

Utjecaj predtretmana ultrazvuka visokog intenziteta na senzorska svojstva minimalno procesiranog krumpira

Mišetić, Stipan

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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:159:026259>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, rujan 2019.

Stipan Mišetić 1090/PI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, rujan 2019.

Stipan Mišetić 1090/PI

**UTJECAJ PREDTRETMANA
ULTRAZVUKA VISOKOG
INTENZITETA NA SENZORSKA
SVOJSTVA MINIMALNO
PROCESIRANOG KRUMPIRA**

Ovaj rad je izrađen u Laboratoriju za tehničku termodinamiku i Laboratoriju za tehnološke operacije na Zavodu za procesno inženjerstvo Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom doc.dr.sc. Filip Dujmić.

Ovaj rad izrađen je u okviru projekta “Inovativne tehnike u minimalnoj preradi krumpira (*Solanum tuberosum*) i njegova zdravstvena ispravnost nakon pripreme“ (IMPROvePOTATO, IP-06-2016) financiranog sredstvima Hrvatske zaklade za znanost.

Zahvaljujem svim kolegama i kolegicama u Laboratoriju za tehničku termodinamiku i Laboratoriju za tehnološke operacije koji su na bilo koji način pomogli pri izvođenju ovog rada, a posebice hvala mom mentoru, doc. dr. sc. Filip Dujmić te prof. dr. sc. Branki Levaj na pruženom znanju, iskustvu i volji da pruže pomoć u bilo kojem trenutku.

Hvala mojim roditeljima što su oduvijek vjerovali u mene i podržavali me u svemu što sam htio ostvariti, djevojci na podršci te veliko hvala obitelji u inozemstvu i na pruženoj pomoći u svakom trenutku.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Zavod za procesno inženjerstvo
Laboratorij za tehničku termodinamiku
Laboratorij za tehnološke operacije

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

UTJECAJ PREDTRETMANA ULTRAZVUKA VISOKOG INTENZITETA NA SENZORSKA SVOJSTVA MINIMALNO PROCESIRANOG KRUMPIRA

Stipan Mišetić, 1090/PI

Sažetak: Cilj ovog rada bio je odrediti utjecaj vremena tretmana, različitih amplituda te promjera sonde ultrazvuka visokog intenziteta na kvalitetu i stabilnost minimalno procesiranog krumpira (MPK) tijekom 8 dana skladištenja. Krumpir je oguljen i narezan na ploške, tretiran ultrazvukom u 2 % otopini natrijeva askorbata te vakumiran i skladišten na 4 °C. Ploške krumpira su tretirane ultrazvukom frekvencije 20 kHz, pri amplitudama 30 %, 60 % i 90 %, primjenom 3 različite sonde promjera 12,19 i 25 mm tijekom 3,5; 5,5; 7,5 i 9,5 minuta. Tijekom vremena skladištenja 1., 5., i 8. dan pratila se ukupna suha tvar, pH vrijednost, boja, tekstura i senzorska svojstva sirovog i kuhanog MPK. Najznačajniji utjecaj od triju ispitivanih sondi na sprječavanje enzimskog posmeđivanja imala je sonda promjera 19 mm i iz tog razloga je izabrana za nastavak istraživanja. Na ukupnu suhu tvar najveći utjecaj je imalo vrijeme skladištenja i toplinska obrada. Tretman ultrazvukom utjecao je na promjenu pH tijekom skladištenja. Najujednačenije odstupanje u promjeni boje pokazao je tretman ultrazvuka u trajanju od 7,5 minuta pri amplitudi od 90 %. Uzimanjem u obzir svih parametara senzorske ocjene vidljiv je pozitivan utjecaj tretmana na sprečavanje posmeđivanja, tekstura MPK ostala je gotovo nepromijenjena, uz povećanje kremoznosti, a ostvaren je i pozitivan utjecaj na miris MPK. Od svih primijenjenih varijacija tretman od 90 % i trajanju tretmana 7,5 minuta pokazuje najbolje rezultate u svim parametrima kvalitete kroz dane skladištenja.

Ključne riječi: krumpir, minimalno procesiranje, posmeđivanje, ultrazvuk, senzorska ocjena, tekstura

Rad sadrži: 62 stranice, 16 slika, 31 tablicu, 61 literaturni navod

Jezik izvornika: hrvatski

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

Mentor: doc.dr.sc. Filip Dujmić

Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:

1. doc.dr.sc. Sven Karlović
2. prof.dr.sc. Branka Levaj
3. doc.dr.sc. Filip Dujmić
4. doc.dr.sc. Maja Repajić (zamjena)

Datum obrane: 23. rujna 2019.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
Department of Process Engineering
Laboratory for Technical Thermodynamics
Laboratory for Technological Operations

Scientific area: Biotechnical sciences

Scientific field: Food Technology

EFFECT OF HIGH INTENSITY ULTRASOUND PRE-TREATMENT ON THE SENSING PROPERTIES OF MINIMUM PROCESSED POTATOES

Stipan Mišetić, 1090/PI

Abstract: *The aim of this study was to evaluate the effect of treatment time, different amplitudes, and different diameter of probe by high intensity ultrasound on the quality and stability of minimally processed potatoes (MPP) during 8 days of storage. The potatoes were peeled and sliced, sonicated in 2% sodium ascorbate solution and vacuumed, and stored at 4 ° C. Potato plates were treated with 20 kHz ultrasound frequency at 30%, 60% and 90% amplitudes, using 3 different probes 12, 19 and 25 mm in diameter for 3.5; 5.5; 7.5; and 9.5 minutes. Dry matter content, pH, colour, texture, sensory analysis of raw and cooked MPP were monitored on the 1st, 5th, and 8th day of storage. The most significant influence of the three probes tested on the prevention of enzymatic browning had the 19 mm diameter probe, which is why it was chosen to continue the study. On the dry matter length of storage and cooking had the biggest effect. Ultrasound treatment caused a reduction in pH levels during storage. The most unique deviation in the change of color was demonstrated by the treatment of ultrasound for 7.5 minutes at an amplitude of 90%. Considering all the parameters of the sensory evaluation, there can be seen the positive effect of the treatment on the prevention of browning, the texture of MPP remained virtually unchanged, with increasing creaminess and a positive effect on the smells of MPP. Of all the variations applied, a treatment of 90% amplitude and a treatment duration of 7.5 minutes shows the best results in all quality parameters through the days of storage.*

Keywords: potato, minimally processing, browning, ultrasound, sensory evaluation, textural properties

Thesis contains: 62 pages, 16 figures, 31 tables, 61 references

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. Filip Dujmić, Assistant professor*

Reviewers:

1. PhD. *Sven Karlović*, Assistant professor
2. PhD. *Branka Levaj*, Full professor
3. PhD. *Filip Dujmić*, Assistant professor
4. PhD. *Maja Repajić*, Assistant professor (substitute)

Thesis defended: September 23th 2019

Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO	2
2.1. Krumpir.....	2
2.1.1. Kemijski sastav krumpira.....	5
2.1.2. Skladištenje krumpira i utjecaj na kemijski sastav.....	6
2.2. Minimalno procesirano voće i povrće	7
2.2.1. Posmeđivanje.....	8
2.2.2. Minimalno procesirani krumpir	10
2.2.3. Odabir kultivara za MPK.....	11
2.3. Vakum pakiranje.....	12
2.4. Ultrazvuk.....	13
2.4.1. Ultrazvuk niskog intenziteta.....	15
2.4.2. Ultrazvuk visokog intenziteta	15
2.5. Kvalitativna svojstva hrane	18
2.5.1. Boja.....	19
2.5.2. Tekstura.....	20
3. EKSPERIMENTALNI DIO	22
3.1. Materijali	22
3.2. Aparatura i pribor.....	22
3.3. Kemikalije	23
3.4. Metode rada.....	23
3.4.1. Način pripreme uzoraka MPK	23
3.4.2. Tretman ultrazvukom i uvjeti skladištenja MPK	23
3.4.3. Određivanje teksture	24
3.4.4. Određivanje boje.....	25
3.4.5. Određivanje ukupne suhe tvari	27
3.4.6. Određivanje pH vrijednosti	28
3.4.7. Senzorska ocjena.....	28
3.4.8. Statistička obrada podataka	29
4. REZULTATI I RASPRAVA	30
4.1. Odabir sonde.....	30
4.2. Ukupna suha tvar i pH.....	33
4.3. Tekstura MPK.....	36
4.4. Parametri boje MPK.....	40
4.5. Senzorska ocjena MPK	50
5. ZAKLJUČCI.....	55
6. LITERATURA.....	57

1. UVOD

Krumpir je namirnica koju čovjek svakodnevno koristi kako u svojoj prehrani tako i u kuhinji. Krumpir je kroz svoju povijest vrlo raširen u svijetu i vrlo dobro poznata namirnica. Upravo oko krumpira će se voditi glavna tema ovog diplomskog rada. Ono što je sama bit i problematika ovog rada jest minimalno procesirano voće i povrće. Naime, kako se proizvod može obraditi različitim tehnologijama, cilj nam je primijeniti tehnologiju obrade kojom se postiže što manja degradacija čime se postiže očuvanje svojstava sirovog voća i povrća a proizvod ima i dalje svoju visoku nutritivnu vrijednost. Najveća problematika je osjetljivost i kvarljivost minimalno procesiranog voća ili povrća u roku od četiri do sedam dana i shodno tome postavlja se pitanje kako ga sačuvati od propadanja, truljenja, tj. posmeđivanja. Krumpir je dobar izbor za odabir minimalno procesiranog povrća jer se gomolj krumpira može skladištiti vrlo uspješno tijekom čitave godine uz značajno očuvanje svojih nutritivnih vrijednosti i biti dobra sirovina za proizvodnju MPK.

Krumpir je specifičan kada se govori o toplinskoj obradi prije konzumacije i vrlo je važno razumjeti i voditi računa o više faktora prilikom same obrade ove namirnice. Sklon je posmeđivanju, a ono utječe na njegova svojstva osim boje i na okus, miris i nutritivnu vrijednost. Stoga je i sam odabir kultivara također vrlo važan jer nisu svi jednako podložni posmeđivanju. Osim toga primjenom različitih tretmana moguće je posmeđivanje usporiti ili čak spriječiti. Brojne su mogućnosti vezano za to istraživane i istražuju se još uvijek.

Tema ovog diplomskog rada je primjena ultrazvuka kao primjer alternative toplinskim tehnikama koja se može koristiti za održavanje kvalitete i stabilnosti minimalno procesiranih kultivara. Tretman ultrazvukom sve je popularniji a ujedno predstavlja i napredak u odnosu na dosadašnje primjenjivane postupke i vjeruje se da bi mogao biti budućnost razvoja minimalno procesiranog voća i povrća.

Cilj ovog rada je odrediti utjecaj različitih vremena i amplituda tretmana ultrazvukom visokog intenziteta primjenom sustava s direktno uronjenom sondom na kvalitetu i stabilnost MPK tijekom skladištenja. MPK se skladištio 8 dana na 4 °C, a pratili su se fizikalno-kemijski parametri (ukupna suha tvar, pH), boja, tekstura i senzorska ocjena, a analiza se provodila na sirovom i kuhanom krumpiru 1., 5., i 8. dan skladištenja. Na kraju se radila evaluacija rezultata kako bi se utvrdili optimalni uvjeti tretmana.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Krumpir

Krumpir je škrobasta, gomoljasta biljka latinskog naziva *Solanum tuberosum*. Inače, krumpirom se često naziva samo njegov dio tj. jestiv gomolj, ali se naziv krumpir može odnositi i na samu biljku. Krumpir su u Europu uveli Španjolci u drugoj polovici 16. stoljeća, a danas je krumpir glavna hrana u mnogim dijelovima svijeta i neizostavni je dio ljudske prehrane.

Do danas je poznato oko pet tisuća sorti kultiviranog ili divljeg krumpira koji se uzgaja u 160 zemalja diljem svijeta (Camire i sur., 2009). Od 2014. godine, krumpir kada se govori o veličini usjeva je četvrti po veličini na svijetu, nakon kukuruza, pšenice i riže. Upravo nam ovi podatci sugeriraju koliko je krumpir važan za ljudsku svakodnevicu te je ujedno neizbježan dio gospodarske kulture širom svijeta.

Postoje različite vrste krumpira, iako se smatra da je prvotno postojala jedna vrsta krumpira koja će se širenjem po svijetu te pod utjecajima različitih klima, ali i kasnijih genetskih testiranja razviti u mnogo različitih sorti. Međutim, vjeruje se kako je divlji krumpir pripitomljen prije otprilike 7000 do 10 000 godina, porijeklom je iz Južne Amerike, tj. iz regije Anda gdje je krumpir autohtona vrsta. Nakon tisućljeća selektivnog uzgoja, danas postoji preko tisuću različitih sorti krumpira. Danas preko 99 % svjetskog uzgoja krumpira potječe od sorti koje su nastale u nizinama Južne Amerike. Treba naglasiti kako važnost krumpira kao izvora hrane i kulinarskog sastojka ovisi od regije do regije. Krumpir je vrlo popularan u Europi gdje je jedan od najvažnijih usjeva, naime posebno je važan u istočnoj i središnjoj Europi, uz proizvodnju koja je i dalje najviša u svijetu po glavi stanovnika, dok se najveće povećanje proizvodnje u posljednjih nekoliko desetljeća dogodilo u južnoj i istočnoj Aziji.



Slika 1. Gomolj krumpira (Anonymous 1, 2019)

Ima više podjela krumpira, a jedna od njih je podjela krumpira na temelju kriterija broja dana od trenutka sadenja do zrelosti. Ovim kriterijem sorte krumpira dijele se na:

- Vrlo rane: 65-70 dana
- Rane: 70-90 dana
- Srednje: 90-100 dana
- Kasne: 110-130 dana
- Vrlo kasne: >130 dana

Biljka krumpir naraste oko 60 cm, ovisno o sorti, listovi odumiru nakon cvatnje, dok su cvjetovi ovisno o sorti ružičaste, plave, ljubičaste, crvene ili bijele boje s žutim prašnicima. Uglavnom je oprašivan insektima kao što su pčele, koje nose pelud i iz drugih biljaka, također pojavljuje se značajna količina samooplodnje. Također, nove sorte krumpira koje se uzgajaju iz sjemena mogu se vegetativno razmnožavati sadnjom gomolja i biljke koje se razmnožavaju iz gomolja su klonovi roditelja, dok oni koji se razmnožavaju iz sjemena proizvode niz različitih sorti.



Slika 2. Cvijet krumpira (Anonymous 2, 2019)

Biljke i plodovi krumpira, koji su slične rajčicama, sadrže toksin glikoalkaloid *solanin* i nisu prikladni za ljudsku konzumaciju. Normalni gomolji krumpira koji su uzgojeni i skladišteni na odgovarajući način proizvode glikoalkaloide u količinama dovoljno malim da budu zanemarivi za ljudsko zdravlje, ali ako su zeleni dijelovi biljke (naime klice i kože) izloženi svjetlu, gomolji mogu akumulirati dovoljno visoku koncentraciju glikoalkaloida koja utječu na ljudsko zdravlje.

Riječ *potato*, je engleska riječ, ali potječe od španjolske riječi *patate*. Engleski herbalist iz 16. stoljeća John Gerard nazvao je slatki krumpir krumpirom, a za vrste koje se sada zovu krumpirom koristili su se pojmovi krastavac i Virginia krumpir. U mnogim kronikama koje opisuju poljoprivredu i biljke, ne postoji razlika između njih. Danas se zna da su to dvije različite porodice slatki krumpir *Ipomoea batatas* i „običan“ krumpir *Solanum tuberosum*.

Širom svijeta postoji oko 5000 sorti krumpira. Samo tri tisuće njih nalaze se u Andama, uglavnom u Peruu, Boliviji, Ekvadoru, Čileu i Kolumbiji. Osim 5000 kultiviranih sorti, postoji oko 200 divljih vrsta i podvrsta, od kojih se mnoge mogu križati s kultiviranim sortama. Takav uzgoj je proveden u više navrata kako bi se pružio otpor određenim štetocinama i bolestima, ali uz prijenos gena divljih vrsta na genetski fond kultiviranih vrsta

krumpira. Genetski modificirane sorte naišle su na otpor javnosti u Sjedinjenim Državama i Europskoj uniji.

Krumpir je kultivar koji se uzgaja s malo truda i spremno se prilagođava različitim klimatskim uvjetima sve dok je klima dovoljno hladna i vlažna kako bi biljke skupile dovoljno vode iz tla za oblikovanje škrobastih gomolja. Skladištenjem krumpira u neprikladnim uvjetima razvijaju se plijesni uslijed čega gomolj ubrzano propada.

Krumpir se ne jede sirov, zbog loše probave škroba prisutnog u sirovom krumpiru. Prilikom pečenja, količina vitamina B6 i vitamina C značajno opada, dok je količina ostalih sastojaka značajno nepromjenjena.

Također, kada je riječ o vrijednostima krumpira i njegovog značaja, često se krumpir klasificira kao namirnica s visokim glikemijskim indeksom iako to u velikoj mjeri ovisi o sorti krumpira (Henry i sur., 2006), metodama pripreme (Fernandes i sur., 2005) ali i uvjetima uzgoja i skladištenju. Konkretno, konzumiranje prethodno zagrijanog ili ohlađenog krumpira koje je prethodno bilo kuhano može donijeti niži učinak glikemijskog indeksa (Fernandes i sur., 2005).

2.1.1. Kemijski sastav krumpira

Kemijski sastav krumpira ponajprije ovisi o sorti, ali i uvjetima uzgoja poput tla, klime i primijenjenih agrotehničkih mjera, dok kod proizvoda dobivenih preradom krumpira na kemijski sastav utječe tehnologija i uvjeti obrade (Furrer i sur., 2018).

Sirovi krumpir sastoji se od 79 % vode, 17 % ugljikohidrata (88 % škrob), 2 % proteina te sadrži zanemarivu masnoću. 100 grama sirovog krumpira ima 77 kilokalorija energije, bogat je izvor vitamina B6 i vitamina C (23 %, odnosno 24 % dnevne vrijednosti), prisutnost drugih vitamina ili minerala je zanemariva (Beazzell i sur., 1939).

Specifičnost škroba krumpira u odnosu na škrob drugih biljnih vrsta očituje se u značajnom udjelu monofosfatnih estera kovalentno vezanih na amilopektin (Hoover, 2001). Kao posljedica toga veća količina vode prodire između molekula škroba što mu omogućuje veću moć bubrenja (Ek i sur., 2012). Osim škroba u krumpiru prisutni su i jednostavni ugljikohidrati poput glukoze, fruktoze i saharoze (Zhu i sur., 2010).

Proteini čine prosječno 2-2,5 % mase sirovog gomolja krumpira pri čemu 40 % proteina pripada frakciji topljivih spremišnih glikoproteina – patatina (Shewry, 2003). Sadržaj i sastav proteina uglavnom ovisi o sorti i zrelosti krumpira, no uglavnom u aminokiselinskom sastavu proteina krumpira prevladavaju asparagin te glutaminska i asparaginska kiselina, dok je udio metionina, cisteina i histidina nizak (Zhu i sur., 2010) čime se proteini iz krumpira ističu kao visoko kvalitetni biljni proteini (Kärenlampi i White, 2009).

Uz sve navedeno, kemijski sastav krumpira je vrlo bogat i svakako je važan dio svakodnevne ishrane ljudi diljem svijeta. Naravno da način pripreme ovog povrća varira i različit je, ali uz dobru pripremu krumpir je iznimno zdravo povrće.

2.1.2. Skladištenje krumpira i utjecaj na kemijski sastav

Nakon berbe krumpir zahtijeva što brže prikladno skladištenje (za to su najbolja rješenja namjenska skladišta s kontroliranim uvjetima). Svježe voće i povrće nastavlja disati nakon što je ubrano. Ovaj proces troši kisik i proizvodi ugljični dioksid i vodenu paru. Ključan korak očuvanje krumpira u svježem obliku je smanjiti brzinu disanja što je duže moguće bez narušavanja kvalitete proizvoda, tj. njegovog okusa, teksture i izgleda. Općenito, brzina disanja se može smanjiti održavanjem niske temperature, s nižim udjelom kisika u atmosferi i povećanim razinama ugljikovog dioksida, također je važan i udio vlažnosti.



Slika 3. Moderno skladište krumpira (Anonymous 3, 2019)

Prije samog skladištenja krumpir prolazi faze prosušivanja aktivnom ventilacijom, zatim postupak zacjeljivanja rana u kojem se krumpir 1-2 tjedna održava na 15 °C i relativnoj vlažnosti 80-95 % nakon čega slijedi postupno hlađenje mase krumpira do temperature skladištenja. Ukoliko je krumpir namijenjen za konzumiranje, temperatura u skladištu se održava na 4-5 °C, dok je temperatura skladištenja krumpira za industrijsku preradu nešto viša (7-8 °C) kako bi se izbjeglo zaslađivanje. Tijekom skladištenja krumpira dolazi do promjena u njegovom kemijskom sastavu. Pri niskim temperaturama skladištenja, a posebice ako je temperatura niža od 4 °C dolazi do promjene u omjeru škroba i jednostavnih šećera u krumpiru, odnosno do zaslađivanja (Watada i Kunkel, 1955). Otpornost na zaslađivanje, temperature pri kojima se zaslađivanje najintenzivnije događa i količina glukoze koja nastaje prilikom zaslađivanja kod skladištenja gomolja krumpira na niskim temperaturama specifične su karakteristike pojedinih sorti te kao takve predstavljaju bitan čimbenik pri odabiru odgovarajuće sorte namijenjene pojedinim metodama obrade (Watada i Kunkel, 1955; Amrein i sur., 2003).

2.2. Minimalno procesirano voće i povrće

Zbog ubrzanog načina života i potrebe za jednostavnim i brzim, ali u isto vrijeme i zdravim obrocima, potražnja za minimalno procesiranim voćem i povrćem iz godine u godinu sve više raste (Lehto i sur., 2011; Silva i sur., 2016). MPVP dobar je izbor brzog, jednostavnog i zdravog obroka, iznimno cijenjenog u današnjem načinu života, jer je općenito spremno za konzumaciju, a sadrži i mnoge nutrijente povezane s pozitivnim učincima na zdravlje (Ramos i sur., 2013). Postoji opći trend povećanja potrošnje svježeg voća i povrća, a to je uglavnom zbog njihovih odličnih svojstva zbog kojih ubrajamo u zdrave namirnice. Različite organizacije (WHO, FAO, USDA, EFSA) preporučuju povećanu konzumaciju voća i povrća, barem 5 obroka voća i povrća tijekom dana, kako bi se smanjio rizik od kardiovaskularnih bolesti i raka. Kako raste svijest ljudi o važnosti zdrave prehrane, tako raste potražnja za minimalno procesiranom voćem i povrćem.

Minimalna obrada opisuje tehnologiju za preradu hrane na način koji jamči sigurnost i očuvanje hrane, a konačni cilj je zadržati što više svježih svojstava voća i povrća. MPVP minimalno su prerađeni proizvodi koji moraju zadržati svoju kvalitetu, a to su izgled, tekstura, okus i nutritivna vrijednost, sličnu onima u svježem proizvodu. Temeljno načelo kvalitete tih

proizvoda je da su to metabolički aktivna tkiva i kao posljedica toga pokazuju fiziološki odgovor na postupke pripreme. Minimalno procesiranje voća i povrća uključuje operacije poput pranja, guljenja, rezanja, pakiranja i skladištenja pri čemu se dobiva proizvod spreman za daljnju upotrebu, bilo da se radi o direktnoj konzumaciji ili brzoj pripremi jela.

Vizualna svojstva MPVP su jedan od najvažnijih parametara za procjenu ukupne kvalitete proizvoda. Gledajući sveukupnu sliku MPVP-a, iako između obrade i potrošnje prođe raspon od nekoliko dana, potrošači i dalje žele imati svježije voće i povrće. Međutim, poznato je da obrada voća i povrća potiče brže fiziološko propadanje, biokemijske promjene i mikrobnu razgradnju. Takvo što može rezultirati degradacijom boje, teksture i okusa (Laurila i Ahvenainen, 2002). Temperatura skladištenja je najvažniji čimbenik koji utječe na kvarenje minimalno obrađenog voća i povrća. Međutim, postoje mnoge druge tehnike očuvanja koje se trenutno istražuju, a neke i koriste u industriji. Razvijaju se mnoge nove tehnike za održavanje kvalitete voća i povrća koje se zahtijevaju u svim stupnjevima proizvodnje i distribucije. Treba spomenuti neke od novih postupaka obrade radi produljenja trajnosti koje su dostupne u industriji. Primjena inovativnih postupaka poput ultrazvuka visokog intenziteta, modificirane atmosfere, toplinskih šokova i tretmana ozonom, pokazali su se korisni u kontroli rasta mikroorganizama i održavanja kvalitete tijekom skladištenja svježih proizvoda. Osim toga, kombinacija fizikalnih i kemijskih tretmana kao što je korištenje kisele ili alkalne elektrolitske vode, klor dioksida, energetskog ultrazvuka pokazala se vrlo učinkovitom (Schössler i sur., 2012).

2.2.1. Posmeđivanje

Diskoloracija tkiva uslijed enzimskog posmeđivanja glavni je faktor koji dovodi do smanjenja kvalitete minimalno procesiranog voća i povrća, pri čemu dolazi do promjene u senzorskim svojstvima proizvoda, ali i do narušavanja njegovog izgleda što potrošači navode kao glavni razlog zbog kojeg ne bi izabrali takav proizvod. Pored toga, degradacija uzrokovana enzimskim posmeđivanjem dodatno skraćuje rok trajanja proizvoda. Upravo iz tih razloga prevencija enzimskog posmeđivanja neophodan je korak pri proizvodnji minimalno procesiranog voća i povrća (Tomas-Barberan i Espin, 2001).

U procesu posmeđivanja nastaje melanin, odnosno pigment koji daje ljudskoj kosi, koži i očima boju. Hrana se sastoji od mnogo različitih spojeva, uključujući enzime. Enzimi su ustvari proteini koji mogu ubrzati kemijske reakcije i djelovati kao biološki katalizatori.

Mogu dovesti do sazrijevanja i dozrijevanja plodova. Oksidacijski enzimi u netaknutom svježem voću i povrću obično nisu aktivni, međutim, kada je plod narezan, ili zgnječen dolazi do pucanja stanične stijenke i enzimi se oslobađaju i dolaze u kontakt sa supstratom i s kisikom u zraku, što posljedično može dovesti do pojave posmeđivanja.

Enzimsko posmeđivanje je jedna od najvažnijih reakcija koja se odvija u većini voća i povrća nakon dezintegracije tkiva, kao i u plodovima mora. Ti procesi utječu na okus, boju i vrijednost takve hrane. Općenito, riječ je o kemijskoj reakciji koja uključuje polifenol oksidazu, katehol oksidazu i druge enzime koji kataliziraju reakcije u kojima nastaje benzokinon iz prirodnih fenola te melanoidni pigmenti (Jacques, 2009). Započinje oksidacijom fenola polifenol oksidazom u kinone koji se zatim polimeriziraju u nizu reakcija, što na kraju rezultira stvaranjem smeđih pigmenata melanoida na površini hrane, a brzina enzimskog posmeđivanja odražava se količinom aktivnih polifenol oksidaza prisutnih u hrani (El-Shimi, 1993). Stoga je većina istraživanja koja istražuju metode inhibiranja enzimskog posmeđivanja usredotočena na smanjenje aktivnosti polifenol oksidaze.

Koriste se različite metode za sprječavanje ili usporavanje enzimskog posmeđivanja hrane, a svaka metoda ima za cilj specifične kemijske reakcije. Kontrola enzimskog posmeđivanja uvijek je popriličan izazov za prehrambenu industriju. Osim toga, upotreba kemikalija za sprječavanje posmeđivanja, kao što je sulfid se izbjegava zbog potencijalnih opasnosti koje može uzrokovati kod ljudi (El-Shimi, 1993). Provedena su brojna istraživanja o različitim mehanizama koji se primjenjuju u svrhu sprječavanja enzimskog posmeđivanja i ona se mogu svrstati u različite skupine.

Limunov sok i druge kiseline snižavaju pH i uklanjaju kofaktor bakra potreban za funkcioniranje odgovornih enzima. Niske temperature također mogu spriječiti enzimsko posmeđivanje smanjenjem brzine reakcije. Upotreba askorbinske kiseline u određenim pH vrijednostima različito utječu na aktivnost fenolaze krumpira (Garcia i Barrett, 2002).

Enzimsko posmeđivanje utječe na boju, okus i nutritivnu vrijednost namirnica, uzrokujući ogroman ekonomski gubitak kada se ne proda potrošačima na vrijeme. Procjenjuje se da je više od 50% proizvoda propadne kao rezultat enzimskog posmeđivanja (El-Shimi, 1993). Povećanje ljudske populacije i posljedično osiromašenje naših prirodnih resursa potaknulo je mnoge biokemičare i prehrambene inženjere da pronađu nove i poboljšane

tehnike za duže čuvanje hrane, koristeći metode za sprečavanje reakcija posmeđivanja, te učinkovito povećavaju vijek trajanja hrane.



Slika 4. Posmeđivanje na primjeru jabuke (Anonymous 4, 2019)

2.2.2. Minimalno procesirani krumpir

Minimalna prerada krumpira uključuje odabir sirovina, pranje, ljuštenje i rezanje, predobradu, sušenje, vaganje i pakiranje. U tom smjeru, postoji mogućnost uporabe dezinfekcije ozonom, prirodne predobrade potapanja i premaza. Kada se govori o sirovom krumpiru, on sadrži vrlo visok postotak otpornog škroba. Takav otporan škrob sadrži mješavinu škroba i produkata stupnjevanja škroba koji se ne uspiju apsorbirati u tankom crijevu čovjeka. Otporni, tj. rezistentni škrob ima posebnu strukturu koja ne dozvoljava razgradnju u pod utjecajem enzima, amilolitičkih enzima i zbog toga je prije konzumacije krumpira potrebna toplinska obrada u obliku kuhanja, pečenja, prženja, itd. pomoću kojih škrob želira i gubi kristalnu strukturu te postaje probavljiv (Zaheer, 2014). Minimalno procesirani krumpir je vrlo specifičan na tržištu MPVP-a. Sirovi oguljeni i narezani krumpir osnovni je minimalno procesirani proizvod od krumpira, a namijenjen je kao alternativa kuhanom krumpiru u vakuumu ili krumpiru iz konzerve, a istraživanje Montouto-Graña i suradnika (2012) na temu senzorskih karakteristika, potrošačke prihvatljivosti te namjere za

kupnjom minimalno procesiranog krumpira (MPK) pokazalo je pozitivan općenit dojam od većine ispitivača i namjeru za kupnjom takvog proizvoda ako je zadovoljavajuće kvalitete.

Proizvodnja MPK-a iziskuje niz faktora koji su važni kako bi konačni proizvod bio kvalitetan i na kraju krajeva prihvatljiv od strane potrošača. Stoga, vrlo je važno dobro procijeniti i odabrati kultivar te primijeniti odgovarajuću metodu, bilo fizikalnu ili kemijsku metodu za sprečavanje posmeđivanja, način i vrijeme skladištenja, vrstu pakiranja i tretman alternativnim netoplinskim metodama.

2.2.3. Odabir kultivara za MPK

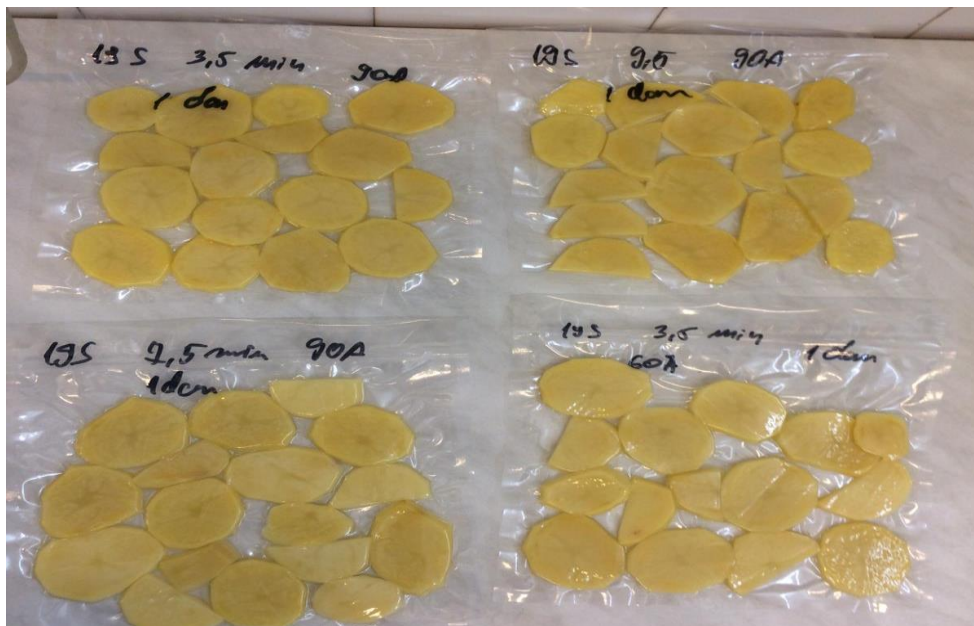
Velik broj sorti pokazuje raznolikost kultiviranog krumpira, no izniman je potencijal bio-raznolikosti ako se uzmu u obzir i brojne divlje vrste krumpira koje su kompatibilne za križanje, a uspješnim iskorištavanjem ovog potencijala moguće je dobiti kultivare s karakteristikama posebno pogodnima za minimalno procesiranje (Camire i sur., 2009).

Proučavanje genotipa krumpira između ostalog govori kakve su karakteristike i na što to genotip krumpira utječe (veličina, boja, okus, nutritivna vrijednost). Ali, nimalo nevažna je osjetljivost na posmeđivanje koje se može razlikovati od kultivara do kultivara. To se može objasniti razlikom u količini fenola i ostalih antioksidansa između kultivara te aktivnošću enzima. Kod MPK poželjnije je da su sorte koje nisu podložne fiziološkim promjenama. Cabezas-Serrano i suradnici (2009) istraživali su prikladnost pet različitih kultivara krumpira („Agata“, „Agria“, „Almera“, „Marabel“ i „Vivaldi“) za minimalno procesiranje. Krumpir je bio narezan i skladišten pri 5 i 20 °C 9 dana, a prikladnost za minimalno procesiranje definirana je kao povezanost stupnja posmeđivanja tijekom skladištenja i parametara kvalitete izmjerenih na početku eksperimenta. Autori su mjerili postotak suhe tvari, ali također i vitamina C te ukupni sastav fenola, šećera, antioksidacijsku aktivnost, aktivnost polifenoloksidaze (PPO), fenilalanin amonijak liaze (PAL) i boja.

2.3. Vakum pakiranje

Vakuom pakiranje se definira kao jedan postupak gdje je hrana ambalaži podvrgnuta tehnikama ukлонjanja zraka čime se ambalažni materijal priljublji s proizvodom. Ovakav način pakiranja smatra se učinkovitim kada je riječ o smanjenju mogućnosti kvarenja hrane, stoga ovaj način definitivno može produžiti rok trajanja. Slika 5 prikazuje vakumiran minimalno procesirani krumpir.

Ovakav način pakiranja se često primjenjuje kod proizvoda minimalo procesiranog voća i povrća (MPVP). Razina respiracije različitog voća i povrća je drugačija, stoga se odabire plastični film koji ima prikladnu propusnost O₂ i CO₂ (Gorris, 1992). Krumpir se svrstava u skupinu blage respiratorne aktivnosti. Za vakuum pakiranje MPVP koristi se poliolefinska ambalaža. Propusnost ambalaže može se prilagoditi raznim dodacima ili odabirom prikladnog materijala površine ambalaže, poliolefinska ambalaža pokazala je dobra barijerna svojstva za vlagu i održavanje željenog sastava O₂ (< 5 %) i CO₂ (8-12 %) (Beltrán i sur., 2005). Osim toga, korištenjem vakuum pakiranja proizvođači i potrošači uvijek mogu vizualno procijeniti kvalitetu proizvoda (Perdue, 2009).



Slika 5. MPK vakumiran (vlastita fotografija)

Vakuumsko pakiranje vrlo je važno zbog održivosti kvalitete proizvoda, tako je kvaliteta relativno duža zahvaljujući ovakvom načinu pakiranja u odnosu na tradicionalno pakiranje.

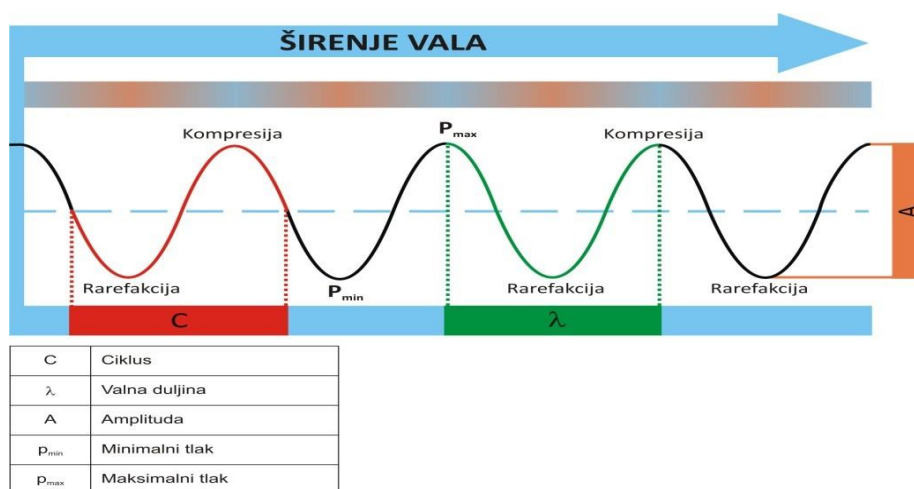
2.4. Ultrazvuk

Ultrazvuk je zvuk frekvencije iznad 20 kHz. Budući da ljudsko uho može čuti zvukove čija je frekvencija u rasponu od 16 Hz do 16 kHz, frekvencija ultrazvuka previsoka je za ljudsko slušno područje (Brnčić i sur., 2009). Prehrambena industrija poznaje primjenu ultrazvučnih valova dvaju područja frekvencija. Koriste se valovi niskih intenziteta (manje od 1 W cm^{-2}) frekvencija 5 do 10 MHz, te valovi visokog intenziteta (10 do $1\,000 \text{ W cm}^{-2}$) i frekvencija od 16 kHz - 100 kHz (ultrazvuk visoke snage) i postoji još prijelazno područje od 100 kHz - 2 MHz (Slika 7). Za titranje frekvencija viših od 10^{10} Hz koristi se naziv hiperzvuk (Brnčić i sur., 2009), a nižih od 16 Hz naziv infrazvuk. Frekvencije više od 20 kHz ultrazvuka najpovoljnije su se pokazale za prehrambenu industriju.

Prirodu svakog zvučnog vala određuju karakteristične veličine koje se nazivaju linearnim veličinama, a odnose se na:

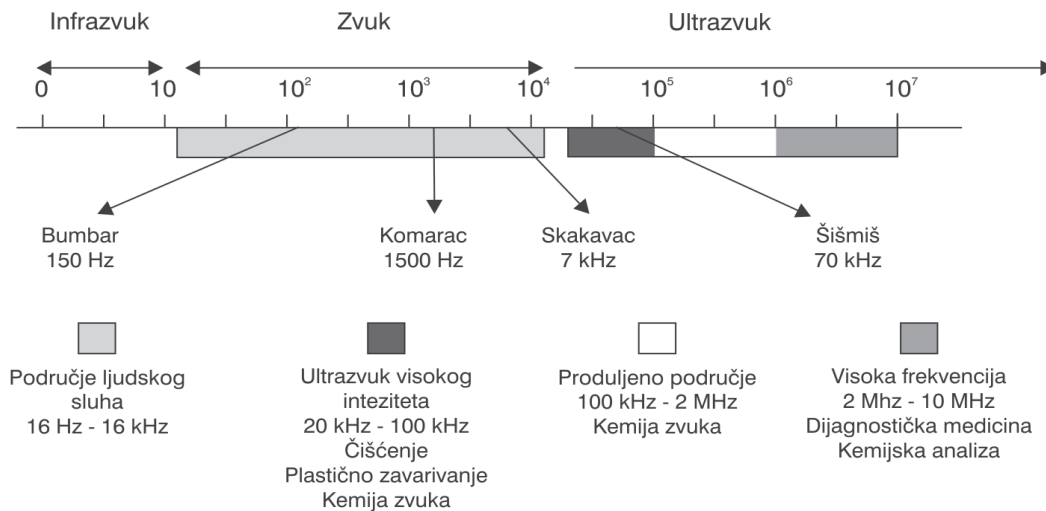
- amplitudu A (%),
- frekvenciju f (m^{-1}),
- valnu duljinu λ (m).
- koeficijent (prigušenja) atenuacije α (Slika 6).

Amplituda je udaljenost između točaka na brijegu zvučnog vala (maksimuma) i podnožju zvučnog vala (minimuma). Ona predstavlja intenzitet zvuka, što je vezano za energiju vala, tj. uz razliku tlaka između kompresijske i ekspanzijske faze (Leighton, 2007).



Slika 6. Širenje ultrazvučnog vala (Dujmić, 2013).

Procesi koji imaju veliki značaj u prehrambenoj industriji često se temelje na korištenju toplinske energije. Međutim, takve metode mogu uzrokovati strukturne promjene u proizvodima. Stoga se sada veliki naglasak stavlja na nove tretmane u kojima će se očuvati kvaliteta. Takav je slučaj primjene ultrazvuka velike snage koji predstavlja tehnologiju u nastajanju i obećavanju. Tijekom posljednjih nekoliko godina, porastao je razvoj procesa koji se baziraju na primjeni ultrazvučnih vibracija u izravnom kontaktu s proizvodom.



Slika 7. Područja podjele zvuka prema frekvencijama (Mason, 1998)

Dolaskom zvučnog vala do tekuće sredine, stvaraju se longitudinalni valovi gdje dolazi do naizmjeničnih ciklusa sažimanja i ekspanzije tokom tretiranja materijala ultrazvukom visokog intenziteta. Kavitacije izazvane naizmjeničnim izmjenjivanjem tlaka formiraju mjehuriće plina u materijalu. Ti mjehurići imaju veću površinu tijekom ekspanzijskog ciklusa što povećava difuziju plina uzrokujući ekspanziju mjehurića. Kada energija ultrazvuka nije dovoljna da bi se zadržala plinska faza, u mjehuriću dolazi do brze kondenzacije. Takve kondenzirane molekule sudaraju se velikom brzinom pri čemu se formiraju šok valovi. To za posljedicu ima pojavu vrlo visoke temperature (do 5500 K) i tlaka (do 100 MPa).

Sposobnost ultrazvuka da izazove kavitacije ovisi o karakteristikama ultrazvuka (frekvenciji, intenzitetu), svojstvima proizvoda (viskoznosti, gustoći i površinskoj napetosti) i okolnim uvjetima (temperaturi, tlaku i vlažnosti) (Brnčić i sur., 2009).

2.4.1. Ultrazvuk niskog intenziteta

Nerazorna primjena ultrazvuka podrazumijeva korištenje raspona frekvencija od 20 kHz do 100 MHz, a najčešće je radni raspon u granicama od 50 kHz do 20 MHz. Koriste se longitudinalni i transverzalni valovi (Brnčić i sur., 2009).

Ultrazvuk niskog intenziteta je ultrazvuk intenziteta manjih od 1 W cm^{-2} i frekvencije više od 2 MHz. Uspješno se primjenjuju za neinvazivnu detekciju (kontrolu operacije) i za karakterizaciju fizikalno-kemijskih značajki materijala (procjenu proizvoda i kontrolu), određivanje brzine kapljevina u cjevovodima, određivanje visine stupca kapljevine u spremnicima te određivanje nepoželjnih stranih tijela (Režek Jambrak i sur. 2010). Također se može koristiti i u određivanju raspodjele veličine čestica, u kombinaciji s ultrazvukom visokog intenziteta koji razbija aglomerate (McClements, 1995).

Ultrazvučni valovi niskog intenziteta ne izazivaju fizička oštećenja materijala, i mogu se koristiti u analitičke svrhe za određivanje sastava, strukture ili viskoznosti hrane (Lelas, 2006).

2.4.2. Ultrazvuk visokog intenziteta

Ultrazvuk visokog intenziteta znači primjenu intenziteta višeg od 1 W cm^{-2} (uobičajeno u rasponu od $10 - 1000 \text{ W cm}^{-2}$) i frekvencija između 18 i 100 kHz. Ultrazvuk veće snage niskih frekvencija (20 do 100 kHz) smatra se “snažnim ultrazvukom” jer uzrokuje kavitaciju te ima primjenu u prehrambenoj industriji. Primjenjuje se za odzračivanje tekuće hrane, za induciranje reakcija oksidacije/redukcije, za ekstrakciju enzima i proteina, za inaktivaciju enzima i za indukciju nukleacije kod kristalizacije. Nadalje, druga ispitivanja pokazala su da ultrazvuk pospješuje prijenos topline. Primjenjuje se za emulgiranje, sterilizaciju, ekstrakciju, odzračivanje, filtriranje, sušenje i pojačavanje oksidacija. Ultrazvuk visokog intenziteta generiran periodičnim mehaničkim gibanjima sonde, prenosi ultrazvučnu energiju u tekući medij i uzrokuje vrlo velike promjene u tlaku, koje dovode do stvaranja malih vrlo brzo rastućih mjehurića. Mjehurići se šire tijekom negativnog tlaka te implodiraju tijekom pozitivnog tlaka stvarajući visoke temperature, tlakove i sile na vrhu sonde. Ultrazvuk visokog intenziteta potiče ekstrakciju proteina povećavajući topljivost, ali i vodi do smanjenja molekulske mase proteina (Režek Jambrak i sur., 2010).

Li i suradnici (2016) istraživali su metode sprečavanja enzimskog posmeđivanja MPK. Ultrazvuk je pokazao statistički značajan utjecaj na smanjenje stupnja posmeđivanja koji je proporcionalan primijenjenoj snazi. Amaral i suradnici (2014) bavili su se utjecajem ultrazvuka visokog intenziteta na kvalitetu MPK tijekom skladištenja. Primijetili su bržu redukciju pH uzoraka tretiranih ultrazvukom i to proporcionalno vremenu tretiranja, a nije pokazan statistički značajan učinak na suhu tvar krumpira. Jang i suradnici (2011) promatrali su utjecaj ultrazvuka, askorbinske kiseline i njihove kombinacije na inhibiciju PPO i POD. Tretman kombinacijom bio je veoma učinkovit u inhibiciji navedenih enzima dok individualni tretmani nisu inaktivirali enzime.

Najraširenija upotreba ultrazvuka je vjerojatno u procesima ekstrakcije različitih organskih komponenti iz biljnih sirovina. Primjena metode sastoji se u tome što ultrazvučni valovi oštećuju stanične stijenke biljnih materijala čime se olakšava ulaz otapala u materijal te povećava efikasnost izmjene mase (Lelas, 2006.)

Važan dio ekstrakcije potpomognute ultrazvukom je optimizacija procesa. Frekvencija (kHz), amplituda (%), ciklus (%), nazivna izlazna energija (W), i geometrijski parametri sonde (dužina i promjer – mm) moraju biti pravilno odabrani i uzeti u obzir (Herceg i sur., 2009; Brnčić i sur., 2010; Dujmić i sur., 2013).

Osnovni dijelovi za dobivanje ultrazvuka visokog intenziteta su generator koji pretvara električnu energiju u visoku frekvenciju izmjenične struje i pretvornik koji visoku frekvenciju pretvara u mehaničke vibracije koje uzrokuju pojavu kavitacije. Dva uobičajena sustava za tretman ultrazvukom visokog intenziteta su: sustav s direktno uronjenom sondom i primjena ultrazvučne kupelji (Brnčić i sur., 2009).

Ultrazvučna kupelji

Primjenom ultrazvučne kupelji (Slika 8), ultrazvuk visokog intenziteta u mediju se postiže indirektno, jer je pretvornik spojen na dno spremnika i dostavlja vibracije tekućini koja je u spremniku. Često se koriste, jer su lako dostupne i jeftine, a rade na frekvenciji od 20-40 kHz. Ultrazvučne kupelji rade pri nižem intenzitetu zbog očuvanja stijenki kupelji i manjim snagama zbog velikih volumena tretiranih tekućina (Brnčić i sur., 2009).



Slika 8. Ultrazvučna kupelj (Anonymus 5)

Sustav s direktno uronjenom sondom

Primjena sonde (Slika 9) direktan je način tretmana ultrazvukom visokog intenziteta jer se sonda uranja u tekući medij koji se tretira. Ovom vrstom tretmana znatno je ograničen volumen medija koji se tretira, no može se postići veći lokalizirani intenzitet kavitacije, a time je moguća i bolja efikasnost tretmana ultrazvukom (Bromberger Soquetta i sur., 2017).



Slika 9. Sustav s direktno uronjenom sondom (vlastita fotografija)

Kod sustava s direktno uronjenom sondom postoje mogućnosti varijacije tretmana sa sondama različitih promjera. Slika 10 pokazuje tip sonde koje se mogu aplicirati na ovakav sustav.



Slika 10. Sonde različitih promjera (Anonymous 6)

Primjena ultrazvuka je netoplnska tehnologija koja pridonosi povećanju mikrobiološke sigurnosti i produljuje rok trajanja, posebno u hrani osjetljivoj na toplinu, također pridonosi nutritivnim, senzornim i funkcionalnim karakteristikama. Glavna prednost ultrazvuka u odnosu na druge tehnike u prehrambenoj industriji je da se zvučni valovi općenito smatraju sigurnima, netoksičnima i ekološki prihvatljivima. Kombinacija ultrazvuka s nekim netoplnskim ili fizikalno-biološkim metodama predstavlja atraktivan pristup za poboljšanje inaktivacije i eliminacije mikroorganizama. Osim toga, sa stajališta potrošača ultrazvučni i fizikalno-biološki kombinirani procesi pokazuju potencijal za daljnje istraživanje i primjenu u postupcima obrade hrane. Ultrazvučna tehnologija ima široku primjenu u sadašnjih i budućih tehnološkim postupcima obrade namirnica u prehrambenoj industriji.

2.5. Kvalitativna svojstva hrane

Pojedina kvalitativna svojstva mogu se grupirati u slijedeće skupine:

- Strukturna svojstva (gustoća, poroznost, veličina (promjer) pora, specifični volumen)
- Optička svojstva (boja, vanjski izgled)
- Svojstva teksture (čvrstoća, tvrdoća, elastičnost)
- Mehanička svojstva (staklasto, gumenasto, kristalično stanje)
- Senzorska svojstva (okus, miris, aroma)
- Nutritivna (prehrambena svojstva) (sadržaj visokovrijednih tvari, proteina, složenih ugljikohidrata) (Krokida i Philippopoulos, 2005).

Sva navedena svojstva bitno uvjetuju odabir procesa obrade hrane kao i privlačnost odnosno kvalitetu proizvoda koji se nakon obrade plasira na tržište. Proizvod može pokazivati odlične, loše, ili rezultate negdje između te dvije krajnosti na fizikalno-kemijskim analizama. Senzorska svojstva i karakteristike imaju najveći utjecaj pri odabiru potrošača, jer potrošač preko senzorskih svojstava poput boje, tvrdoće, elastičnosti, mirisa ostvaruje prvi kontakt s hranom i preko tog svojstva vrši odabir. Stoga, ako proizvod plasiran na tržište, ne pokaže dobre rezultate u njegovoj komercijalizaciji i prodaji, razloge zasigurno treba potražiti u senzorskim karakteristikama proizvoda te percepciji istih od strane potrošača.

2.5.1. Boja

Boja je važno optičko svojstvo svježe i prerađene hrane koje se svrstava u skupinu svojstava povezanih s kvalitetom hrane (Planinić, 2008). S obzirom da hrana sadrži obojene i originalno neobojene sastojke, boja nastaje kao rezultat intenzivnijeg reflektiranja svjetlosnih zraka određenih valnih duljina od njezine površine. Naime, svaki osvjetljeni objekt može ukupnu svjetlost ili dio ukupne svjetlosti koja je pala na njegovu površinu, reflektirati i/ili apsorbirati i/ili propustiti, ovisno o njegovoj prirodi, geometriji i površini, pri čemu se u oku promatrača stvara dojam određene boje predmeta. U praksi je ta svjetlost ograničena na dio spektra koji je vidljiv ljudskom oku, tj. na elektromagnetne valove duljine vala od 380 nm do 770 nm (Pomeranz i Meloan, 1994). Ljudsko oko može razlikovati i do 10^6 boja i njihovih nijansi što varira od čovjeka do čovjeka (Francis, 2005).

Kako bi se mjerenje boje moglo provesti sustavno i objektivno razvijeni su robusni, stabilni, prenosivi mjerni instrumenti (kolorimetri, kromometri) visoke osjetljivosti (Slika 11), kojima se lako rukuje. Matematički sustavi korišteni za rad (CIE-xyY, CIE-XYZ, CIE-LUV, CIE- $L^*a^*b^*$, Hunter-Lab), odobreni su od strane Međunarodne komisije za svjetlo i rasvjetu (CIE – *Commission Internationale de l'Eclairage*). CIE- $L^*a^*b^*$ sustav često nalazi primjenu u prehrambenoj industriji i to u istraživanjima koja uključuju prisutnost pojedinih prirodnih pigmenta (voće povrće) (Yost i sur., 2006; Maskan, 2001).



Slika 11. CM-3500d kolorimetar (Konica – Minolta, Japan) (vlastita fotografija)

2.5.2. Tekstura

Teksturu čini grupa svojstava pa se preferira naziv „teksturna svojstva“ radije nego „tekstura“, budući da uključuje niz parametara poput tvrdoće, čvrstoće, kohezivnosti, viskoznosti, elastičnosti, adhezivnosti itd. Primarno se doživljava osjetom dodira, obično u ustima, ali i drugi dijelovi tijela mogu biti uključeni, npr. ruke. Osim što utječu na odluku potrošača pri kupnji, teksturna svojstva utječu i na modulaciju oslobađanja okusa. Da bi se komponente okusa osjetile, moraju se prvo osloboditi iz matrice hrane kako bi došle do odgovarajućih receptora. Oslobađanje okusa bitno je povezano s načinom na koji se struktura hrane lomi u ustima, a posljedično i s početnom teksturom hrane i promjenom teksture tijekom žvakanja (Brnčić i sur., 2006).

Objektivno određivanje (mjerjenje) teksturnih svojstava hrane provodi se pomoću različitih specifičnih mjernih uređaja čiji odabir ovisi o strukturnim svojstvima hrane i o ciljanom svojstvu hrane (Planinić, 2008).

Na slici 12 prikazana je analiza teksturnog profila koja se izvodi za sve prehrambene proizvode. Za veći broj namirnica, kao i krumpir, vrši se analiza samo do „prvog zagriža“, jer je uzorak nakon prodiranja noža previše uništen za ponavljanje rezanja, te se ne dobivaju relevantni rezultati.



Slika 12. Grafički prikaz analize teksturnog profila prehrambenih proizvoda (Žutić, 2010).

Tvrdoća se iz dobivenog grafa računa kao maksimalna sila potrebna za prodiranje u uzorak, površina ispod krivulje predstavlja rad potreban za prvi zagriz, a elastičnost se mjeri kao udaljenost koju je nož prošao do početka prodiranja u uzorak.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. Materijali

Za potrebe istraživanja pripremljeni su gomolji krumpira sorte Lady Claire, dobiveni iz poduzeća Adria Snack Company d.o.o. u studenom 2018. gdje su skladišteni od jeseni 2018. Do procesiranja krumpir je skladišten u drvenim sanducima u kontroliranim uvjetima pri 8 °C te 100 % relativne vlažnosti. U cilju istraživanja napravljen je MPK koji se nalazio u 2%-tnoj otopini natrijeva askorbata tijekom tretiranja ultrazvukom visokog intenziteta s ciljem ispitivanja utjecaja samog tretmana na kvalitetu i stabilnost MPK tijekom skladištenja.

Tijekom istraživanja provedene su sljedeće analize:

- mjerenje teksture
- mjerenje boje
- određivanje ukupne suhe tvari i pH vrijednosti
- senzorske karakteristike

Za sirovi krumpir obavljene su sve spomenute analize osim senzorskog ocjenjivanja okusa, dok su za kuhani krumpir provedene sve navedene analize kao i sva senzorska svojstva.

3.2. Aparatura i pribor

- Kompaktni kuhinjski aparat (MCM62020, Bosch, Slovenija)
- Kuhinjska vaga (Mettler toledo PB602-L, Mettler toledo, Švicarska)
- Analitička vaga (KERN ABS 220-4, KERN & SOHN GmbH, Filipini)
- Ultrazvučna sonda (QSONICA SONICATORS, SAD)
- Vrećice za pakiranje u vakuumu (VB28/300, Gorenje, Slovenija)
- Uređaj za vakuumiranje (LAVEZZINI START GAS, Italija)
- Kolorimetar CM-3500 d (Konica-Minolta, Japan)
- Analizator teksture (Texture Analyser TA HDPlus, Stable Micro System, UK)

- Laboratorijski sušionik (ST-06, INSTRUMENTARIA, Hrvatska)
- pH metar (SevenEasy, Mettler-Toledo)
- Gulilica za krumpir
- Plastične posude
- Cjediljka
- Aluminijske posude
- Stakleni štapići
- Eksikator

3.3. Kemikalije

- Natrijev askorbat, (Sodium 100 % pure ascorbate, buffered vitamin C, Kina)
- Kvarcni pijesak, sitno zrnat-opran i užaren (GRAM-MOL d.o.o., Hrvatska)
- Destilirana voda

3.4. Metode rada

3.4.1. Način pripreme uzoraka MPK

Krumpir se prvo temeljito oprao u vodi, zatim se ručno gulio gulilicom te se fizički nožem uklanjala sva nepoželjna oštećenja s površine krumpira i ponovno se ispirao vodom. Kompaktnim kuhinjskim aparatom izrezan je na ploške debljine 4 mm te se odmah nakon toga podvrgavaju tretiranju te blagom prosušivanju prije vakuum pakiranja.

3.4.2. Tretman ultrazvukom i uvjeti skladištenja MPK

Narezan krumpir potapao se u posudu u kojoj se već nalazilo prethodno pripremljeno sredstvo protiv posmeđivanja, odnosno 2 %-tna otopina natrijeva askorbata. U u posudu sa cijelim sadržajem uranja se ultrazvučna sonda. Koristile su se sonde promjera 12, 19 ili 25 mm, frekvencije 20 kHz i amplitude 30 %, 60 % i 90 % u vremenima trajanja tretmana od 3,5; 5,5; 7,5 ili 9,5 minuta. Led u plastičnim vrećicama povremeno se stavljao u plastičnu posudu u kojoj se nalazila posuda s tretiranim sadržajem. Ta plastična posuda je ujedno i bila veća tako da bi se moglo nesmetano manipulirati s hlađenjem u svrhu održavanja temperature

ispod 40 °C. Nakon tretmana krumpira s uronjenom sonodom, pri određenoj amplitudi i određenom vremenu, otopina natrijeva askorbata se izlije, ispire se cijela posuda kao i sonda te se nastavlja dalje s novim pripremljenim sadržajem. U početku je bilo potrebno odrediti koja sonda pokazuje najbolje rezultate, odnosno koji je najpogodniji promjer sonde.

U svrhu racionalnog raspolaganja s količinom ispitivanog krumpira, potrebno je bilo ispitivati uzorke na način da u jednom tretiranju s određenom sondom, pri određenoj amplitudi i određenom vremenu tretmana, ploške krumpira se vade i slažu se na aluminijske folije, a da se proces odvija kontinuirano do 9 minuta a pri vremenima od 1,5; 3; 4,5; 6; 7,5 ili 9 minuta, vade se uzorci i podvrgavaju uvjetima oksidacije tj. ostavljeni su na zraku da bi se pratila njihova otpornost posmeđivanju. Budući da ploške nisu bile nikako zaštićene, takvi uzorci su bili podjednako izloženi ubrzanom oksidacijskom procesu u hladnjaku pri temperaturi 4 °C. Tako pripremljeni uzorci, ispitivani su na kolorimetru, kao i vizualno procijenjeni odmah nakon tretiranja i nakon 24 h sa svrhom odabira promjera sonde, a ujedno je utvrđen i centralni vremenski tretman uzorka. Prilikom kolorimetrijske analize najveća važnost pridavala se L* vrijednosti koja predstavlja svjetlinu, odnosno skalu sive boje, pri čemu je vrijednost 0 potpuno crna boja, a 100 potpuno bijela. Isti uzorci nastavili su se promatrati 2, 3, 4, 5, dan ali su promjene boje na uzorcima tj. posmeđivanje bilo toliko izraženo da više nije bilo moguće odrediti velike razlike. Tretman koji se pokazao najprikladnijim obzirom na smanjenu sklonost posmeđivanju krumpira, primjenjen je u daljnjem istraživanju. Oko 150 g posušениh ploški krumpira slagalo se u poliamidne/polietilenske vrećice jedno do druge ploške tako da su što ravnomjernije izložene uvjetima skladištenja te su vakumirane.

Tako pripremljeni uzorci skladišteni su u hladnjaku pri temperaturi od 4 °C ukupno 8 dana. Ispitivanja su provedena 1., 5. i 8. dan. Narezane, oprane i osušene ploške krumpira pakirane u vakuumu bez tretmana ultrazvukom u otopini natrijeva askorbata predstavljali su kontrolne uzorke.

Kuhani se krumpir pripremao na način da su se ploške stavljale u vrelu destiliranu vodu na temperaturi vrenja na 15 minuta. Voda i krumpir bili su u omjeru 5 : 1.

3.4.3. Određivanje teksture

Princip metode:

Tekstura se mjeri na analizatoru teksture kojemu se rad temelji na tlačenju odnosno rastezanju uzorka, što ovisi o načinu ispitivanja koje se provodi. Parametri koji se očitavaju u svrhu određivanja teksture ploški krumpira su brzina, dubina i sila prodiranja koje mjerni senzor prati prilikom pružanja otpora uzorka tijekom prodiranja alata u isti.

Postupak:

Analizator teksture, koji također mora biti povezan s računalom, korišten u istraživanju je bio analizator teksture TA HDPlus (Stable Micro Systems). Važna komponenta uređaja je cilindrična čelična sonda, ona je promjera 2 mm te probija uzorak s masom mjerne ćelije od 5 kg. Njena dubina prodiranja je 5 mm, a brzina sonde prije probijanja MPK je 1 mm s^{-1} , a $0,5 \text{ mm s}^{-1}$ tokom same analize. Službeni software koji dolazi od strane proizvođača se koristio za potrebe prikazivanja rezultata analize, koje je pak moguće prikazati na brojne načine. U radu prikazani su rezultati uz pomoć tri faktora: tvrdoća (N), elastičnost (mm) i rad (N mm). Trenutak probijanja, odnosno ulaska sonde u plošku MPK se očitava direktno i predstavlja vrijednost sile koja označava tvrdoću, koja je ujedno i vrijednost sile u najvišoj točki. Površina ispod krivulje grafa od početnog do trenutka probijanja uzorka predstavlja elastičnost, a rad je određen obradom podataka u službenom softwareu. Ispitivanje je provedeno na 3 različite ploške svakog uzorka.

3.4.4. Određivanje boje

Princip metode:

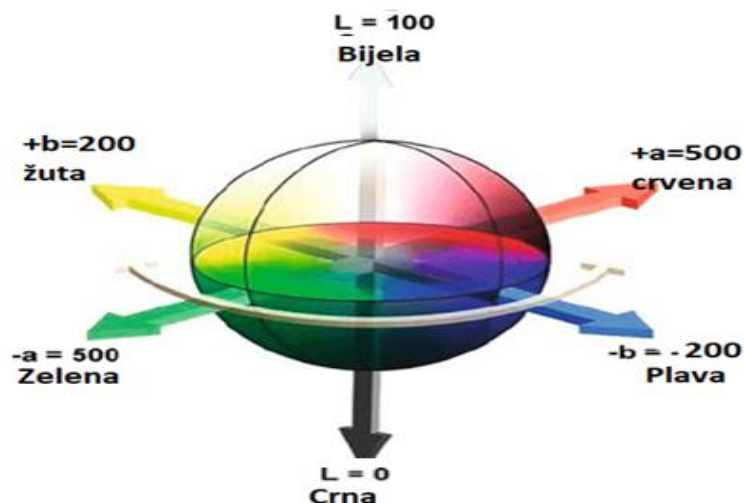
Boja se određivala na kolorimetru CIE LAB metodom. Iako ovaj sustav ne daje nužno u potpunosti točnu definiciju boje, vrlo je efikasan u određivanju razlike boja i praćenju promjene boje tijekom obrade i skladištenja hrane. Metoda koja je ujedno najbliža vizualnoj percepciji zasniva na promatranju trodimenzionalnog prostora boja koji je temeljen na objektivnom vrednovanju boja. Kao što pokazuje slika 13, koordinate L^* , a^* i b^* , kojima je određen trodimenzionalni prostor, međusobno zatvaraju sferičnu površinu. Koordinata L^* mjera je svjetline, a^* pokazuje stupanj zastupljenosti boja između crvene i zelene, a b^* na zastupljenost boja između plave i žute. Koordinate a^* i b^* služe još i za dobivanje vrijednosti h koja označava pak ton boje i vrijednost C koja predstavlja intenzitet ili zasićenost boje. Kolorimetar radi na principu mjerenja stupnja reflektirane svjetlosti od mjerene površine.

Prednost ovog sistema pred drugim sistemima boje njegova je kompatibilnost s percepcijom ljudskog oka, tj. udaljenost između dvije točke u koordinatnom sistemu (razlika između dvije boje). Izračunava se i definira kao fizikalna vrijednost ΔE^* koja je ujedno i mjera tolerancije ljudskog oka za razlikovanje boja (Tablica 1).

$$\Delta E^* = \sqrt{(L^* - L_{ref}^*)^2 + (a^* - a_{ref}^*)^2 + (b^* - b_{ref}^*)^2}$$

Postupak:

Budući da su ploške malo specifičnijeg oblika, netom prije mjerenja na uređaju treba odabrati ploču čiji otvor ima promjer pogodan za korišteni uzorak. Za MPK izabrana je ploča od 30 mm. Također se koristi i računalo na koje kolorimetar mora biti povezan, te se uz pomoć softvera Spectramagix NX kontroliraju sve postavke vezane uz rad kolorimetra. Prije svakog seta mjerenja radi se kalibracija sa čisto bijelim standardom (100%-tna refleksija) i crnim valjkom (0%-tna refleksija). Ispitivanje uzoraka se provodi postavljanjem ploške krumpira na otvor ploče tako da ploška prekrije cijelu površinu otvora i poklapanjem uzorka s crnim valjkom. Mjerenje je provedeno na tri različite ploške svakog uzorka.



Slika 13. Sferična površina omeđena L*a*b* koordinatama (Anonymous 7).

Tablica 1. Odnos između izračunate vrijednosti ΔE^* i tolerancije ljudskog oka za uočavanje razlike između boja (Xiao, 2008).

ΔE^*	Značenje
0 – 0,5	Razlike u tragovima
0,5 – 1,5	Mala razlika
1,5 – 3,0	Primjetna razlika
3,0 – 6,0	Značajna razlika
6,0 – 12,0	Velika razlika
> 12,0	Vrlo velika razlika

3.4.5. Određivanje ukupne suhe tvari

Princip metode:

Sve sirovine, pa tako i MPK se sastoji od vode i suhe tvari. Suhu tvar čine količina suhe tvari koja ostaje u sirovini, odnosno ne hlapi pod određenim uvjetima. Sušenjem na 105 °C ploški do konstantne mase određuje se udio suhe tvari.

Postupak:

U čistu i posušenu aluminijsku posudicu stavlja se kvarcni pijesak dovoljno da pokrije dno posudice, te se sve skupa stavlja na sušenje na 105 °C u trajanju od 60 minuta. Po završetku sušenja, posudica se hladi u eksikatoru s poluotvorenim poklopcem na 30 minuta. Nakon tog vremena, posudica se izvažuje na analitičkoj vagi s točnošću od $\pm 0,0002$ g. Zatim se na to stavlja ploške MPK te sve se zajedno važe na analitičkoj vagi s točnošću od $\pm 0,0002$ g. Slijedi sušenje na $105 \text{ °C} \pm 0,5 \text{ °C}$ na 3 sata, zatim se posudice s uzorkom stavlja na hlađenje u eksikator na 30 minuta. Nakon hlađenja, posudice s osušenim uzorkom se važu s točnošću od 0,0002 g. Mjerenja su se radila na dvije paralele za svaki uzorak.

Izračun:

Ukupna suha tvar se računa pomoću sljedeće formule:

$$\text{suha tvar (\%)} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0}$$

m_0 – masa posudice i kvarcnog pijeska

m_1 – masa iste posudice s uzorkom krumpira prije sušenja

m_2 – masa iste posudice s ostatkom nakon sušenja

3.4.6. Određivanje pH vrijednosti

Princip metode:

Metoda se bazira na određivanju koncentracije vodikovih iona C_{H^+} u uzorku. pH vrijednost očitana s uređaja SevenEasy” Mettler Toledo koji je korišten tokom ispitivanja, određena je koncentracijom vodikovih iona.

Postupak:

Potrebno je pripremiti homogenizirani uzorak u koji se uranja elektroda pH-metra, te se očitava vrijednosti na ekranu uređaja nakon stabilizacije prikazane vrijednosti. Elektroda se prije i poslije svakog mjerenja ispirala destiliranom vodom u svrhu uklanjanja eventualnih fizičkih zaostataka uzorka na zakrivljenim mjestima elektrode. Nakon toga se posušivala i koristila za slijedeći uzorak. Mjerenje pH vrijednosti radilo se u dva ponavljanja za svaki uzorak.

3.4.7. Senzorska ocjena

Princip metode:

Određivanje senzorskih svojstava, odnosno boje, teksture, okusa i mirisa ljudskim osjetilima temelj je senzorske procjene. Ocjenjivači su obučeni stručnjaci ili bez službene obuke.

Postupak:

Šest obučenih ocjenjivača provodili su senzorsku ocjenu svojstava te se ocjenjivao sirovi i kuhani MPK. Sirovom krumpiru ocjenjivali su se parametri boje (posmeđivanje), mirisa (karakterističan i strani) i teksture (vlažnost i tvrdoća), a kuhanom krumpiru boja (posmeđivanje), miris (karakterističan i strani), tekstura (vlažnost, tvrdoća i kremasta tekstura) te i okus (karakterističan, slatki, kiseli, slani, gorki i strani). Ocjenjivanje se radilo na skali od 1 do 5 pri čemu 1 označava neizraženo svojstvo, a 5 jako izraženo svojstvo uz mogućnost ocjenjivanja na pola ocjene. Srednje vrijednosti svih ocjenjivača za svaki uzorak i parametar predstavljaju rezultat senzorske ocjene.

3.4.8. Statistička obrada podataka

Za predočavanje srednje vrijednosti i standardne devijacije koristio se program MS Excel u kojemu su obrađeni eksperimentalno dobiveni podatci analiza. Kao statistička obrada podataka u programu GraphPad Prism 8.0.2 je provedena analiza varijance “ANOVA” koja izražava signifikantnost varijabli ($p < 0,05$) na rezultate istraživanja.

4. REZULTATI I RASPRAVA

Cilj ovog rada bio je pratiti i odrediti utjecaj različitih amplituda, promjera sonde i vremena tretmana ultrazvukom visokog intenziteta na proizvedeni MPK tijekom 8 dana skladištenja.

4.1. Odabir sonde

S obzirom na eksperimentalne zahtjeve, potrebno je odrediti optimalan promjer sonde kako bi se ostvarili najbolji rezultati. Najvažniji kriterij prema kojemu se je optimirao promjer sonde je boja uzoraka. Boja je prvi kriterij prilikom odabira potrošača, te se za potrebe istraživanja uzimao u obzir stupanj posmeđivanja uzoraka koji su bili tretirani različitim sondama, prije i nakon skladištenja u hladnjaku 24h. Kao što je prikazano u tablici 2 i tablici 3, najbolje rezultate L* vrijednosti, gdje je prikazana srednja, najmanja i najveća L* vrijednost tokom ispitivanja dobivene su korištenjem sonde promjera 19 mm. L* vrijednost predstavlja svjetlinu, gdje je vrijednost 0 potpuno crna boja, a 100 potpuno bijela. Usporedbom s referentnim uzorkom pokazalo se da se najmanje odstupanje u svjetlini postiže sondom promjera 19 mm, zatim 12, te na kraju s sondom najvećeg promjera od 25 mm.

Tablica 2. Vrijednost srednje, minimalne i maksimalne L* vrijednosti MPK odmah nakon tretiranja

	S12	S19	S25
A (L*)	57,62	58,89	56,28
min (L*)	47,88	47,01	48,23
max (L*)	68,15	69,29	64,19

Tablica 3. Vrijednost srednje, minimalne i maksimalne L* vrijednosti MPK nakon skladištenja 24 sata

	S12	S19	S25
A (L*)	55,89	56,08	53,84
min (L*)	49,39	46,47	43,00
max (L*)	62,72	66,23	63,05

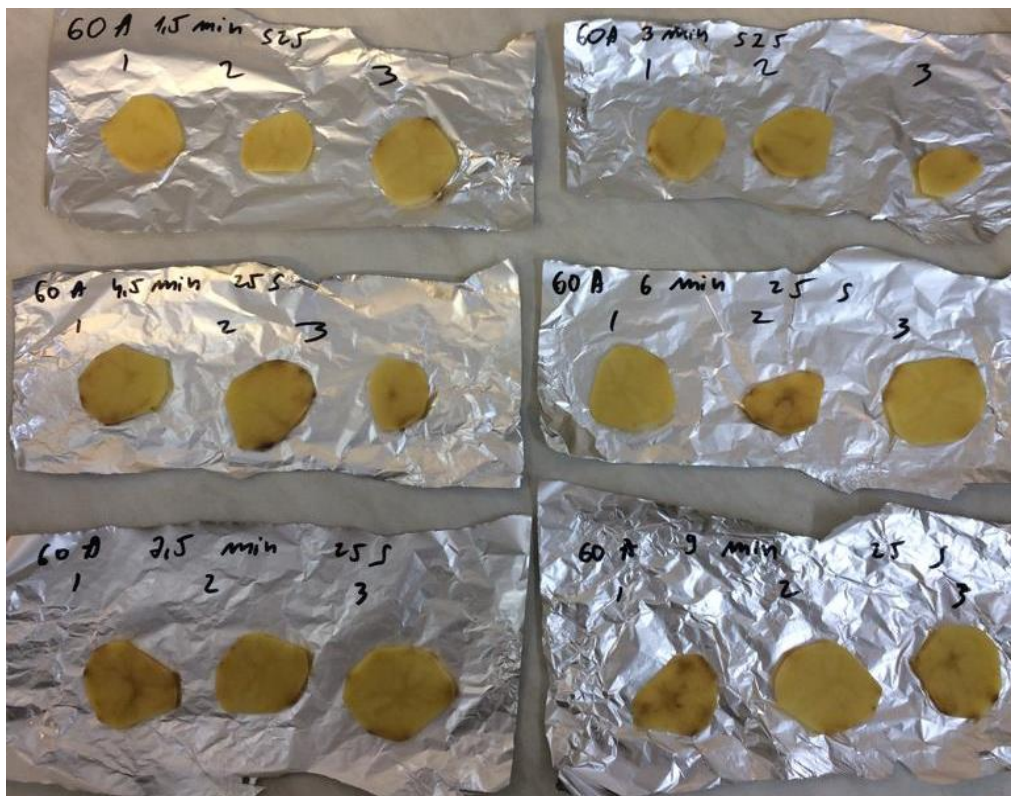
Isti uzorci prošli su i vizualnu procjenu na temelju prikazanih slika 14, 15 i 16, na kojima su prikazani uzorci tretirani sondama promjerna 12, 19 i 25 mm pri amplitudi od 60 %. Uzorci su fotografirani nakon skladištenja u trajanju od 24 h.



Slika 14. Uzorci nakon 24 h skladištenja tretirani sondom 12 mm (vlastita fotografija)



Slika 15. Uzorci nakon 24 h skladištenja tretirani sondom 19 mm (vlastita fotografija)



Slika 16. Uzorci nakon 24 h skladištenja tretirani sondom 25 mm (vlastita fotografija)

Nakon provedenih ispitivanja, na temelju dobivenih rezultata i optimizacije odlučeno je da se daljnja ispitivanja provode sa sondom promjera 19 mm.

4.2. Ukupna suha tvar i pH

U tablici 4 i tablici 5 prikazani su rezultati analize varijance ANOVA ukupne suhe tvari sirovih i kuhanih MPK. U tablici 6 prikazani su ukupni rezultati ukupne suhe tvari sirovih i kuhanih uzoraka MPK. Zbog topljivih sastojaka svi uzorci kuhanog krumpira imaju niže vrijednosti ukupne suhe tvari od sirovog. Ovaj rezultat je bio očekivan jer tijekom kuhanja krumpira dolazi do otapanja i zaostajanja određene količine topljive suhe tvari u vodi kao što su jednostavni šećeri (Toma i sur., 1978).

S određenim iznimkama, većina uzoraka pokazuje tendenciju rasta ukupne suhe tvari kako se povećava broj dana skladištenja. Značajnije fluktuacije u vrijednosti ukupne suhe tvari vidimo pri primijenjenim amplitudama od 30 % i 60 %. Gledano kroz dane pojedinačno svi sirovi tretirani uzorci pokazuju veće suhe tvari od kontrolnih za taj dan osim kod 8. dana te primjene amplitude od 90 % te 9,5 min trajanja tretmana, ali i tu je razlika statistički neznatna. Gledano na isti način kod kuhanih nema velike razlike u ukupnoj suhoj tvari osim kod 8. dana gdje svi tretirani kuhani pokazuju veću količinu suhe tvari u odnosu na kontrolni uzorak za taj dan. Prema dobivenim rezultatima skladištenje i tretman ultrazvukom imaju utjecaj na suhu tvar, ali nije poznato u kojoj mjeri utječe pojedini faktor.

Tablica 4. Rezultati analize varijance ukupne suhe tvari uzoraka MPK

Ukupna suha tvar sirov/kuhan	
F	23,92
p	<0,0001
R ²	0,9593

Tablica 5. Rezultati analize varijance ukupne suhe tvari unutar sirovih i kuhanih uzoraka MPK

	Ukupna suha tvar	
	sirov	Kuhan
F	2,453	1,622
P	0,004	0,077
R ²	0,7047	0,6119

Tablica 6. Rezultati ukupne suhe tvari sirovih i kuhanih uzoraka MPK

Amplituda (%)	Vrijeme tretmana UZV (min)	Sirov/kuhan	Ukupna suha tvar (%)		
			1. dan	5. dan	8. dan
	K	Sirov	22,86± 0,71	26,08± 1,89	27,63± 0,87
		Kuhan	22,03± 1,13	21,44± 0,72	20,25± 0,53
30	3,5	Sirov	28,89± 0,83	33,64± 3,99	29,53± 0,96
		Kuhan	24,03± 1,09	23,09± 0,53	25,15± 1,53
	5,5	Sirov	31,15± 1,87	31,61± 3,22	32,52± 2,32
		Kuhan	23,34 ± 0,26	24,48± 1,83	24,17± 1,80
	7,5	Sirov	30,03± 3,96	32,03± 2,43	35,43± 3,02
		Kuhan	22,72 ± 0,12	25,00± 1,92	25,86± 1,89
	9,5	Sirov	27,95± 1,20	30,68± 3,71	33,25± 1,16
		Kuhan	19,97 ± 0,73	25,19± 1,84	24,83± 2,93
60	3,5	Sirov	28,73± 0,41	29,98± 1,52	32,72± 0,08
		Kuhan	24,71± 2,60	26,41± 0,66	26,70± 0,17
	5,5	Sirov	28,03± 2,21	28,65± 3,43	31,59± 0,85
		Kuhan	21,75 ± 3,48	23,68± 3,2	23,08± 2,05
	7,5	Sirov	29,31± 3,30	28,12± 1,56	28,45± 0,86
		Kuhan	21,97 ± 0,49	23,21± 2,38	21,14± 0,45
	9,5	Sirov	28,40± 0,13	0,06± 0,58	27,82± 1,40
		Kuhan	24,88 ± 5,35	25,07± 1,92	24,42± 2,10
90	3,5	Sirov	29,63± 1,35	30,56± 1,38	32,43± 1,39
		Kuhan	20,46 ± 0,38	25,37± 1,57	22,21± 1,43
	5,5	Sirov	30,15± 1,77	27,72± 1,25	27,26± 1,40
		Kuhan	20,62 ± 3,36	23,05± 2,46	23,30± 0,83
	7,5	Sirov	31,2± 2,97	33,29± 2,91	33,11± 0,40
		Kuhan	22,11 ± 0,63	25,60± 1,29	25,99± 1,92
	9,5	Sirov	31,34 ± 3,29	27,58± 1,32	29,33± 2,10
		Kuhan	23,21± 0,50	24,74± 0,47	25,92± 1,71

Tablica 7 prikazuje rezultate analize varijance na pH između sirovog i kuhanog MPK, dok tablica 8 prikazuje ukupne rezultate pH vrijednosti sirovih i kuhanih uzoraka MPK pri različitim uvjetima. Kao što se vidi, vrijeme skladištenja ima značajan utjecaj na pH, svi uzorci tretirani tijekom 3,5 min, 5,5 min i 7,5 min (osim kod 7,5 min na amplitudi od 90%) bilježe pad pH vrijednosti sirovih i kuhanih uzoraka paralelno s danima skladištenja. Zanimljivo je da sirovi i kuhani uzorci tretirani tijekom 9,5 minuta na amplitudi od 90 % bilježe prvotno pad pH vrijednosti, a nakon toga rast.

Svi sirovi tretirani MPK pokazuju povećanje pH vrijednosti u odnosu na kontrolni nakon 1. dana skladištenja, a nakon toga pad pH vrijednosti u odnosu na kontrolni nakon 5. i 8. dana skladištenja.

Rocha i suradnici (2003) su isto tako pokazali sniženje pH tijekom skladištenja MPK pakiranog u vakuumu, no uzrok nije poznat. Bolje poznavanje biokemijskih reakcija i sinteze organskih kiselina u krumpiru moglo bi pojasniti ove rezultate. Snižavanje pH MPK tijekom skladištenja nepoželjno je jer izaziva negativne posljedice na senzorskim svojstvima, posebice promjenu okusa.

Tablica 7. Rezultati analize varijanci vrijednosti pH MPK

pH sirov/kuhan	
F	18,16
p	0,0535
R ²	0,9985

Tablica 8. Rezultati pH vrijednosti sirovih i kuhanih uzoraka MPK

Amplituda (%)	Vrijeme tretmana UZV (min)	Sirov/kuhan	pH		
			1. dan	5. dan	8. dan
K	K	Sirov	7,47± 0,01	7,43± 0,01	7,89± 0,01
		Kuhan	7,69± 0,07	7,57± 0,11	7,95± 0,14
30	3,5	Sirov	7,99± 0,01	7,33± 0,14	6,83± 0,11
		Kuhan	7,68± 0,01	7,42± 0,11	7,24± 0,13
	5,5	Sirov	8,07± 0,02	7,21± 0,02	7,26± 0,15
		Kuhan	7,67± 0,03	7,29± 0,02	7,09± 0,00
	7,5	Sirov	8,07± 0,04	7,14± 0,03	7,12± 0,00
		Kuhan	7,50± 0,05	7,14± 0,04	6,93± 0,03
	9,5	Sirov	7,91± 0,13	7,15± 0,03	7,25± 0,03
		Kuhan	7,81± 0,05	7,56± 0,01	7,30± 0,04
60	3,5	Sirov	7,83± 0,04	7,28± 0,04	7,19± 0,02
		Kuhan	7,32± 0,04	7,25± 0,00	6,98± 0,04
	5,5	Sirov	7,78± 0,01	7,17± 0,01	7,08± 0,01
		Kuhan	7,66± 0,01	7,58± 0,01	7,11± 0,02
	7,5	Sirov	7,96± 0,01	7,33± 0,01	7,23± 0,01
		Kuhan	7,50± 0,01	7,38± 0,01	6,95± 0,01
	9,5	Sirov	8,19± 0,04	7,41± 0,04	7,30± 0,04
		Kuhan	7,61± 0,01	7,30± 0,04	7,26± 0,04
90	3,5	Sirov	7,72± 0,01	7,45± 0,06	7,26± 0,07
		Kuhan	7,83± 0,01	7,46± 0,01	7,31± 0,06
	5,5	Sirov	7,77± 0,02	7,28± 0,00	7,07± 0,00
		Kuhan	7,53± 0,12	7,30± 0,02	6,99± 0,07
	7,5	Sirov	8,34± 0,01	7,15± 0,01	7,29± 0,08
		Kuhan	7,64± 0,05	6,99± 0,01	7,52± 0,01
	9,5	Sirov	7,80± 0,01	7,18± 0,01	7,84± 0,00
		Kuhan	7,41± 0,03	7,11± 0,01	7,62± 0,01

4.3. Tekstura MPK

U svrhu proučavanja utjecaja obrade na teksturu MPK bilo je potrebno raščlaniti dobivene rezultate na više teksturnih svojstava, specifično tvrdoću, elastičnost i rad utrošen tokom probijanja uzorka MPK. Promjene svake od svojstava pratile su se paralelno između sirovih i kuhanih uzoraka pojedinačno, kao i zajedničkom usporedbom i jednih i drugih. Kao što pokazuje tablica 9 postoji statistički značajna razlika u tvrdoći između sirovih i kuhanih uzoraka, što je posljedica toplinske obrade uzoraka pri kojoj dolazi do omekšavanja i smanjivanja tvrdoće. Značajne razlike u faktorima teksture nema između kuhanih uzoraka pojedinačno kao što pokazuju tablice 10, 11, i 12. Ipak, uz iznimke faktora elastičnosti na amplitudi od 30 % i vremenima od 5,5 do 9,5 min, kuhani uzorci bilježe blagi ili veći rast u parametrima teksture 5. dan skladištenja u odnosu na prvi što se vidi na tablici 14, koja prikazuje ukupne rezultate parametara teksture kuhanih MPK. Nakon 5. dana nema vidljive korelacije, odnosno neki uzorci pokazuju pad a drugi rast u pojedinim faktorima teksture.

Kao što je vidljivo u tablici 10 i tablici 11, dolazi do promjena u tvrdoći i elastičnosti u sirovim uzorcima. Slično kao i kod kuhanih, uz neke iznimke svi sirovi uzorci bilježe blagi ili veći rast u parametrima teksture 5. dan skladištenja u odnosu na prvi što se vidi na tablici 13, koja pokazuje ukupne rezultate parametara teksture sirovi MPK. Nakon toga opet se pokazuje da ne postoji korelacija između povećanja dana skladištenja i faktora teksture, odnosno negdje dolazi do omekšavanja negdje do otvrdnjavanja uzoraka. Omekšavanje tkiva krumpira smatra se jednom od većih prepreka za produljenje roka trajanja, a do njega dolazi pod utjecajem endogenih enzima na stanicu i rastom mikroorganizama (Rocha i Morais, 2001).

Svi sirovi MPK pokazuju pad vrijednosti parametra elastičnosti u odnosu na kontrolni na svaki dan skladištenja uz iznimku pri primjeni ultrazvuka 30 % i 3,5 minute trajanja tretmana.

Značajno povećanje u parametrima teksture sirovih MPK ostvareno je kod tretiranja uzorka u trajanju od 3,5 min na amplitudi od 60 % 5. dan skladištenja, nakon toga 8. dan opet se bilježi pad u vrijednostima.

U tekućem mediju sonifikacija uzrokuje kavitaciju, koja se sastoji u formiranju mjehurića u tekućini koji se eksplozivno raspadaju i stvaraju pritisak koji može pomoći ukloniti snažno vezanu vodu u uzorku. Ovakav tretman može uzrokovati i negativne učinke. Upotreba ultrazvučnih sondi, može imati agresivno djelovanje na površinu voća u usporedbi sa ultrazvučnom kupelji koja ima niski intenzitet (Režek Jambrak i sur., 2010).

Općenito, uz većinsko blago povećanje parametara teksture 5. dan skladištenja i kod sirovih i kuhanih nema neke korelacije promjene parametara teksture s dužim skladištenjem. Možda je trebalo provesti skladištenje još nekoliko dana u svrhu praćenja promjena. Također, osim u promjeni elastičnosti kod sirovih MPK, nema velike korelacije između primjene ultrazvuka i parametara teksture.

Tablica 9. Rezultati analize varijanci vrijednosti parametara teksture MPK

	sirov/kuhan		
	tvrdća	elastičnost	rad
F	37,6	6,277	17,18
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001
R ²	0,9488	0,7558	0,8944

Tablica 10. Rezultati analize varijanci vrijednosti tvrdće unutar sirovih i kuhanih MPK

tvrdća	sirov	kuhan
F	1,703	1,467
p	0,0271	0,0858
R ²	0,4531	0,4162

Tablica 11. Rezultati analize varijanci vrijednosti elastičnosti unutar sirovih i kuhanih MPK

elastičnost	sirov	kuhan
F	8,668	1,345
p	<0,0001	0,0685
R ²	0,8083	0,3987

Tablica 12. Rezultati analize varijanci vrijednosti rada unutar sirovih i kuhanih MPK

rad	sirov	kuhan
F	1,422	1,363
p	0,101	0,134
R ²	0,409	0,3986

Tablica 13. Vrijednosti parametara teksture sirovih uzoraka MPK

			Vrijednost parametara teksture		
Amplituda (%)	Vrijem tretmana UZV (min)	Parametar teksture	1. dan	5. dan	8. dan
		K	Tvrdoća (N)	7,21± 0,36	7,57± 0,69
Elastičnost (mm)			2,80± 0,76	2,87± 0,36	2,55± 1,72
Rad (N mm)			7,22± 0,68	8,02± 1,63	7,57± 1,66
30	3,5	Tvrdoća (N)	7,09± 0,84	7,97± 0,59	6,22± 3,63
		Elastičnost (mm)	3,81± 2,77	2,04± 0,35	2,03± 0,72
		Rad (N mm)	7,16± 1,58	8,84± 1,92	6,25± 3,36
	5,5	Tvrdoća (N)	7,70± 0,37	7,15± 0,09	8,88± 0,69
		Elastičnost (mm)	2,09± 0,55	2,18± 0,15	2,19± 0,30
		Rad (N mm)	6,87± 0,98	8,09± 3,05	9,14± 1,37
	7,5	Tvrdoća (N)	8,09± 1,47	8,93± 1,56	8,61± 1,07
		Elastičnost (mm)	2,14± 0,26	2,26± 0,36	2,53± 0,67
		Rad (N mm)	6,97± 0,93	10,34± 3,13	11,10± 3,25
	9,5	Tvrdoća (N)	7,56± 0,84	7,99± 0,99	9,27± 0,52
		Elastičnost (mm)	1,97± 0,19	2,29± 0,61	2,19± 0,14
		Rad (N mm)	7,07± 0,37	9,41± 2,95	8,97± 0,76
60	3,5	Tvrdoća (N)	7,35± 1,66	10,19± 1,42	7,33± 0,95
		Elastičnost (mm)	1,75± 0,17	2,44± 0,23	1,85± 0,32
		Rad (N mm)	6,12± 1,25	12,55± 2,19	7,11± 0,60
	5,5	Tvrdoća (N)	7,52± 0,54	8,16± 0,44	9,97± 1,96
		Elastičnost (mm)	1,80± 0,25	2,05± 0,42	2,22± 0,55
		Rad (N mm)	6,89± 0,98	8,57± 1,27	10,61± 4,32
	7,5	Tvrdoća (N)	7,64± 0,58	8,34± 0,35	8,02± 1,25
		Elastičnost (mm)	1,89± 0,40	2,28± 0,82	1,19± 0,23
		Rad (N mm)	6,86± 2,44	8,92± 1,69	7,70± 1,88
	9,5	Tvrdoća (N)	9,43± 1,02	8,89± 0,48	7,88± 1,31
		Elastičnost (mm)	2,32± 0,36	2,37± 0,22	2,25± 0,55
		Rad (N mm)	9,29± 1,94	9,48± 0,63	8,05± 2,40
90	3,5	Tvrdoća (N)	7,68± 0,14	7,54± 1,68	7,20± 0,24
		Elastičnost (mm)	1,89± 0,10	2,58± 0,51	1,87± 0,15
		Rad (N mm)	6,59± 0,40	10,24± 3,98	7,35± 0,93
	5,5	Tvrdoća (N)	7,78± 0,47	7,81± 1,31	6,88± 0,25
		Elastičnost (mm)	2,42± 0,31	1,93± 0,23	1,91± 0,37
		Rad (N mm)	7,93± 0,68	7,55± 0,49	6,76± 0,76
	7,5	Tvrdoća (N)	7,14± 0,61	8,11± 0,94	8,19± 0,71
		Elastičnost (mm)	2,72± 1,02	2,46± 0,40	1,98± 0,29
		Rad (N mm)	7,95± 0,60	8,82± 1,53	8,52± 0,90
	9,5	Tvrdoća (N)	8,25± 0,81	8,38± 1,16	8,43± 1,52
		Elastičnost (mm)	2,72± 0,12	1,67± 0,25	2,14± 0,61
		Rad (N mm)	7,97± 1,39	7,27± 2,03	8,98± 3,93

Tablica 14. Vrijednosti parametara teksture kuhanih uzoraka MPK

Amplituda (%)	Vrijeme tretmana UZV (min)	Parametar teksture	Vrijednost parametara teksture			
			1. dan	5. dan	8. dan	
30	K	Tvrdoća (N)	0,36±0,14	1,15± 0,06	1,19± 0,17	
		Elastičnost (mm)	0,96± 0,52	1,32± 0,59	1,73± 0,64	
		Rad (N mm)	0,19± 0,00	0,87± 0,23	2,02± 0,24	
	30	3,5	Tvrdoća (N)	0,28± 0,15	1,10± 1,06	0,89± 0,15
			Elastičnost (mm)	1,06± 0,72	1,44± 0,19	1,33± 0,68
			Rad (N mm)	0,30± 0,23	0,95± 0,96	2,34± 1,24
		5,5	Tvrdoća (N)	0,35± 0,16	0,48± 0,15	1,55± 0,73
			Elastičnost (mm)	0,94± 0,25	0,80± 0,63	1,52± 0,58
			Rad (N mm)	0,26± 0,13	0,40± 0,12	1,37± 0,76
7,5		Tvrdoća (N)	0,34± 0,18	1,95± 1,50	0,99± 0,64	
		Elastičnost (mm)	0,92± 0,26	0,48± 0,51	1,51± 0,35	
		Rad (N mm)	0,24± 0,17	1,53± 1,47	1,07± 0,89	
9,5		Tvrdoća (N)	0,33± 0,07	0,85± 0,38	0,73± 0,45	
		Elastičnost (mm)	1,09± 0,09	0,86± 0,11	1,15± 0,38	
		Rad (N mm)	0,29± 0,09	0,40± 0,18	0,41± 0,25	
60	3,5	Tvrdoća (N)	0,77± 0,43	1,78± 0,14	2,03± 0,92	
		Elastičnost (mm)	1,28± 0,25	2,67± 1,71	1,63± 0,84	
		Rad (N mm)	0,66± 0,37	2,44± 2,37	1,90± 1,71	
	5,5	Tvrdoća (N)	0,31± 0,08	0,62± 0,07	1,95± 1,21	
		Elastičnost (mm)	0,85± 0,12	0,94± 0,20	1,14± 0,31	
		Rad (N mm)	0,19± 0,06	0,38± 0,14	1,16± 0,79	
	7,5	Tvrdoća (N)	0,48± 0,15	0,57± 0,24	1,08± 0,56	
		Elastičnost (mm)	0,71± 0,17	0,97± 0,06	1,18± 0,24	
		Rad (N mm)	0,22± 0,05	0,36± 0,12	0,71± 0,40	
	9,5	Tvrdoća (N)	0,35± 0,04	0,56± 0,23	0,27± 0,13	
		Elastičnost (mm)	0,88± 0,23	1,36± 0,42	1,11± 0,22	
		Rad (N mm)	0,21± 0,08	0,45± 0,24	0,64± 0,53	
90	3,5	Tvrdoća (N)	0,48± 0,20	0,76± 0,42	0,92± 0,04	
		Elastičnost (mm)	0,98± 0,55	2,09± 2,13	0,88± 0,10	
		Rad (N mm)	0,33± 0,24	0,40± 0,22	0,46± 0,07	
	5,5	Tvrdoća (N)	0,48± 0,32	0,98± 0,00	0,89± 0,11	
		Elastičnost (mm)	1,19± 0,77	1,06± 0,29	1,00± 0,21	
		Rad (N mm)	0,51± 0,58	1,28± 1,90	0,53± 0,15	
	7,5	Tvrdoća (N)	0,38± 0,19	0,76± 0,48	0,89± 0,50	
		Elastičnost (mm)	1,22± 0,32	1,16± 0,59	2,76± 1,86	
		Rad (N mm)	0,38± 0,29	0,63± 0,52	2,45± 2,41	
	9,5	Tvrdoća (N)	0,47± 0,10	0,86± 0,04	1,88± 0,43	
		Elastičnost (mm)	1,29± 0,48	2,57± 1,93	1,44± 0,04	
		Rad (N mm)	0,41± 0,18	1,10± 0,58	1,52± 0,23	

4.4. Parametri boje MPK

U tablicama 15, 16 i 17 dani su rezultati analize varijanci za parametre boje MPK. Statistički značajne promjene javljaju se u svim parametrima boje između kuhanih i sirovih MPK kao i unutar kuhanih MPK. Unutar sirovih MPK značajne promjene javljaju se u L^* , b^* i C^* vrijednostima.

Samo posmeđivanje MPK predstavlja najveći problem za uspostavljanje kvalitete, stabilnosti kao i sigurnosti MPK tokom skladištenja. Bitna stavka naravno predstavlja i percepcija potrošača takvog proizvoda. Samim time, Cantos i suradnicima (2012), od svih mjerenih parametara najbolji pokazatelj posmeđivanja MPK je pokazatelj svjetline, L^* .

Podaci u tablici 18, 19 i 20, odnosno tablici 21, 22 i 23, gdje su prikazani sumarni rezultati parametara boje sirovog, odnosno kuhanog MPK, ukazuju veće L^* vrijednosti svih tretiranih uzoraka u usporedbi s kontrolnim za taj dan, bez obzira na duljinu trajanja tretmana.

Razlika između L^* vrijednosti kontrolnog i tretiranih uzoraka najviša je 5. dan skladištenja kod sirovih uzoraka u odnosu na ostale dane skladištenja što znači da primjena ultrazvuka nakon nekog perioda ne pomaže održavanju svjetline sirovih uzoraka, odnosno da je kasnije došlo ipak do posmeđivanja uzoraka bez obzira koja duljina tretmana bila primjenjena. Najveće konstantne L^* vrijednosti sirovih MPK kroz dane skladištenja ostvarena je pri amplitudi od 90 % i trajanju tretmana 7,5 minuta.

Zanimljivo, razlika između L^* vrijednosti kontrolnog i tretiranih uzoraka najviša je 8. dan skladištenja kod kuhanih uzoraka, što pokazuje da se s duljim skladištenjem ipak očuvala svjetlina kod kuhanih uzoraka, no tu naravno osim ultrazvuka i primjene askorbinske kiseline velik utjecaj naravno ima i termalna obrada, odnosno kuhanje. Zasićenost boje C^* pokazuje tendenciju pada kroz dane skladištenja između kontrolnog i tretiranih uzoraka, što pokazuje da ultrazvuk je imao djelovanje na tu komponentu, ali nije primijećena korelacija između vremena trajanja tretmana i trenda zasićenosti boje C^* . Ton boje h pokazuje tendenciju rasta kroz 1. i 5. dan skladištenja kod tretiranih u odnosu na kontrolne uzorke kod kuhanih, a kod sirovih uzoraka nakon prvog dana skladištenja ton boje kod tretiranih je u sličnim vrijednostima u odnosu na kontrolne dok nakon 5. i 8. dana bilježi se blagi do srednji rast. Vrijednost faktora b^* pada kod tretiranih uzoraka u odnosu na kontrolne za svaki dan skladištenja kada govorimo o sirovim uzorcima, kod kuhanih također pokazuje tendenciju pada 1. i 5. dan skladištenja. Uz iznimku kod 5. dana skladištenja, gdje dolazi do njenog

malog povećanja pri tretmanu primijenjene amplitude od 60 % te 3,5 minute trajanja ultrazvuka. Kod 8. dana nema korelacije između promjene b^* vrijednosti i tretiranih uzoraka u odnosu na kontrolni odnosno, negdje raste a negdje pada kod tretiranih u odnosu na isti.

Vrijednost a^* niža je na svim sirovim tretiranim uzorcima bez obzira na uvjete tretmana kod svakog dana skladištenja u odnosu na kontrolu taj dan. Kod kuhanih pak, ista vrijednost iste komponente je manja nakon 1. dana skladištenja u odnosu na kontrolu isti dan, nakon 5. dana se kreće više manje unutar istih vrijednosti ili blagoj većoj kod tretiranih u odnosu na kontrolu, a nakon 8. dana se kreće u blago većim vrijednostima u odnosu na kontrolu za taj dan. U istraživanju utjecaja ultrazvuka na kvalitetu MPK, Amaral i suradnici (2014) pokazali su da ultrazvuk pozitivno djeluje na svjetlinu L^* MPK, a time i na sprečavanje posmeđivanja. Točan mehanizam ili uzrok utjecaja ultrazvuka na sprečavanje posmeđivanja MPVP, a posebice MPK nije u potpunosti razjašnjen te javljaju se razlike među zaključcima pojedinih istraživača.

Kombinacija askorbinske kiseline i ultrazvuka se ipak u više navrata pokazao dobrim izborom za sprečavanje posmeđivanja MPK. Li i suradnici (2016) tretirali su MPK L-cisteinom, limunskom kiselinom, askorbinskom kiselinom, ultrazvukom i kombinacijom pojedinih. Od svih tretmana, kombinacija ultrazvuka i askorbinske kiseline pokazala se najefikasnijom u sprečavanju posmeđivanja te su aktivnosti enzima PPO i POD znatno niže primjenom tog tretmana. Jang i suradnici (2011) pratili su utjecaj kombiniranog tretmana askorbinskom kiselinom i ultrazvukom na aktivnost PPO i POD minimalno procesirane jabuke pri čemu je isto tako pokazana visoka efikasnost takvog tretmana, ali ipak je nužno provesti prodornija istraživanja u svrhu određivanja optimalnih uvjeta tretmana u svrhu prevencije posmeđivanja efikasnom inaktivacijom neželjene enzimske aktivnosti.

Tablica 15. Rezultati analize varijanci vrijednosti parametara boje MPK

sirov/kuhan					
	L^*	a^*	b^*	C^*	h
F	2,412	124	11,88	10,59	33,48
p	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
R^2	0,545	0,984	0,854	0,839	0,943

Tablica 16. Rezultati analize varijanci vrijednosti parametara boje unutar sirovih MPK

Sirovi					
	L*	a*	b*	C*	h
F	1,914	0,8032	1,742	1,743	0,9638
P	0,0096	0,7626	0,0224	0,0223	0,5375
R ²	0,4856	0,2837	0,4587	0,4588	0,3192

Tablica 17. Rezultati analize varijanci vrijednosti parametara boje unutar kuhanih MPK

Kuhani					
	L*	a*	b*	C*	h
F	1,859	11,94	3,707	3,731	2,856
P	0,0127	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
R ²	0,4782	0,8548	0,6433	0,6448	0,5814

Tablica 18. Vrijednosti parametara boje sirovih uzoraka MPK pri amplitudi 30 %

Amplituda (%)	Vrijeme tretmana (min)	Parametri boje sirovi uzorak			
		Parametar boje	1. dan	5. dan	8. dan
Kontrola	0	L*	54,72±1,53	51,03±0,94	52,71±2,17
		a*	-0,71±0,53	2,99±0,22	1,00±0,78
		b*	28,45±0,25	30,00±1,77	29,37±2,48
		c*	28,47±0,55	28,00±2,77	28,75±3,23
		h*	92,01±0,62	90,38±0,41	88,80±0,14
30	3,5	L*	60,84±5,93	59,56±5,94	57,71±2,17
		a*	-0,91±0,09	-0,96±0,11	-0,51±0,98
		b*	26,07±5,35	24,00±4,77	23,73±5,48
		c*	26,09±5,35	24,02±4,77	23,75±5,47
		h*	92,07±0,64	92,33±0,46	91,61±2,42
	5,5	L*	55,65±3,68	55,19±5,01	61,49±3,11
		a*	-1,14±0,41	-1,17±0,07	-1,25±0,09
		b*	22,10±3,47	20,00±1,75	24,80±1,13
		c*	22,13±3,45	20,03±1,75	24,83±1,12
		h*	93,09±1,47	93,38±0,46	92,90±0,36
	7,5	L*	56,44±1,74	62,40±1,27	56,43±5,27
		a*	-1,04±0,31	-0,94±0,16	-1,14±0,39
		b*	23,87±1,75	24,13±1,63	22,54±2,86
		c*	23,89±1,74	24,15±1,63	22,57±2,86
		h*	92,53±0,93	92,26±0,50	92,90±1,00
	9,5	L*	59,10±4,07	57,63±3,17	60,96±2,33
		a*	-0,96±0,66	-1,05±0,20	-0,76±0,26
		b*	24,24±3,25	23,96±2,12	25,72±0,69
		c*	24,27±3,22	23,99±2,12	25,73±0,69
		h*	92,43±1,75	92,55±0,63	91,70±0,59

Tablica 19. Vrijednosti parametara boje sirovih uzoraka MPK pri amplitudi 60 %

Vrijeme tretmana (min)	Parametri boje sirovi uzorak			
	Parametar boje	1. dan	5. dan	8. dan
3,5	L*	60,27±3,04	59,85±2,54	64,69±3,75
	a*	-0,92±0,18	-0,90±0,11	-0,64±0,35
	b*	25,28±2,34	25,06±1,49	27,14±2,00
	c*	25,30±2,33	25,08±1,49	27,15±1,99
	h*	92,12±0,62	92,07±0,38	91,39±0,88
5,5	L*	54,98±0,62	54,77±2,70	56,91±2,64
	a*	-1,05±0,27	-0,97±0,40	-0,65±0,24
	b*	22,89±2,51	21,78±2,63	24,66±2,25
	c*	22,92±2,49	21,81±2,61	24,67±2,24
	h*	92,70±0,97	92,66±1,29	91,55±0,69
7,5	L*	56,73±0,83	56,31±2,47	55,35±4,43
	a*	-1,08±0,20	-1,20±0,10	-0,88±0,20
	b*	23,35±1,13	22,00±2,20	22,78±2,78
	c*	23,37±1,12	22,03±2,19	22,80±2,77
	h*	92,66±0,57	93,14±0,37	92,28±0,74
9,5	L*	55,08±2,46	59,25±4,60	54,08±3,24
	a*	-0,94±0,16	-1,03±0,38	-1,22±0,19
	b*	23,11±1,24	25,51±3,00	21,00±0,67
	c*	23,13±1,23	25,53±2,99	21,04±0,67
	h*	92,35±0,51	92,37±1,08	93,31±0,51

Tablica 20. Vrijednosti parametara boje sirovih uzoraka MPK pri amplitudi 90 %

Vrijeme tretmana (min)	Parametri boje sirovi uzorak			
	Parametar boje	1. dan	5. dan	8. dan
3,5	L*	57,95±1,05	55,98±5,86	59,41±0,81
	a*	-1,02±0,09	-1,06±0,33	-0,90±0,16
	b*	23,66±1,40	21,36±1,67	24,04±0,89
	c*	23,68±1,40	21,40±1,68	24,05±0,88
	h*	92,49±0,38	92,81±0,66	92,14±0,44
5,5	L*	56,08±5,70	53,71±3,77	55,53±2,45
	a*	-0,76±0,66	-1,35±0,14	-1,03±0,12
	b*	23,14±4,59	18,82±1,46	20,92±2,76
	c*	23,16±4,56	18,87±1,45	20,95±2,75
	h*	92,16±2,25	94,13±0,67	92,88±0,70
7,5	L*	61,81±7,51	63,72±4,16	62,21±6,60
	a*	-0,87±0,15	-1,01±0,47	-0,97±0,56
	b*	26,61±2,63	24,02±2,44	24,43±2,85
	c*	26,62±2,62	24,05±2,42	24,46±2,83
	h*	91,89±0,47	92,51±1,35	92,39±1,51
9,5	L*	60,17±2,58	56,76±3,89	60,63±1,37
	a*	-0,87±0,34	-1,00±0,20	-0,95±0,21
	b*	25,97±1,73	22,32±2,09	23,56±1,38
	c*	25,98±1,73	22,35±2,07	23,58±1,36
	h*	91,93±0,75	92,63±0,78	92,33±0,64

Tablica 21. Vrijednosti parametara boje kuhanih uzoraka MPK pri amplitudi 30 %

Amplituda (%)	Vrijeme tretmana (min)	Parametri boje kuhani uzorak			
		Parametar boje	1. dan	5. dan	8. dan
Kontrola	0	L*	55,72±0,44	50,04±0,88	48,22±0,19
		a*	-4,18±0,22	-5,44±0,22	-5,58±0,67
		b*	18,78±4,10	15,11±0,25	13,77±0,09
		c*	18,23±1,43	15,5±0,42	19,44±3,21
		h*	104,53±0,44	107,63±1,26	111,41±2,15
30	3,5	L*	56,49±0,53	54,58±6,34	50,91±4,29
		a*	-5,16±0,21	-5,06±0,35	-5,19±0,62
		b*	14,74±2,52	9,75±0,69	16,54±4,62
		c*	15,63±2,43	10,5±0,40	17,41±4,26
		h*	109,53±0,49	113,63±9,89	108,37±5,93
	5,5	L*	60,38±1,53	61,6±2,42	65,58±1,65
		a*	-4,99±0,39	-5,20±0,16	-5,12±0,18
		b*	12,43±2,79	11,75±0,22	12,78±1,51
		c*	13,42±2,65	12,85±0,24	13,78±1,33
		h*	112,35±4,16	113,86±0,51	112,03±3,19
	7,5	L*	64,55±1,25	57,02±4,44	61,15±2,25
		a*	-5,54±0,14	-5,04±0,18	-5,06±0,28
		b*	13,72±2,50	13,36±0,25	14,77±1,09
		c*	14,82±2,33	14,27±0,30	15,62±1,03
		h*	112,36±3,61	110,68±0,31	108,95±1,69
	9,5	L*	63,52±1,43	61,29±6,04	64,26±3,63
		a*	-5,18±0,13	-5,17±0,46	-5,19±0,12
		b*	12,79±0,46	14,92±3,07	12,85±1,01
		c*	13,80±0,46	15,79±3,04	13,86±0,97
		h*	112,07±0,53	109,43±2,41	112,04±1,18

Tablica 22. Vrijednosti parametara boje kuhanih uzoraka MPK pri amplitudi 60 %

Vrijeme tretmana (min)	Parametri boje kuhani uzorak			
	Parametar boje	1. dan	5. dan	8. dan
3,5	L*	57,66±4,85	61,16±8,63	62,62±5,22
	a*	-5,09±0,06	-5,10±0,16	-4,83±0,50
	b*	16,23±2,26	15,19±2,94	15,82±3,03
	c*	17,02±2,14	16,04±2,81	16,58±2,78
	h*	107,61±2,46	108,94±3,28	107,45±4,42
5,5	L*	67,32±1,52	56,83±1,88	60,00±1,89
	a*	-5,05±0,15	-5,41±0,08	-5,37±0,41
	b*	13,45±1,42	14,07±2,49	13,68±1,17
	c*	14,37±1,36	15,09±2,3	14,70±1,19
	h*	110,68±1,82	111,4±3,84	111,45±1,22
7,5	L*	59,60±2,04	62,84±4,11	63,54±1,27
	a*	-5,14±0,10	-5,43±0,13	-5,04±0,70
	b*	17,31±1,71	12,83±0,15	15,26±5,63
	c*	18,06±1,62	13,93±0,18	16,17±5,24
	h*	106,64±1,74	112,95±0,28	109,9±7,53
9,5	L*	59,16±1,74	61,45±2,68	62,69±2,66
	a*	-4,90±0,33	-5,39±0,10	-5,38±0,09
	b*	13,37±3,04	12,91±0,70	13,51±0,87
	c*	14,26±2,95	13,99±0,69	14,55±0,78
	h*	110,55±3,27	112,67±0,71	111,74±1,56

Tablica 23. Vrijednosti parametara boje kuhanih uzoraka MPK pri amplitudi 90 %

Vrijeme tretmana (min)	Parametri boje kuhani uzorak			
	Parametar boje	1. dan	5. dan	8. dan
3,5	L*	57,17±4,68	57,93±1,23	64,38±2,49
	a*	-4,77±0,36	-5,28±0,36	-5,43±0,25
	b*	13,79±2,50	14,97±2,55	12,94±4,26
	c*	14,61±2,37	15,9±2,30	14,09±4,02
	h*	109,41±3,31	109,83±4,11	113,85±5,88
5,5	L*	60,21±4,28	62,18±3,73	64,36±1,02
	a*	-5,27±0,33	-5,35±0,49	-5,35±0,09
	b*	13,86±3,96	13,03±3,97	14,55±1,65
	c*	14,87±3,80	14,12±3,77	15,52±1,53
	h*	111,61±4,75	113,33±5,74	110,35±2,45
7,5	L*	57,43±4,21	59,28±2,88	60,01±5,18
	a*	-4,78±0,27	-4,90±0,32	-4,77±0,17
	b*	14,34±2,16	14,06±0,54	15,39±3,61
	c*	15,12±2,10	14,90±0,43	16,13±3,45
	h*	108,62±2,16	109,22±1,71	107,79±4,12
9,5	L*	63,83±5,01	64,97±5,16	61,28±3,01
	a*	-5,33±0,15	-4,85±0,72	-5,06±0,03
	b*	17,96±1,87	14,94±3,90	14,75±0,47
	c*	18,74±1,81	15,78±3,50	15,60±0,44
	h*	106,64±1,5	108,98±6,72	108,95±0,64

Tablica 24. Rezultati promjene boje (ΔE^* vrijednosti) sirovih MPK

Amplituda (%)	Vrijeme tretmana (min)	Sirovi Uzorak		
		1. dan	5. dan	8. dan
30	3,5	6,65±5,35	7,91±5,82	9,45±2,98
	5,5	11,11±4,98	12,9±4,72	5,36±1,99
	7,5	9,66±0,80	4,92±2,03	10,22±5,91
	9,5	7,44±4,32	8,40±3,80	4,95±1,21
60	3,5	5,50±3,75	6,17±2,08	3,72±0,07
	5,50	11,83±,65	12,01±3,67	8,73±3,25
	7,5	9,50±1,27	10,67±2,96	10,98±5,14
	9,5	11,92±2,7	6,47±5,06	13,04±3,05
90	3,5	8,42±0,04	11,48±5,44	6,91±1,19
	5,5	10,2±7,23	14,69±3,76	11,95±3,32
	7,50	7,20±1,81	5,75±2,22	7,05±3,36
	9,5	5,56±1,94	10,6±1,53	6,57±0,24

Tablica 25. Rezultati promjene boje (ΔE^* vrijednosti) kuhanih MPK

Amplituda (%)	Vrijeme tretmana (min)	Kuhani Uzorak		
		1. dan	5. dan	8. dan
30	3,5	16,20 \pm 2,77	16,9 \pm 5,36	13,92 \pm 2,75
	5,5	17,62 \pm 3,27	17,68 \pm ,36	16,36 \pm 1,43
	7,5	15,55 \pm 2,38	17,78 \pm 2,10	14,90 \pm 1,13
	9,5	16,38 \pm 0,48	15,42 \pm 3,43	16,52 \pm 0,69
60	3,5	15,16 \pm 3,40	15,87 \pm 4,10	14,28 \pm 1,50
	5,5	15,89 \pm 1,33	17,09 \pm 2,91	16,28 \pm 0,88
	7,5	13,18 \pm 1,19	16,76 \pm 0,75	14,06 \pm 5,32
	9,5	16,67 \pm 3,01	16,71 \pm 0,36	15,92 \pm 1,25
90	3,5	17,45 \pm 2,09	15,81 \pm 2,47	16,40 \pm 3,94
	5,5	16,19 \pm 4,66	16,54 \pm 4,30	14,69 \pm 1,57
	7,5	17,16 \pm 2,64	16,11 \pm 0,77	15,02 \pm 3,95
	9,5	12,28 \pm 1,02	14,87 \pm 3,26	14,96 \pm 1,16

Većina sirovih MPK pokazuje velike razlike u odnosu na referentni uzorak kroz sve dane skladištenja, kao što je prikazano na tablici 24. Iznimke kod sirovih se javljaju u tretmanima u trajanju od 3,5 min pri amplitudi 30 %, 9,5 minuta tretman pri amplitudi 90 % 1.dan skladištenja; 5. dan skladištenja tretmani u trajanju 7,5 minuta pri amplitudama 30 i 90 %; 8. dan skladištenja tretmani pri amplitudi od 30 % u trajanju od 5,5 i 9,5 minuta i 3,5 minute tretman pri amplitudi od 60 %. U svim iznimkama razlike su značajne. Najujednačenija kretanja ΔE^* se vide pri tretmanu ultrazvukom u trajanju od 7,5 minuta te amplitudi od 90 % kod sirovih MPK.

Tablica 25 prikazuje rezultate ΔE^* vrijednosti boje kuhanih MPK, svi kuhani MPK pokazuje vrlo velike razlike u odnosu na referentni uzorak kroz sve dane skladištenja. Najmanje su vrijednosti pri amplitudi 90 % i trajanju tretmana od 9,5 minuta.

4.5. Senzorska ocjena MPK

Kao i kod svih prehrambenih proizvoda, dobra senzorska ocjena predstavlja važnu komponentu kako u pogledu potvrde potrošaču o sigurnosti proizvoda, tako i u činjenici da danas, ukoliko proizvod nije zanimljiv potrošačima, vrlo vjerojatno nećemo moći govoriti o nikakvoj mogućoj komercijalizaciji istih. Svi odlični rezultati se mogu ostvariti tokom analize kvalitete i sigurnosti proizvoda, ali ukoliko se on ne pokaže uspješan na tržištu, razlog tome bit će zasigurno i u senzorskim karakteristikama proizvoda.

Djelovanje tretmana ultrazvukom na senzorska svojstva još nije u potpunosti razjašnjen te ovim radom nastoji se povezati ono što pokazuju laboratorijske analize uspoređujući sa senzorskim ocjenama od strane potrošača.

Tablice 26, 27 i 28 prikazuju rezultate analize varijanci senzorske ocjene za sirovi i kuhani MPK. Budući da se kuhani kušao, tablica 29 prikazuje pak rezultate analize varijanci okusnih komponenti unutar kuhanih MPK, tretiranih pri definiranim ali različitim uvjetima. Statistički značajne promjene javljaju se kod vlažnosti i tvrdoće između kuhanih i sirovih MPK, dok unutar sirovih i unutar kuhanih MPK statistički značajna odstupanja javljaju se u tvrdoći.

Tablice 30 i 31 pokazuju rezultate senzorske ocjene sirovih, odnosno kuhanih MPK. Parametar posmeđivanja pokazuju tendenciju pada kod svih tretiranih uzoraka u odnosu na kontrolne taj dan što je pokazano i kolorimetrom usporedbom L^* vrijednosti. Gledajući ocjene sirovih i kuhanih krumpira tijekom cijelog skladištenja, uzorak tretiran pri amplitudi od 90 % pokazuje najbolje rezultate u sprečavanju posmeđivanja, gdje se najbolji rezultati općenito pokazuju između 5,5 – 7,5 minuta.

Na parametre mirisa djelovanje ultrazvuka pokazuje pozitivne rezultate, odnosno kod sirovih MPK karakterističan miris pokazuje tendenciju rasta u odnosu na kontrolni kroz sve dane skladištenja, kod kuhanih pak pokazuje održavanje vrijednosti sličnoj kontrolnom nakon 1. i 5. dana, ali zanimljivo pokazuje tendenciju rasta karakterističnog mirisa u odnosu na kontrolu za 8. dan skladištenja. Najbolji rezultati se pokazuju na amplitudama od 90 %. Strani miris se održava u približno sličnim vrijednostima s kontrolnim, nakon toga pokazuje tendenciju pada nakon 5. i 8. dana i kod sirovih i kod kuhanih MPK. Negativne komponente mirisa se ostvaruju kod kontrolnih uzoraka, osobito nakon 8. dana i kod sirovih i kuhanih. Parametar

vlažnosti za sirovi i kuhani krumpir nije se značajno mijenjao tijekom skladištenja za sve uzorke neovisno o tretmanu.

Ocjena tvrdoće općenito raste s danima skladištenja i kod sirovih i kod kuhanih MPK, što se ne podudara s onim što su pokazali rezultati analizatora teksture gdje su vrijednosti parametara (teksture tako i tvrdoće) generalno rastu do 5. dana skladištenja, a nakon toga nema korelacije između dana skladištenja i tih vrijednosti.

Senzorska ocjena i vlažnosti i tvrdoće su manje izraženi u kuhanim uzorcima što je i očekivano. Kremoznost teksture kuhanih MPK pokazuje sklonost rasta u svih tretiranih uzoraka u odnosu na kontrolne za svaki dan skladištenja. Na temelju ovih rezultata, tretman ultrazvukom nije imao značajan negativni utjecaj na parametre teksture, što više, pokazuje pozitivni pomak u povećanju kremoznosti kuhanih. Ono što se uvijek nastoji održati jest naravno karakterističan okus MPK. Nakon prvog dana skladištenja svi tretirani uzorci pokazuju iste ili manje vrijednosti tog parametra u odnosu na kontrolne. No zanimljivo, nakon 5. dana i 8. dana skladištenja svi tretirani uzorci pokazuju veće vrijednosti karakterističnog okusa u odnosu na kontrolne, što znači da je tretman ultrazvukom imao pozitivan utjecaj. Najbolji rezultat ostvaren je pri primjeni ultrazvuka amplitude od 90 % i trajanju od 7,5 minuta trajanja tretmana.

Slatki, kiseli, slani i gorki okusi nisu bili izraženi tijekom skladištenja na svim uzorcima. Kiseli okus posebice je neizražen što je zanimljivo jer mjerenjem pH metrom utvrđen je generalan pad pH vrijednosti s odmakom vremena ali on očito nije pao dovoljno do granice osjetljivog. Strani okus pokazuje se blago izraženiji kod svih tretiranih uzoraka u odnosu na kontrolni nakon 1. i 5. skladištenja, ali kasnije pokazuje manju izraženost u svim tretiranim u odnosu na kontrolne na 8. dan skladištenja. Ipak sve se te vrijednosti kreću unutar sličnih te nisu posebno izražene.

Uzimanjem u obzir svih parametara senzorske ocjene vidljiv je pozitivan utjecaj tretmana na sprečavanje posmeđivanja, tekstura MPK ostala je gotovo nepromijenjena, uz povećanje kremoznosti, a ostvaren je i pozitivan utjecaj na miris MPK. Dulji tretman ultrazvukom bitno je utjecao na sve navedene učinke, a pozitivan učinak sprečavanja posmeđivanja približno je isti u svim tretiranim uzorcima. Za održavanje čim boljih senzorskih svojstava najbolje se pokazala primjena amplitude od 90 %, posebno trajanje tretmana od 7,5 minuta pokazuje najbolje rezultate jer ima podjednako pozitivan utjecaj na sprečavanje posmeđivanja kao i pozitivan utjecaj na sve ostale komponente senzorske ocjene.

Tablica 26. Rezultati analize varijance senzorske ocjene MPK

Senzorska ocjena sirov/kuhan					
	Posmeđivanje	Miris - karak.	Miris - strani	Vlažnost	Tvrdoća
F	0,7191	0,386	0,6833	4,443	5,351
p	0,9504	>0,9999	0,9713	<0,0001	<0,0001
R ²	0,1621	0,09404	0,1552	0,5444	0,5900

Tablica 27. Rezultati analize varijanci senzorske ocjene unutar sirovih MPK

Sirovi					
	Posmeđivanje	Miris - karak.	Miris-strani	Vlažnost	Tvrdoća
F	0,8175	0,1531	0,6454	0,6862	2,084
P	0,7516	>0,9999	0,9333	0,9018	0,0016
R ²	0,1782	0,03902	0,1461	0,1539	0,3559

Tablica 28. Rezultati analize varijanci senzorske ocjene unutar kuhanih MPK

Kuhani					
	Posmeđivanje	Miris - karak.	Miris - strani	Vlažnost	Tvrdoća
F	0,6549	0,6466	0,6602	0,5874	1,308
P	0,9266	0,9325	0,9228	0,9654	0,1416
R ²	0,1480	0,1464	0,149	0,1348	0,2575

Tablica 29. Rezultati analize varijanci okusnih komponenti unutar kuhanih MPK

okus kuhani							
	kremast	karak.	slatki	kiseli	slani	Gorki	strani
F	0,9039	0,4473	1,118	1,122	0,687	0,4814	1,29
P	0,6250	0,9965	0,3187	0,3138	0,9011	0,9931	0,1538
R ²	0,1933	0,106	0,2287	0,2294	0,1541	0,1132	0,2549

Tablica 30. Rezultati senzorske ocjene sirovih MPK

				Boja	Miris		Tekstura		
	Amp. (%)	Vrijeme tretmana UZV (min)	Opća prihvać.	Posmeđ.	Karak.	Strani	Vlažnost	Tvrdoća	
1. dan	30	K	3,46 ± 0,64	4,43 ± 0,62	3,27 ± 1,01	1,27 ± 0,40	3,45 ± 0,31	3,66 ± 0,92	
		3,5	3,42 ± 0,80	2,00 ± 0,55	3,67 ± 0,52	1,08 ± 0,20	3,67 ± 0,61	3,58 ± 0,80	
		5,5	3,83 ± 0,41	2,08 ± 0,80	3,83 ± 0,82	1,25 ± 0,27	3,83 ± 0,41	3,75 ± 0,61	
		7,5	3,83 ± 0,26	1,92 ± 0,58	3,93 ± 0,96	1,33 ± 0,41	3,33 ± 1,33	3,83 ± 0,41	
	60	9,5	3,92 ± 0,49	2,08 ± 0,80	3,92 ± 0,66	1,33 ± 0,41	3,25 ± 1,25	4,00 ± 0,00	
		3,5	4,25 ± 0,42	1,67 ± 0,41	3,83 ± 0,68	1,25 ± 0,27	3,92 ± 0,49	3,67 ± 0,52	
		5,5	3,83 ± 0,41	2,25 ± 0,52	3,75 ± 1,29	1,17 ± 0,26	3,92 ± 0,49	3,67 ± 0,41	
		7,5	4,17 ± 0,26	2,00 ± 0,71	3,92 ± 1,07	1,33 ± 0,41	3,58 ± 0,49	3,58 ± 0,86	
	90	9,5	3,83 ± 0,41	1,92 ± 0,38	3,92 ± 0,80	1,50 ± 0,77	3,42 ± 0,80	3,50 ± 0,84	
		3,5	4,08 ± 0,20	1,83 ± 0,68	4,17 ± 0,75	1,33 ± 0,41	3,67 ± 0,52	3,83 ± 0,41	
		5,5	4,25 ± 0,42	2,00 ± 0,32	3,83 ± 0,68	1,08 ± 0,20	3,92 ± 0,38	4,00 ± 0,55	
		7,5	4,25 ± 0,69	1,50 ± 0,44	3,92 ± 0,58	1,67 ± 1,17	4,33 ± 0,41	3,58 ± 0,92	
	5. dan	30	9,5	4,00 ± 0,32	1,67 ± 0,75	4,00 ± 0,55	1,25 ± 0,42	4,08 ± 0,80	4,080 ± 0,2
			K	2,27 ± 0,54	4,21 ± 0,35	1,97 ± 0,89	1,78 ± 0,89	2,29 ± 0,61	3,55 ± 0,73
			3,5	3,88 ± 0,25	1,75 ± 0,65	4,00 ± 0,82	1,00 ± 0,00	3,63 ± 0,48	4,13 ± 0,25
			5,5	4,25 ± 0,29	1,38 ± 0,48	3,88 ± 0,48	1,13 ± 0,25	4,13 ± 0,25	4,25 ± 0,29
60		7,5	4,00 ± 0,00	1,38 ± 0,48	4,00 ± 0,82	1,25 ± 0,29	3,38 ± 0,75	4,38 ± 0,25	
		9,5	3,88 ± 0,63	1,38 ± 0,48	3,63 ± 0,95	1,00 ± 0,00	3,25 ± 0,96	4,38 ± 0,25	
		3,5	3,88 ± 0,25	1,75 ± 0,50	3,63 ± 1,25	1,13 ± 0,25	3,38 ± 0,75	4,38 ± 0,25	
		5,5	3,88 ± 0,25	1,75 ± 0,65	3,75 ± 1,26	1,13 ± 0,25	3,13 ± 1,03	4,25 ± 0,29	
90		7,5	4,125 ± 0,48	1,50 ± 0,41	3,75 ± 1,19	1,13 ± 0,25	3,38 ± 0,75	4,38 ± 0,25	
		9,5	4,00 ± 0,41	1,75 ± 0,65	3,88 ± 1,31	1,25 ± 0,50	3,25 ± 0,96	4,38 ± 0,25	
		3,5	4,13 ± 0,63	1,75 ± 0,65	3,50 ± 1,08	1,25 ± 0,50	3,50 ± 0,58	4,50 ± 0,41	
		5,5	4,38 ± 0,48	1,38 ± 0,48	3,75 ± 1,32	1,00 ± 0,00	3,50 ± 0,58	4,25 ± 0,65	
8. dan		30	7,5	4,00 ± 0,41	1,63 ± 0,75	3,50 ± 1,29	1,25 ± 0,50	3,50 ± 0,91	4,25 ± 0,29
			9,5	4,125 ± 0,25	1,63 ± 0,48	3,63 ± 1,38	1,25 ± 0,50	3,5 ± 0,91	4,13 ± 0,48
			K	2,21 ± 0,38	5,00 ± 0,00	1,50 ± 0,56	4,44 ± 0,38	3,88 ± 0,89	3,21 ± 0,56
			3,5	3,63 ± 0,48	2,00 ± 1,08	3,50 ± 0,71	1,00 ± 0,00	3,38 ± 0,75	4,38 ± 0,25
	60	5,5	3,75 ± 0,50	1,63 ± 0,48	3,75 ± 0,96	1,00 ± 0,00	3,50 ± 0,58	4,25 ± 0,29	
		7,5	3,75 ± 0,50	1,75 ± 0,29	4,00 ± 0,82	1,13 ± 0,25	3,63 ± 0,48	4,38 ± 0,25	
		9,5	4,00 ± 0,41	1,63 ± 0,25	3,75 ± 0,96	1,00 ± 0,00	3,38 ± 0,95	4,25 ± 0,29	
		3,5	4 ± 0,00	1,63 ± 0,25	3,75 ± 0,29	1,00 ± 0,00	3,63 ± 0,48	4,50 ± 0,41	
	90	5,5	3,50 ± 0,41	2,13 ± 0,48	3,88 ± 0,75	1,13 ± 0,25	3,38 ± 0,48	4,50 ± 0,41	
		7,5	3,63 ± 0,75	2,13 ± 0,48	3,88 ± 0,95	1,25 ± 0,50	3,50 ± 0,58	4,38 ± 0,48	
		9,5	3,50 ± 0,58	2,00 ± 1,08	3,75 ± 0,86	1,13 ± 0,25	3,63 ± 0,75	4,25 ± 0,65	
		3,5	4,38 ± 0,25	1,38 ± 0,48	3,63 ± 0,95	1,13 ± 0,25	3,50 ± 0,58	4,63 ± 0,48	
	90	5,5	4,13 ± 0,48	1,50 ± 0,71	3,63 ± 1,11	1,13 ± 0,25	3,63 ± 0,75	4,63 ± 0,48	
		7,5	4,13 ± 0,48	1,50 ± 1,00	4,00 ± 0,41	1,25 ± 0,50	3,38 ± 0,75	4,25 ± 0,65	
		9,5	4,13 ± 0,25	1,50 ± 0,41	4,13 ± 0,63	1,25 ± 0,50	3,50 ± 0,91	4,38 ± 0,48	

Tablica 31. Rezultati senzorske ocjene kuhanih MPK

	A (%)	t (min)	Opća prihvać.	Boja	Miris			Tekstura			Okus					
				Posmeđ.	Karak.	Strani	Vlažnost	Tvrdoća	Kremast	Karak.	Slatki	Kiseli	Slani	Gorki	Strani	
1. dan	30	K	3,95 ±0,72	3,62 ± 0,45	4,22 ± 0,88	1,00± 0,00	2,88 ±0,77	2,52± 0,44	2,38 ± 0,57	4,00 ± 0,53	2,00 ± 0,41	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00
		3,5	3,67 ±0,41	1,5 ± 0,45	3,58 ± 0,49	1,08± 0,20	2,67 ± 0,75	2,42± 0,49	3,25 ± 1,08	3,83 ± 0,93	1,25 ± 0,42	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,33 ± 0,82	1,25 ± 0,42
		5,5	4,00 ±0,00	2,00 ± 0,71	4,08± 0,49	1,17 ± 0,41	2,92± 0,74	2,58 ± 0,58	3,42± 0,66	3,92 ± 0,80	1,25 ± 0,42	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,50 ± 1,22	1,25 ± 0,27
		7,5	4,08±0,49	1,92± 1,24	3,92 ± 0,58	1,67 ± 0,41	2,42± 0,38	2,75 ± 1,29	3,33± 1,08	3,83± 0,82	1,25 ± 0,42	1,00 ± 0,00	1,08± 0,20	1,50 ± 1,22	1,50 ± 0,63	
	60	3,5	4,17± 0,41	1,50± 0,45	3,75 ± 0,69	1,25 ± 0,42	2,42± 0,38	2,50 ± 0,77	3,50 ± 0,89	4,00± 0,71	1,33 ± 0,52	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,67 ± 0,41	1,00 ± 0,00	
		5,5	4,08± 0,58	1,50± 0,63	3,67± 0,88	1,17 ± 0,41	2,42± 0,38	2,58 ± 1,11	3,00± 1,05	3,67± 0,82	1,25 ± 0,42	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,33 ± 0,82	1,08 ± 0,20	
		7,5	4,00 ±0,63	2,00 ± 0,84	3,92±0,86	1,25± 0,61	2,33 ± 0,41	2,58 ± 0,74	3,25 ± 0,94	3,67 ± 0,88	1,25 ± 0,42	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,33 ± 0,82	1,08 ± 0,20	
		9,5	4,25± 0,42	1,75 ± 0,52	4,17 ± 0,52	1,33 ± 0,41	2,25± 0,42	2,50 ± 0,71	3,25± 1,47	3,92± 0,86	1,33 ± 0,52	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,33 ± 0,82	1,67 ± 0,26	
	90	3,5	4,17 ±0,41	1,92 ± 0,38	3,83 ± 0,68	1,25 ± 0,27	1,92± 0,38	2,67 ± 0,75	3,08 ± 0,86	3,58 ± 0,80	1,42 ± 0,49	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,67 ± 0,41	1,67 ± 0,41	
		5,5	4,17± 0,68	1,67± 0,52	4,17± 0,41	1,25 ± 0,42	2,42 ± 0,66	3,00 ± 0,95	2,92± 0,80	3,75± 0,75	1,25 ± 0,42	1,25 ± 0,42	1,08± 0,20	1,75 ± 1,17	1,67 ± 0,41	
		7,5	4,08± 0,80	1,58 ± 0,80	4,25± 0,42	1,17± 0,41	2,33 ± 0,52	2,75 ± 0,61	3,33 ± 0,88	4,00± 0,63	1,25 ± 0,42	1,08 ± 0,20	1,08± 0,20	1,67 ± 0,82	1,42 ± 0,49	
		9,5	4,08± 0,80	1,42± 0,49	4,42 ± 0,49	1,17 ± 0,41	2,58 ± 0,66	2,83 ± 0,75	2,83 ± 1,13	4,00± 0,89	1,25 ± 0,42	1,08 ± 0,20	1,00 ± 0,00	1,42 ± 0,80	1,25 ± 0,27	
5. dan	30	K	3,47 ±0,72	3,82± 0,56	3,57 ± 0,69	1,25± 0,33	2,67 ± 0,75	2,42± 0,49	2,31 ± 0,68	3,63 ± 0,86	1,25 ± 0,87	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	
		3,5	3,88 ±0,25	1,75 ± 0,87	3,75 ± 0,65	1,13± 0,25	2,25 ± 0,50	3,00± 0,41	2,88 ± 0,63	4,38 ± 0,48	2,00 ± 0,41	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,13 ± 0,25	
		5,5	3,75 ±0,65	2,25 ± 1,26	4,13± 0,25	1,00 ± 0,00	2,63± 0,75	3,00 ± 0,71	3,00 ± 0,82	4,00 ± 0,82	1,50 ± 0,58	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	
		7,5	3,63± 0,25	1,88 ± 0,48	4,38 ± 0,25	1,00 ± 0,00	2,38± 0,48	2,88 ± 0,63	3,25± 0,65	4,25± 0,65	1,75 ± 0,50	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,25 ± 0,29	
	60	3,5	4,00± 0,41	1,63 ± 0,48	3,75 ± 0,65	1,00 ± 0,00	2,38± 0,85	2,88 ± 0,63	3,50 ± 0,91	4,38 ± 0,48	2,00± 0,41	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,13 ± 0,25	
		5,5	3,88± 0,25	1,75± 0,29	3,75 ± 0,96	1,00 ± 0,00	2,25± 0,65	2,75 ± 0,50	3,00± 0,91	4,25± 0,50	1,63 ± 0,75	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,25 ± 0,50	1,25 ± 0,29	
		7,5	4,00± 0,00	1,75± 0,29	3,75 ± 0,65	1,00 ± 0,00	2,13 ± 0,63	3,13 ± 0,85	2,50 ± 0,71	4,13 ± 0,63	1,75 ± 0,65	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,25 ± 0,50	1,13 ± 0,25	
		9,5	4,13± 0,48	1,38 ± 0,48	3,88± 0,75	1,00 ± 0,00	1,88± 0,25	2,88 ± 0,75	3,00± 0,71	4,25± 0,50	1,75 ± 0,65	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	
	90	3,5	4,00± 0,41	1,63 ± 0,48	3,88± 0,75	1,00 ± 0,00	1,88± 0,48	2,88 ± 0,85	3,25 ± 0,96	4,00± 0,82	1,63 ± 0,48	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	
		5,5	4,13± 0,25	1,50± 0,41	3,88± 0,63	1,00 ± 0,00	2,00± 0,41	2,75 ± 0,87	3,38± 0,48	4,00± 0,82	1,63 ± 0,48	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,25 ± 0,50	1,00 ± 0,00	
		7,5	4,00± 0,41	1,50± 0,41	3,50± 0,41	1,25± 0,50	2,13± 0,63	2,75 ± 0,50	3,50 ± 0,41	4,13 ± 0,63	1,50 ± 0,58	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,25 ± 0,50	1,13 ± 0,25	
		9,5	4,00± 0,00	1,63 ± 0,48	3,88 ± 0,63	1,00 ± 0,00	2,13± 0,63	2,75 ± 0,50	3,75± 0,87	4,25± 0,50	2,13 ± 0,63	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	
8. dan	30	K	3,55 ± 0,33	4,01 ± 0,45	2,22 ± 0,55	3,67± 0,20	2,55 ± 0,35	2,42± 0,49	1,87 ± 0,66	3,21 ± 0,88	1,21 ± 0,25	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,27 ± 0,25	1,25 ± 0,42	
		3,5	4,00 ± 0,41	1,88 ± 1,11	4,38 ± 0,48	1,00 ± 0,00	1,88 ± 0,85	3,50± 0,58	2,88 ± 0,63	4,38 ± 0,48	1,38 ± 0,48	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,13 ± 0,25	1,00 ± 0,00	
		5,5	3,63 ± 0,48	1,88 ± 0,25	4,13± 0,63	1,13 ± 0,25	2,00± 0,71	3,63 ± 0,48	2,75 ± 0,29	3,88 ± 0,85	1,50 ± 0,41	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,25 ± 0,50	1,00 ± 0,00	
		7,5	4,13± 0,25	1,50 ± 0,41	4,13± 0,63	1,00 ± 0,00	2,13± 1,31	3,60 ± 0,87	2,63± 1,11	4,00± 0,82	1,75 ± 0,50	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	
	60	3,5	3,50± 0,41	1,88 ± 0,63	4,00 ± 0,71	1,13 ± 0,25	2,25± 1,19	2,75 ± 0,87	3,25 ± 0,29	3,88 ± 0,85	1,63± 0,48	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,25 ± 0,50	1,13 ± 0,25	
		5,5	3,75± 0,29	2,38± 0,48	4,00 ± 0,71	1,25± 0,50	2,13± 0,63	3,75 ± 0,65	2,00± 0,91	4,00± 0,71	1,50 ± 0,58	1,00 ± 0,00	1,13 ± 0,25	1,13 ± 0,25	1,13 ± 0,25	
		7,5	3,88± 0,48	2,00± 0,58	4,00 ± 0,82	1,00 ± 0,00	2,25 ± 1,26	3,00 ± 1,08	2,75± 0,87	3,88 ± 0,85	1,63 ± 0,48	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,13 ± 0,25	1,00 ± 0,00	
		9,5	3,75± 0,29	1,88 ± 0,85	4,38± 0,48	1,00 ± 0,00	1,88± 0,85	3,50 ± 0,71	3,25± 0,29	3,88 ± 0,85	2,00 ± 1,08	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,25 ± 0,50	1,00 ± 0,00	
	90	3,5	3,75 ± 0,29	2,25 ± 0,87	4,38± 0,48	1,00 ± 0,00	2,13± 1,31	3,75 ± 0,50	2,75 ± 0,29	4,13± 0,63	1,50 ± 0,58	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,25 ± 0,50	1,13 ± 0,25	
		5,5	4,00 ± 0,00	1,63± 0,48	4,13± 0,63	1,00 ± 0,00	2,13± 1,31	2,50 ± 0,58	3,88± 0,25	4,25± 0,50	1,38 ± 0,48	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	
		7,5	4,00 ± 0,00	1,88± 0,48	4,25± 0,50	1,00 ± 0,00	2,38± 1,25	3,25 ± 0,65	3,38 ± 0,48	4,13 ± 0,63	1,38 ± 0,48	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	
		9,5	4,13 ± 0,25	1,50 ± 0,57	4,38± 0,48	1,00 ± 0,00	2,00± 0,82	3,25 ± 0,87	3,75± 0,65	4,5± 0,58	1,38 ± 0,48	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	
3,5	3,88 ± 0,25	2,00 ± 0,91	4,25 ± 0,65	1,25 ± 0,50	2,13± 0,25	4,13 ± 0,63	2,75 ± 0,65	3,88± 0,85	1,38 ± 0,48	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,25 ± 0,50	1,50 ± 0,71			

5. ZAKLJUČCI

1. Brzim testom usporedbe učinkovitosti tretmana UZV sondama promjera 12, 19 ili 25 mm frekvencije 20 kHz i amplitude 30 %, 60 % i 90 % u vremenima trajanja tretmana od 3,5; 5,5; 7,5 ili 9,5 minuta nakon senzorske analize i određivanja najbolje L* vrijednosti uz pomoć kolorimetra najbolji rezultati dobiveni su korištenjem sonde promjera 19 mm stoga je ona korištena za ostala istraživanja uz ostale navedene parametre.
2. Ukupna suha tvar sirovih MPK se povećava s produženjem vremena skladištenja neovisno o primijenjenoj amplitudi. Ukupna suha tvar kuhanih MPK očekivano je manja u odnosu na sirovi MPK. Ukupna suha tvar kuhanih MPK se povećala 8. dana skladištenja u odnosu na kontrolni uzorak za taj dan. Utjecaj na suhu tvar ima i skladištenje i tretman ultrazvukom, ali nije poznato u kojoj mjeri utječe pojedini faktor.
3. Svi uzorci tretirani tijekom 3,5; 5,5 ili 7,5 min bilježe pad pH vrijednosti sirovih i kuhanih uzoraka s produljenjem vremena skladištenja. Nije primijećena korelacija pH vrijednosti s povećanjem amplitude ili trajanja tretmana.
4. Većina uzoraka pokazuje blago povećanje parametara teksture 5. dan skladištenja u odnosu na 1. dan, dok 8. dana nema povećanja. Većina sirovih MPK pokazuju pad vrijednosti parametra elastičnosti u odnosu na kontrolni.
5. Tretirani uzorci imaju višu L* vrijednost tijekom cijelog skladištenja što pokazuje uspješno sprečavanje posmeđivanja, razlika između L* vrijednosti kontrolnog i tretiranih uzoraka najviša je 5. dan skladištenja kod sirovih uzoraka, između L* vrijednosti kontrolnog i tretiranih uzoraka najviša je 8. dan skladištenja kod kuhanih uzoraka. Najujednačenija kretanja ΔE^* se vide pri tretmanu ultrazvukom u trajanju od 7,5 minuta pri amplitudi od 90 % kod sirovih MPK.
6. Uzimanjem u obzir svih parametara senzorske ocjene vidljiv je pozitivan utjecaj tretmana na sprečavanje posmeđivanja, tekstura MPK ostala je gotovo nepromijenjena, uz povećanje kremoznosti, a ostvaren je i pozitivan utjecaj na miris MPK.
7. Za održavanje kvalitete MPK najpogodniji se pokazao tretman ultrazvukom amplitude od 90 % i trajanju tretmana 7,5 minuta jer je pri tom tretmanu ostvaren najbolje očuvanje boje.
8. Gledano korelacijski između senzorske ocjene i instrumentalnih analiza, promjena tvrdoće i pH vrijednosti izmjerena instrumentalnim analizama se ne podudara sa senzorskom ocjenom, dok se ocjena parametara posmeđivanja senzorske ocjene poklapa s onim što je

dobiveno instrumentalnim analizama obzirom da je promjena boje bila znatno izraženije od promjene teksture i pH odnosno kiselog okusa.

6. LITERATURA

Amaral, R.D.A., Benedetti, B.C., Pujola, M., Achaerandio, I., Bachelli, M.L.B. (2014). Effect of ultrasound on quality of fresh-cut potatoes during refrigerated storage. *Food Eng. Rev.* **7** (2), 176-184.

Amrein, T. M., Bachmann, S., Noti, A., Biedermann, M., Barbosa, M. F., Biedermann-Brem, S., Grob, K., Keiser, A., Realini, P., Escher, F., Amodo, R. (2003) Potential of acrylamide formation, sugar, and free asparagine in potatoes: a comparison of cultivars and farming systems. *J. Agric. Food Chem.* **51**, 5556–5560.

Anonymous 1. (2019) Potatoes being inspected and weighed <https://www.utas.edu.au/library/companion_to_tasmanian_history/P/images/Potatoes.jpg>. (pristupljeno 29. svibnja 2019.)

Anonymous 2. (2019) Potato Flower Essence < https://cdn11.bigcommerce.com/s-ynwe6/images/stencil/1024x1024/products/186/657/potato-pxhere.com_91399.1554760646.jpg?c=2>. (pristupljeno 04. rujna 2019.)

Anonymous 3. (2019) The storage of industrial potato <<http://naharalawrad.com/images/storage/indust/3.png>>. (pristupljeno 29. svibnja 2019.)

Anonymus 4. (2019) Estados Unidos aprueba venta de manzanas transgénicas <https://static.iris.net.co/sostenibilidad/upload/images/2015/2/16/32574_123436_1.jpg>. (pristupljeno 31. svibnja 2019.)

Anonymus 5. (2019) Ultrasonic Cleaner / Bath Professional digital (27 litre) < <https://www.bestultrasonic.co.uk/ekmps/shops/bestultra/images/ultrasonic-cleaner-bath-professional-digital-27-litre-349-p.png>>. (pristupljeno 04. rujna 2019.)

Anonymous 6. (2019) Ultrasonic Probe Dispersion Equipment < <https://sep.yimg.com/ty/cdn/nanolab2000/probes.jpg?t=1563908896&>>. (pristupljeno 04. rujna 2019.)

Anonymous 7. (2019) The cubical CIE Lab color space <https://www.researchgate.net/profile/SUDHIR_SHUKLA/publication/23789543/figure/fig3/AS:276894424551429@1443028183655/The-cubical-CIE-Lab-color-space.png>. (pristupljeno 04. rujna 2019.)

Garcia, E., Barrett, D. M. (2002) Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables. U: Fresh-cut fruits and vegetables, (Laikanra, O., ured.), CRC Press, Boca Raton/London/New York/ Washington, D.C., str. 273-309.

Beazell, J. M., Schmidt, C. R., Ivy, A. C. (1939) The digestibility of raw potato starch in man. *J. Nutr.* **17**, 77–83.

Beltrán, D., Selma M.V., Tudela, J.A., Gil, M.I. (2005) Effect of different sanitizers on microbial and sensory quality of fresh-cut potato strips stored under modified atmosphere or vacuum packaging. *Postharvest Biol. Tec.* **37**, 37-46.

Brnčić, M., Karlović, S., Rimac Brnčić, S., Penava, A., Bosiljkov, T., Ježek, D., Tripalo, B. (2010) Textural properties of infra-red dried apple slices as affected by high power ultrasound pre-treatment. *Afr. J. Biotech.* **9** (41), 6907-6909.

Brnčić, M., Tripalo, B., Ježek, D., Semenski, D., Drvar, N., Ukrainczyk, M. (2006) Effect of twin-screw extrusion parameters on mechanical hardness of direct-expanded extrudates. *Sadhana.* **31** (5), 527-536.

Brnčić, M., Tripalo, B., Penava, A., Karlović, D., Ježek, D., Vikić Topić, D. (2009) Primjena ultrazvuka visokog intenziteta pri obradi hrane. **4** (1-2), 32-37.

Bromberger Soquetta, M., Schmaltz, S., Wesz Righes, F., Salvalaggio, R., Marsillac Terra, L. (2017) Effects of pretreatment ultrasound bath and ultrasonic probe, in osmotic dehydration, in the kinetics of oven drying and the physicochemical properties of beet snacks. *J. Food Process. Pres.* **42**, 1-9.

Cabezas-Serrano, A. B., Amodio M. L., Cornacchia R., Rinaldi R., Colelli G. (2009) Suitability of five different potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) to be processed as fresh-cut products. *Postharvest Biol. Tec.* **53** (3), 138-144.

Camire, M.E., Kubow, S., Donnelly, D.J. (2009) Potatoes and human health. *Crit. Rev. Food Sci.* **49**, 823-840.

Cantos, E., Tudela, J.A., Gil, M.I. Espín, J.C. (2002) Phenolic compounds and related enzymes are not rate-limiting in browning development of fresh-cut potatoes. *J. Agric. Food Chem.* **50**, 3015-3023.

Dujmić, F., Brnčić, M., Karlović, S., Bosiljkov, T., Ježek, D., Tripalo, B., Mofardin, I. (2013) Ultrasound-assisted infrared drying of Pear slices: textural issues. *J. Food Process. Eng.* **36**, 397-401.

Ek, K. L., Brand-Miller, J., Copeland, L. (2012) Glycemic effect of potatoes. *Food Chem.* **133**, 1230-1240.

El-Shimi, N. M. (1993) Control of enzymatic browning in apple slices by using ascorbic acid under different conditions. *Plant Food. Hum. Nutr.* **43**, 71-76

Francis, F.J. (2005) Colorimetric properties of foods. U: Engineering properties of foods (Rao, M.A., Rizivi, S.S.H., Datta, A.K., ured.), Boca Raton, London, New York, Singapore, str. 703-732.

Fernandes, G., Velangi, A., Wolever, T. M. S. (2005) Glycemic index of potatoes commonly consumed in North America. *J. Am. Diet. Assoc.*, **105** (4), 557–562. doi:10.1016/j.jada.2005.01.003

Furrer, A. N., Chegeni, M., Ferruzzi, M. G. (2018) Impact of potato processing on nutrients, phytochemicals and human health. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **58** (1), 148-168.

Gorris, L.G.M. (1992) Modified Atmosphere and Vacuum Packaging to Extend the Shelf Life of Respiring Food Products. *Horttechnology* **2** (3), 303–309.

Herceg, Z., Brnčić, M., Režek Jambrak, A., Rimac Brnčić, S., Badanjak, M., Sokolić, I. (2009) Mogućnost primjene ultrazvuka visokog intenziteta u mljekarskoj industriji. *Mljekarstvo* **59**, 65-69.

Henry, J., Lightowler, H., Strik, C., Storey, M. (2006) Glycaemic index values for commercially available potatoes in Great Britain. *British J. Nutrit.* **94**, 917-21. 10.1079/BJN20051571.

Hoover, R. (2001) Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review. *Carbohydr. Polym.* **45** (3), 253-267.

Jacques, J. N. (1994) Enzymatic browning reactions in apple and apple product. *Crit. Rev. Food Sci.* **34** (2), 109-157.

Jang, J.H., Moon, K.D. (2011) Inhibition of polyphenol oxidase and peroxidase activities on fresh-cut apple by simultaneous treatment of ultrasound and ascorbic acid. *Food Chem.* **124**, 444-449.

Kärenlampi, S. O., White, P. J. (2009) Potato proteins, lipids, and minerals. U: *Advances in Potato Chemistry and Technology* (Singh, J., Kaur, L., ured.), Academic Press, San Diego, str. 99-125.

Karlović, S. (2013) Određivanje teksturnih svojstava i matematičko modeliranje sušenja voća prethodno obrađenoga ultrazvukom visokoga intenziteta. *Doktorski rad*, Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilište u Zagrebu.

Krokida, M.K., Philippopoulos C. (2005) Rehydration of dehydrated foods. *Drying Technol.* **23**, 799-830.

Laurila, E., Ahvenainen, R. (2012) Minimal processing in practice U: *Minimal processing technologies in the food industries* (Ohlson, T. i Bengtsson, N., ured.), Woodhead publishing limited, Cambridge, str. 220–221.

Lehto, M., Kuisma, R., Määttä, J., Kymäläinen, H. R., Mäki, M. (2011) Hygienic level and surface contamination in fresh-cut vegetable production plants. *Food Control* **22**, 469–475.

Leighton, T.G. (2007) What is ultrasound? *Progress in biophysics and molecular biology.* **93**, 3-83.

Lelas, V. (2006) Nove tehnike procesiranja hrane. *Mljekarstvo* **56** (4), 311-330.

Li, L., Bai, J., Wu, M., Zhao, M., Wang, R., Guo, M., Liu, H., Liu, T. (2016) Studies on browning inhibition technology and mechanisms of fresh-cut potato. *J. Food Process. Pres.* **41**, 1-6.

Maskan, M. (2001) Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *J. Food Eng.* **48**, 169-175.

Mason, T.J. (1998) Power ultrasound in food processing – the way forward. U: *Ultrasound in food processing* (Povey, M.J.W. i Mason, T.J. ured.), Blackie Academic & Professional, London, str.103-126.

- McClements, D.J. (1995) Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing. *Trends Food Sci. Tech.* **6**, 293-299.
- Montouto-Graña, M., Cabanas-Arias, S., Porto-Fojo, S., Vázquez-Odériz, M.L., Romero-Rodríguez, M.A. (2012) Sensory characteristics and consumer acceptance and purchase intention toward fresh-cut potatoes. *J. Food Sci.* **71**, 41-46.
- Perdue, R., Marcondes, J. (2009) Vacuum Packaging. U: The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology, 3.izd. (Yam, K. L., ured.), John Wiley & Sons, Inc., Hoboken/New York, str. 1259-1269.
- Planinić, M. (2008) Modeliranje procesa i određivanje efektivnog koeficijenta difuzivnosti vlage tijekom sušenja mrkve i krumpira. *Doktorski rad*, Prehrambenotehnoški fakultet u Osijeku.
- Pomeranz, Y., Meloan, C.E. (1994) Measurement of color. U: Food Analysis: Theory and Practice (Pomeranz, Y.M.C.E., ured.), New York, str.87–98.
- Ramos, B., Miller, F.A., Brandão, T.R.S., Teixeira P., Silva, C.L.M (2013) Fresh fruits and vegetables-An overview on applied methodologies to improve it's quality and safety. *Innov. Food Sci. Emerg.* **20**, 1-15.
- Režek Jambrak, A., Lelas V., Herceg, Z., Badanjak, M., Werner, Z. (2010) Primjena ultrazvuka visoke snage u sušenju voća i povrća. *Kem. Ind.* **59** (4) 169–177.
- Rocha, A.M.C.N., Coulon, E.C., Morais, A.M.B. (2003) Effects of vacuum packaging on the physical quality of minimally processed potatoes. *Food Serv. Tech.* **3**, 81-88.
- Rocha, A.M.C.N., Morais A.M.B. (2001) Characterization of PPO extracted from “Jonagored“ apple. *Food Chem.* **12**, 85-90.
- Schössler, K, Thomas, T, Knorr, D. (2012) Modification of cell structure and mass transfer in potato tissue by contact ultrasound. *Food Res. Int.* **49**, 425-431.
- Shewry, P. R. (2003) Tuber storage proteins. *Ann. Bot.* **91** (7), 755-769.
- Silva, E. O., Socorro Rocha Bastos, M., Wurlitzer, N. J., Barros, Z. J., Mangan, F. (2016) Minimal processing fruits and vegetables. U: Advances in fruit processing technologies (Rodrigues, S., Narciso Fernandes, F. A., ured.), CRC Press, Boca Raton, str. 217-235.
- Toma, R. B., Augustin, J., Orr, P. H., True, R. H., Hogan, J. M., Shaw, R. L. (1978) Changes in the nutrient composition of potatoes during home preparation: I. Proximate composition. *Am. J. Potato Res.* **55**, 639-645.

Tomas-Barberan, F. A., Espin, J. C. (2001) Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *J. Sci. Food Agric.* **81**, 853–876.

Watada, A. E., Kunkel, R. (1955) The variation in reducing sugar content in different varieties of potatoes. *Am. Potato J.* **32**, 132-140.

Xiao, D. C. (2008) Food Drying Fundamentals U: Drying Technologies in Food Processing (Xiao, D. C. i Mujumdar, A. S., ured.): Blackwell Publishing, Singapore, str. 1-55.

Yost, M., Abu-Ali, J.M., Barringer, S.A. (2006) Kinetics of potato color and texture development during baking, frying, and microwaving with the addition of liquid smoke. *J. Food Sci.* **71 (9)**, 364-369.

Zaheer, K., Akhtar, M. (2014) Recent advances in potato production, usage, nutrition – a review. *Crit. Rev. Food Sci.* **56**, 712-721.

Zhu, F., Cai, Y. Z., Ke, J., Corke, H. (2010) Compositions of phenolic compounds, amino acids and reducing sugars in commercial potato varieties and their effects on acrylamide formation. *J. Sci. Food Agric.* **90**, 2254-2262.

Žutić, A. (2010) Primjena ultrazvuka visokog inteziteta kao predobrade za unaprijeđeno sušenje jabuke sorte “Granny smith”. *Diplomski rad*, Prehrambeno-biotehnološki fakultet u Zagrebu.

IZJAVA O IZVORNOSTI

Izjavljujem da je ovaj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristio/la drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.



Stipan Mišetić