućuju da moguće O_2 nije presudan čimbenik u procesu posmeđivanja narezane jabuke Cripps Pink.

Na slici 12. vidljiv je značajan pad vrijednosti parametra h uzoraka skladištenih u hladnjaku i kontroliranoj atmosferi u odnosu na prva dva kontrolna uzorka. Ovdje je također vidljiv nešto veći iznos navedenog parametra za uzorak skladišten u hladnjaku (84,064) nego za ostale uzorke skladištene u kontroliranoj atmosferi.

Vrijednosti parametra C* prikazane na slici 13. ukazuju na porast vrijednosti već nakon 20 minuta te nakon toga i za skladištene uzorke. Uzorci držani i u hladnjaku i u kontroliranoj atmosferi imaju veću vrijednost parametra C* od prva dva kontrolna uzorka. Vrijednost C* za uzorak iz hladnjaka je slična vrijednosti za uzorak skladišten 24 sata u kontroliranoj atmosferi te se ta vrijednost postignuta nakon 24 sata skladištenja značajno ne mijenja daljnim stajanjem.

Prethodnim istraživanjima (Soliva-Fortuny i sur., 2002; Rojas-Grau i sur., 2006) varijabla ΔE* pokazala se najboljim parametrom za praćenje posmeđivanja. Na slici 10. prikazane su vrijednosti ΔE* za uzorke analizirane drugi, treći, peti i osmi dan, odnosno nakon 24, 48, 96 i 168 sati skladištenja. Također, prikazana je i vrijednost ΔE* za uzorak koji je stajao 120 sati u hladnjaku. Prilikom računanja, kao referentne vrijednosti su uzete vrijednosti dobivene analizom uzorka koji je stajao 20 minuta na atmosferskom zraku, s obzirom na to da taj uzorak predstavlja početni uzorak koji ulazi na skladištenje. Značajnija promjena boje je uočena nakon 24 sata skladištenja i iznosi 10,85. Sličan trend uočili su Rocha i Morais (2003), koji navode da u prvoj fazi, do trećeg dana skladištenja dolazi do naglog posmeđivanja, odnosno smanjenja L* vrijednosti i povećanja a* vrijednosti, nakon čega se one ne mijenjaju značajno do kraja skladištenja. To je u skladu sa grafom na slici 10. na kojem je vidljivo da nakon 24 sata nema značajnijeg porasta vrijednosti ΔE, dapače vrijednosti su niže. Zanimljivo je primijetiti da i u ovom slučaju ΔE za uzorak skladišten u hladnjaku ima gotovo najmanji iznos (6,59) od svih uzoraka skladištenih u kontroliranoj atmosferi (najmanji iznos izmjeren je na uzorku nakon 96 sati skladištenja (6,15)).

Prema literaturnim navodima, posmeđivanje jabuke nastupa gotovo trenutno kada se jabuka oguli, tj. kada se ošteti njena stanična struktura te enzim i supstrat stupe u kontakt (Espín i sur., 1998). Naglo posmeđivanje uočili su i Lozano-de-Gonzales i sur. (1993). Premda graf koji je prikazan na slici 10. ne prikazuje vrijednost ΔE* za uzorak ostavljen 20 minuta na atmosferskom zraku jer on u izračunu predstavlja referentni, za usporedbu s navedenim literaturnim podacima izračunata je i ta vrijednost. Prilikom računanja, kao referentne vrijednosti su korištene vrijednosti parametara uzorka analiziranog neposredno nakon guljenja. Dobivena vrijednost ΔE* iznosi 5,041 što je u skladu s literaturom, tj. vidljivo je da iako je vrijednost manja od ostalih uzoraka, već u prvih 20 minuta nakon guljenja dolazi do vidljive promjene boje. Navedeni problem mogao bi se pokušati smanjiti primjenom antioksidanasa.

Iz grafa sa slike 14.koji prikazuje promjenu tvrdoće komadića jabuke tijekom skladištenja je vidljivo inicijalno smanjenje tvrdoće u prvih 20 minuta stajanja na atmosferskom zraku, ali malog iznosa. Vrijednosti tvrdoće za kontrolni uzorak (20 minuta stajanja) i uzorak analiziran nakon 24 sata skladištenja su poprilično bliske te nakon daljnjeg skladištenja uočavamo porast tvrdoće i maksimalnu vrijednost za uzorak analiziran nakon 48 sati skladištenja (4,505). Time se pokazalo da ne samo da skladištenjem u kontroliranoj atmosferi nije došlo do značajnog smanjenja tvrdoće, nego je na čak dva uzorka (48 i 168 sati) izmjerena veća vrijednost nego za kontrolne uzorke. Usporedbom nekoliko sorti, Corrigan i sur. su uočili da je sorta Cripps Pink

tvrđa od sorte Fuji, koja je poznata po svojoj čvrstoj strukturi (Vujević i sur., 2011). Iako je vrijednost za tvrdoći kontrolnog uzorka nakon 120 sati stajanja u hladnjaku bila slična vrijednosti uzoraka u kontroliranoj atmosferi, taj je uzorak bio vidno smežuran i dehidratiran s blago izraženim površinskim dehidratiranim slojem. Pretpostavka je da je upravo taj otvrdnuti površinski sloj razlog sličnim vrijednostima uzoraka.

Ovim istraživanjem potvrđen je potencijalno pozitivan učinak snižene temperature i kontroliranog sastava atmosfere sa smanjenim udjelom kisika u prostoru skladištenja na održivost MPJ. Naglasak je stavljen na riječ „potencijalno“ jer smo tijekom istraživanja naišli na problem prodiranja kisika u skladišni prostor, čime njegova koncentracija nije bila dovoljno niska. Osim toga, uzorci nisu bili tretirani sredstvima za očuvanje boje i trajnosti koja su prema literaturnim podacima navedena kao efikasan način za sprječavanje posmeđivanja. Pošto najveći problem prilikom skladištenja MPJ predstavlja upravo promjena boje uzrokovana enzimskim posmeđivanjem, osim uspostavljanja modificirane atmosfere, važno je obratiti pažnju i na primjenu navedenih sredstava prije stavljanja plodova na skladištenje.

6. ZAKLJUČAK

Na temelju podataka dobivenih mjerenjem boje i teksture minimalno procesirane jabuke Cripps Pink skladištene osam dana u kontroliranim uvjetima atmosfere i kontrolnih uzoraka, moguće je zaključiti da:

1. Značajne promjene u boji mesa vidljive su već nakon 20 minuta od rezanja ploški jabuke, točnije: dolazi do porasta a* vrijednosti i time približavanja crvenoj boji; smanjenja svjetline (L* vrijednosti); povećanja b* vrijednosti i time približavanja žutoj boji; povećanja ukupne razlike obojanosti (ΔE).
2. Tijekom prvih 24 sata bez obzira na uvjete sniženog udjela O_2 i povećanog udjela CO_2 zamijećena je daljnja značajna promjena u boji ploški (ΔE), nakon čega se ona značajno ne mijenja (nema tako velikog porasta) do osmog dana kada je iznos promjene sličan onom izmjerenom drugi dan.
3. Čini se da O_2 nije presudan čimbenik u procesu posmeđivanja narezane jabuke Cripps Pink jer su promjene boje kontrolnog uzorka skladištenog 120 sati u neizmijenjenoj atmosferi slične onima koje doživljavaju uzorci skladišteni u kontroliranoj atmosferi.
4. Skladišteni uzorci zadržali su inicijalnu tvrdoću tijekom cijelog perioda skladištenja, na što ukazuju vrlo bliske vrijednosti izmjerene prvi i osmi dan.
5. Bez obzira na probleme održavanja sastava atmosfere, čuvanje ploški jabuke u priručnoj mini-pilot komore doprinijelo je očuvanju teksture istih. Ovim istraživanjem postignuto je značajno bolje očuvanje teksture nego boje, što ukazuje na potrebu korištenja sredstava protiv posmeđivanja.
6. Sustav održavanja potrebnog sastava atmosfere u priručnoj mini-pilot komore potrebno je još dodatno unaprijediti.
7. Ovo istraživanje potvrdilo je adekvatnost sorte Cripps Pink za minimalno procesiranje, jer nije uočen niti trend kontinuiranog pada niti trend kontinuiranog porasta parametara boje i tvrdoće tijekom osam dana skladištenja.

7. LITERATURA

1. 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. Technol.* **57**, 52-60.
2. Annonymus 1. <http://www.columbiafruit.com> Pristupljeno 3.6.2016.
3. Annonymus 2. <http://www.countryfreshinc.com/> Pristupljeno 14.5.2016.
4. Annonymus 3. <http://www.mtk.nyme.hu/> Pristupljeno 11.4.2016.
5. Annonymus 4. <http://www.petersonfarmsinc.com/> Pristupljeno 10.5.2016.
6. Annonymus 5. <http://sensing.konicaminolta.us/> Pristupljeno 26.6.2016.
7. Annonymus 7. <http://www.agroklub.com/vocarstvo/nove-kasne-sorte-jabuka/5811/>
8. Anonnymus 6. <http://www.oxybaby.com/> Pristupljeno 26.6.2016.
9. Awad, M. A., Jager, A., Westing, L. M. (2000) Flavonoid and chlorogenic acid levels in apple fruit: characterisation of variation. *Scientia Horticulturae* **83**, 249-263.
10. Bourne, M.C. (1966) Measure of Shear and Compression Components of Puncture Tests, *J. Food Sci.* 31, 282-291.
11. Boyer, J., Liu, R. (2004) Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutr. J.* **3**, 5.
12. Brecht, P. E. (1995) Use of controlled atmospheres to retard deterioration of fresh produce. *Food Technol.* **34**, 45.
13. Brnčić, M., Tripalo, B., Ježek, D., Semenski, D., Drvar, N. (2006) Effect of twin-screw extrusion parameters on mechanical hardness of direct-expanded extrudates, *Sadhana* 31, 527-536.
14. Buta, J. G., Moline, H. E., Spaulding, D. W., Wang, C. Y. (1999) Extending storage life of freshcut apples using natural products and their derivatives. *J. Agric. Food Chem.* **47**, 1-6.
15. Cantwell, M. I., Suslow, T. V. (2002) Postharvest Handling Systems: Fresh-Cut Fruits and Vegetables. U: *Postharvest Technol. Hortic. Crops*, 3. izd. (Kader, A. A., ured.), University of California, Oakland, California, 445-465.
16. Castro, E., Barrett, D. M., Jobling, J., Mitchama, E. J. (2008) Biochemical factors associated with a CO2-induced flesh browning disorder of Pink Lady apples. *Postharvest Biol. Technol.* **48**.
17. Ceymann, M., Arrigoni, E., Scharer, H., Nising, A. B., Hurrell, R. F. (2012) Identification of apples rich in health-promoting flavan-3-ols and phenolic acids by measuring the polyphenol profile. *J. Food Composition and Analysis* **26**, 128-135.

18. Cliff, M. A., Toivonen, P. M. A., Forney, C. F., Liu, P., Lu, C. W. (2010) Quality of fresh-cut apple slices stored in solid and micro-perforated film packages having contrasting O-2 headspace atmospheres. *Postharvest Biol. Technol.* **58**, 254-261.
19. Corrigan, V. K., Hurst, P. L., Boulton, G. (1997) Sensory characteristics and consumer acceptability of 'Pink Lady' and other late-season apple cultivars. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* **25**, 375-383.
20. Del Valle, J. M., Aránguiz, V., León, H. (1998) Effects of blanching and calcium infiltration on PPO activity texture, microstructure and kinetics of osmotic dehydration of apple tissue. *Food Research International* **31**, 557-569.
21. Drake, S. R., Elfving, D. C., Eisele, T. A. (2002) Harvest maturity and storage affect quality of "Cripps pink" (Pink Lady®) apples. *HortTechnology* **12**, 388-391.
22. Espín, J. C., García-Ruiz, P. A., Tudela, J., Varón, R., García-Cánovas, F. (1998) Monophenolase and diphenolase reaction mechanisms of apple and pear polyphenol oxidases. *J. Agric. Food Chem.* **46**, 2968-2975.
23. Fennema, O.R. (1985) Food Chemistry, Marcel Dekker, Inc, New York, str. 557-564.
24. Garcia, E. L., Barrett, D. M. (2002) Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables. U: *Fresh-cut fruits and vegetables: Science technology, and market* (Lamikanra, O., ured.), CRC Press, 267-303.
25. Gatti, E., Di Virgilio, N., Magli, M., Predieri, S. (2011) Integrating sensory analysis and hedonic evaluation for apple quality assessment. *Journal of Food Quality* **34**, 126-132.
26. Glenn, G. M., Poovaiah, B. W. (1985) Cuticular permeability to calcium compounds in Golden Delicious' apple fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science* **110**, 192-195.
27. Gliha, R., (1978) Sorte jabuka u suvremenoj proizvodnji. Radničko sveučilište. Moša Pijade. Zagreb, 41-43.
28. Gorris, L., & Tauscher, B. (1999). Quality and safety aspects of novel minimal processing technology. In F. A. R. Oliveira, & J. C. Oliveira (Eds.). Processing of foods: Quality optimisation and process assessment, Boca Raton, USA: CRC Press. 325–339.
29. Hampson, C., McNew, R., Crassweller, R., Greene, D., Miller, S., Berkett, L., Garcia, M. E., Azarenko, A., Linds-Rrom, T., Stasiak, M., Cowgill, W., Greene, G. (2007) Performance of apple cultivars in the 1999 NE-183 regional project planting. III. Fruit sensory characteristics. *Journal of the American Pomological Society* **61**, 115-126.

30. Holderbaum, D. F., Kon, T., Kudo, T., Guerra, M. P. (2010) Enzymatic Browning, Polyphenol Oxidase Activity, and Polyphenols in Four Apple Cultivars: Dynamics during Fruit Development. *Hortsci.* **45**, 1150-1154.
31. Hrvatsko tržište jabuka <http://hcpm.agr.hr/> Pristupljeno 26.6.2016.
32. James, H. J. (2007) Understanding the flesh browning disorder of 'Cripps Pink' apples, Faculty of Agriculture, Sydney, Australia.
33. Jiang, Y. (2004) Advances in understanding of enzymatic browning in harvested litchi fruit. *Food Chem*. 88: 443-446.
34. Kader, A. A. (2002) Modified Atmospheres during Transport and Storage. U:
35. 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.
36. Kilcast, D. (2004) Texture in Food
37. 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.
38. Komthong, P., Katoh, T., Igura, N., Shimoda, M. (2006) Changes in our odours of apple juice during enzymatic browning. *Food Quality and Reference* 17: 497-504.
39. Konica-Minolta (1998), *Precise color communication: Color control from perception to instrumentation*. Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka.
40. Lamikanra, O. (ed). 2002. Fresh-cut Fruits and Vegetables. Science, Technology and Market. CRC Press, Boca Raton.
41. Lancaster, J. E., Lister, C. E., Reay, P. F., Triggs, C. M. (1997) Influence of pigment composition on skin color in a wide range of fruit and vegetables. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 122, 594-598.
42. Landi, M., Degl'Innocenti, E., Guglielminetti, L., Guidi, L. (2013) Role of ascorbic acid in the inhibition of polyphenol oxidase and the prevention of browning in different browning-sensitive Lactuca sativa var. capitata (L.) and Eruca sativa (Mill.) stored as fresh-cut produce. *J. Sci. Food Agric.* **93**, 1814-1819.
43. Lata, B., Trampczynska, A., Paczesna, J. (2009) Cultivar variation in apple peel and whole fruit phenolic composition. *Scientia Horticulturae* **121**, 176-181.

44. Lattanzio, V., Linsalata, V., Palmieri, S., Van Sumere, C. F. (1989) The beneficial effect of citric and ascorbic acid on the phenolic browning reaction in stored artichoke (Cynara scolymus L.) heads. *Food Chem.* **33**, 93-106.
45. Lee, D. S., Haggar, P. E., Lee, J., Yam, K. L. (1991) Model for fresh produce respiration in modified atmospheres based on principles of enzyme kinetics. *J. Food Sci.* **56**, 1580-1585.
46. Lee, K. W., Kim, Y. J., Kim, D., Lee, H. J., Lee, C. Y. (2003) Major phenolics in apple and their contribution to the total antioxidant capacity. *J. Agric. Food Chem.* **51**, 6516-6520.
47. Levaj, B., Fresh cut" voće i povrće – izazov sadašnjosti i budućnosti, autor: Branka Levaj, <http://www.festivalznanosti.hr/> Pristupljeno 14.5.2016.
48. Lozano-de-Gonzalez, P., Barrett, D. M., Wolstad, R. E., Durst, R. W. (1993) Enzymatic browning inhibited in fresh and dried apple rings by pineapple juice. *J. Food Sci.* **58**, 399.
49. Mohsenin, N. N. (1986) Physical Properties of Plant and Animal Materials, 2. izd., Gordon and Reach Science Publishers, New York.
50. Nove kasne sorte jabuka, autor: Skendrovic, B.M. (2013)
51. Olivas, G. I., Mattinson, D. S., Barbosa-Canovas, G. V. (2007) Alginate coatings for preservation of minimally processed 'Gala' apples. *Postharvest Biology and Technology* **45**, 89-96.
52. Pigmenti, autor: Midhat Jašić, <http://www.tehnologijahrane.com/> Pristupljeno 25.6.2016.
53. Pizzocaro, F., Torreggiani, D., Gilardi, G. (1993) Inhibition of Apple Polyphenoloxidase (Ppo) by Ascorbic-Acid, Citric-Acid and Sodium-Chloride. *Journal of Food Processing and Preservation* **17**, 21-30.
54. Poovaiah, B. W. (1986) Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. *Food Technol.* **40**, 86-89.
55. Poovaiah, B. W., Glenn, G. M., Reddy, A. S. N. (1988) Calcium and fruit softening. *Physiol. Biochem. Hortic. Review* 107-154.
Postharvest Technology of Horticultural Crops, 3. izd. (Kader, A. A., ured.), University of California, Oakland, California, 135-145.
56. Pravilnik o kakvoći voća i povrća (2008) *Narodne novine* **114**, Zagreb (NN 114/2008)

Pristupljeno 22.4.2016.

57. Razvoj crvene boje na jabukama, autor: Tomislav Soldo, dipl.ing., <http://www.agroklub.com/> Pristupljeno 27.5.2016.
58. Rico, D., Martín-Diana, A. B., Barat, J. M., Barry-Ryan, C. (2007) Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: A review. *Trends in Food Science and Technology* **18**, 373-386.
59. Rocculi, P., Del Nobile, M. A., Romani, S., Baiano, A., Rosa, M. D. (2006) Use of a simple mathematical model to evaluate dipping and MAP effects on aerobic respiration of minimally processed apples. *J. Food Eng.* **76**, 334-340.
60. 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.
61. 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.
62. Sapers, G. M., Hicks, K. B., Miller, R. L. (2001) Browning agents. U: *Food Additives*, 2.izd. (Branen, A. L., Davidson, P. M., Salminen, S., Thorngate, J., ured.), CRC Press, New York, 574-596.
63. Soliva-Fortuny, R. C., Oms-Oliu, G., Martin-Belloso, O. (2002) Effects of ripeness stages on the storage atmosphere, color, and textural properties of minimally processed apple slices. *J. Food Sci.* **67**, 1958-1963.
64. Son, S.M., Moon, K.D., Lee, C.Y. (2001) Inhibitory effects of various antibrowning agents on apple slices. Food Chemistry 73: 23-30.
65. Supapvanich, S., Pimsaga, J., Srisujan, P. (2011) Physicochemical changes in fresh-cut wax apple (Syzygium samarangenese [Blume] Merrill & L.M. Perry) during storage. *Food Chem.* **127**, 912-917.
66. Šubarić, D. (1999) Inhibicija polifenol-oksidaze u svrhu sprječavana enzimskog posmeđivanja. Doktorski rad. Prehramebeno-biotehnološki fakultet, Zagreb, 2-39.
67. Tortoe, C., Orchard, J., Beezer, A. (2007) Prevention of enzymatic browning of apple cylinders using different solutions. *Int. J. Food Sci. Technol.* **42**, 1475-1481.
68. Tsao, R., Yang, R., Xie, S., Sockovie, E., Khanizadeh, S. (2005) Which polyphenolic compounds contribute to the total antioxidant activities of apple? *J. Agric. Food Chem.* **53**, 4989-4995.

69. Voćarstvo: Jabuka, autor: Ivo Krpina (2004); <http://www.agroklub.com/> Pristupljeno 25.6.2016.
70. Vujević, P., Milinović, B., Jelačić, T., Halapija Kazija, D., Čiček, D. (2011), *Sorte voćnih vrsta*. Hrvatski centar za poljoprivredu, hranu i selo, Zagreb.
71. Wiley, R. C. (1997) Preservation methods for minimally processed refrigerated fruits and vegetables. U: *Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables* (Wiley, R. C., ured.), Chapman and Hall, New York, 64-134.
72. Willfort, R. (1989), Ljekovito bilje i njegova upotreba. Mladost, Zagreb
73. Zlatković, B., (2003) Tehnologija prerade voća i povrća, Beograd