Utjecaj dodatka limunske kiseline na svojstva tekućih pasteriziranih jaja tijekom 4 tjedna skladištenja

Vrdoljak, Matea

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:159:644106

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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

prehrambeno biotehnološki fakultet

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Food Technology and Biotechnology

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, rujan 2016.

Matea Vrdoljak
641/PI

UTJECAJ DODATKA LIMUNSKE KISELINE NA SVOJSTVA TEKUĆIH PASTERIZIRANIH JAJA TIJEKOM 4 TJEDNA SKLADIŠTENJA

Rad je izrađen u Laboratoriju za tehnologiju mesa i ribe na Zavodu za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo i u Laboratoriju za tehnološke operacije na Zavodu za procesno inženjerstvo, Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom prof.dr.sc. Helge Medić, te uz pomoć dr.sc. Nives Marušić Radovčić, više asistentice.

ZAHVALA

Zahvaljujem se svojoj mentorici prof. dr. sc . Helgi Medić i voditeljicama mog diplomskog rada dr.sc. Nives Marušić Radovčić koje su svojim znanstvenim i stručnim savjetima oblikovale ideju i pomogle mi pri izradi mog diplomskog rada.

Također, zahvaljujem se Zavodu prehrambeno- tehnološkog inženjerstva na ustupljenim uređajima te na pomoći i savjetima pri izradi eksperimentalnog dijela.

Želim se zahvaliti svim svojim kolegama i prijateljima koji su svakim danom uljepšavali i stvarali predivne fakultetske uspomene.

Najveću zahvalu za ovo što sam postigla dugujem svojim roditeljima na neizmjernoj ljubavi i podršci.

Hvala svima dragi ljudi!

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo
Laboratorij za tehnologiju mesa i ribe

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

UTJECAJ DODATKA LIMUNSKE KISELINE NA SVOJSTVA TEKUĆIH PASTERIZIRANIH JAJA TIJEKOM 4 TJEDNA SKLADIŠTENJA

Matea Vrdoljak, 641/PI

Sažetak: *Cilj ovog rada bio je ispitati utjecaj različitih koncentracija limunske kiseline (0, 300, 400 i 500 mg/L) na fizikalna i funkcionalna svojstva tekućih pasteriziranih jaja tijekom 4 tjedna skladištenja. Određivan je: pH, elektroprovodljivost, boja, veličina čestica, reološka i teksturalna svojstva. Dodatak limunske kiseline utjecao je na promjenu pH . Tekuća pasterizirana cijela jaja imaju dobru elektroprovodljivost (σ > 5 mS/ cm). Tjedni skladištenja značajno su utjecali (p<0,05) na reološka svojstva jaja. Dodatak limunske kiseline te tjedni skladištenja statistički utječu na L* i b* vrijednost. L* vrijednost raste s dodatkom kiseline te tjednima skladištenja. Na a* vrijednost utjecali su tjedni skladištenja. a* vrijednost najviša je nakon 3. tjedna skladištenja. Smanjenjem veličine čestica s dodatkom limunske kiseline povećava se specifična slobodna površina uzorka. Najmanju tvrdoću imali su uzorci sa 400 mg/L limunske kiseline a najveću uzorci bez dodatka limunske kiseline.*

Ključne riječi: tekuća cijela jaja, pasterizacija, fizikalna svojstva, limunska kiselina, skladištenje
Rad sadrži: 68 stranica, 28 slika, 31 tablica, 35 literaturnih navoda
Jezik izvornika: hrvatski
Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u: Knjižnica Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta, Kačićeva 23, Zagreb

Mentor: *prof.dr.sc. Helga Medić*
Pomoć pri izradi: *dr.sc. Nives Marušić Radovčić, viši asistent*

Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:
1. Izv.prof.dr.sc. *Anet Režek Jambrak*
2. Prof.dr.sc. *Helga Medić*
3. Doc.dr.sc. *Sven Karlović*
4. Doc.dr.sc. *Tomislav Bosiljkov* (zamjena)

Datum obrane: 28, rujan, 2016.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate Thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
Department of Food Engineering
Laboratory for Meat and Fish Technology

Scientific area: Biotechnical Sciences
Scientific field: Food Technology

EFFECT OF CITRIC ACID ADDITION ON PASTEURISATED LIQUID EGGS PROPERTIES DURING 4 WEEKS OF STORAGE

Matea Vrdoljak, 641/PI

Abstract: *The aim of this study was to examine the influence on different concentrations of citric acid (0, 300, 400 and 500 mg / L) on physical and functional properties of pasteurized liquid eggs during 4 weeks of storage. pH, conductivity, color, particle size, rheological and textural properties were determined. Addition of citric acid influenced pH value. Pasteurized liquid whole eggs have good electrical conductivity (σ> 5 mS / cm). Storage significantly influenced (p <0.05) the rheological properties of eggs. Addition of citric acid and weeks storage statistical influenced L * and b * values. L * value increases with addition of citric acid and weeks storage. a * value was affected by weeks of storage. a * value was the highest after 3 weeks of storage. By reducing the particle size with addition of citric acid, the specific surface area of the sample is increased. The lowest hardness had samples with 400 mg/L citric acid while samples without citric acid had the highest hardness.*

Keywords: *liquid whole eggs, pasterization, physical properties, citric acid, storage*
Thesiscontains: 68 pages, 28 figures, 31 tables, 35 references
Original in: Croatian
GraduateThesis in printed and electronic (pdf format**) version is deposited in:** Library of the Faculty of Food Technology and Biotechnology**,** Kačićeva 23, Zagreb.

Mentor: *prof.dr.sc. Helga Medić*
Technical support and assistance: *PhD. Nives Marušić Radovčić, senior assistant*

Reviewers:
1. PhD. *Anet Režek Jambrak,* Full professor
2. PhD. *Helga Medić,* Full professor
3. PhD. *Sven Karlović,* Associat eprofessor
4. PhD. *Tomislav Bosiljkov,* Associate professor (substitute)

Thesis defended: 28, September, 2016.

Sadržaj **stranice**

1. UVOD ... 1
2. TEORIJSKI DIO ... 2
2.1. PROIZVODI OD JAJA ... 2
2.2. TEKUĆA JAJA ... 3
2.2.1. Cijela jaja ... 4
2.2.2. Bjelanjak ... 6
2.2.3. Žumanjak ... 8
2.3. TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE TEKUĆIH JAJA ... 10
2.3.1. Pasterizacija ... 10
2.4. ADITIVI ... 13
2.4.1. Regulatori kiselosti ... 13
3. EKSPERIMENTALNI DIO ... 14
3.1. MATERIJAL ... 14
3.1.1. Uzorak ... 14
3.2. METODE RADA ... 15
3.2.1. Određivanje pH vrijednosti ... 15
3.2.2. Određivanje elektroprovodljivosti ... 15
3.2.3. Određivanje reoloških svojstava ... 16
3.2.4. Određivanje boje ... 19
3.2.5. Određivanje raspodjele veličine čestica ... 21
3.2.6. Određivanje teksturalnih svojstava ... 22
3.2.7. Statistička obrada podataka ... 24
4. REZULTATI I RASPRAVA ... 25
4.1. Rezultati određivanja pH vrijednosti ... 25
4.2. Rezultati određivanja elektroprovodljivosti ... 29
4.2. Rezultati određivanja reoloških svojstava ... 33
4.4. Rezultati određivanja boje ... 41
4.5. Rezultati određivanja raspodjele veličine čestica ... 49
4.6. Rezultati određivanja teksturalnih svojstava ... 57
5. ZAKLJUČCI ... 64
6. LITERATURA ... 65

1. UVOD

Jaja kao prehrambeni proizvod imaju nezamjenjivu biološku i hranjivu vrijednost. Cijenjena su zbog svoje visoke nutritivne vrijednosti (Jones i sur., 2005). Bogat su i dobro uravnotežen izvor bitnih hranjivih tvari za ljudsku prehranu koja se sastoje od masnih kiselina, fosfora, minerala u tragovima, vitamina i proteina (Darvishi i sur., 2012).

Zbog promjena u stilu života i tehnološkog napretka, rastuća je i potražnja za proizvodima od Jaja (Kovacs-Nolan i sur., 2005). Jedan su od najvažnije konzumirane hrane širom svijeta te bitna roba u međunarodnoj trgovini (Coimbra i sur., 2006; Telis-Romero i sur., 2006).

Uvjeti skladištenja igraju ključnu ulogu u očuvanju kvalitete jaja. Godinama se ulažu veliki napori u cilju produljena trajnosti jaja bez smanjenja njihove jestivosti. Čuvanjem jaja u hlađenom obliku omogućuje održavanje početnih svojstava kroz duži period. Minimalan rok trajanja mora se označiti na pakiranju jaja, a označavaju se sukladno odredbama posebnog propisa o općem deklariranju (Pereira i sur., 2013).

Limunska kiselina ($C_6H_8O_7$) je slaba organska kiselina i prirodni konzervans koji se često dodaje u tekuća pasterizirana jaja i očit je pad pH nakon dodatka. Također, pokazalo se kako pomaže u očuvanju boje jaja, ne dopuštajući da ona poprime sivu ili zelenu boju (Kretzschmar – McCluskey, 2007).

Cilj ovog diplomskog rada bio je ispitati kako dodatak limunske kiseline (0, 300, 400 i 500 mg/L) u tekuća pasterizirana jaja utječe na svojstva jaja. Ispitivao se pH, elektroprovodljivost, boju, veličinu čestica, reološka i teksturalna svojstva tijekom 4. tjedna skladištenja.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. PROIZVODI OD JAJA

Pod proizvodom od jaja misli se bilo koji proizvod izgrađen od cijelog jaja ili njegovih sastavnih dijelova nakon uklanjanja ljuske i ovojnice membrane. Ovi proizvodi se mogu klasificirati kao tekuće pasterizirani, smrznuti, koncentrirani ili sušeni proizvodi (Anton i sur., 2007).

Iako jaja sadrže oko 77% vode, one su bogat izvor kvalitetnih proteina koji nutricionisti često koriste kao standard za mjerenje kvalitete drugih prehrambenih proteina. Također su važan izvor nezasićenih masnih kiselina (uglavnom oleinskih), željeza, fosfora, metala u tragovima, vitaminima A, E i K i vitamina B, uključujući B_{12}.

Jaja s ljuskom prikladna su za prehranu ljudi i mogu biti odvojena od svojih ljuski za proizvodnju tekućih, koncentriranih, suhih, kristaliziranih, brzo smrznutih, koaguliranih proizvoda ili proizvoda sa smanjenim kolesterolom (Bennion i sur., 1997).

Kosher certifikat predstavlja skup pravila i obrade namirnica sukladno židovskim vjerskim propisima. Kod proizvodnje proizvoda od jaja ovaj certifikat se odnosi na kontrolu ishrane kokoši nesilica, ali i na sve dodatke i/ili repromaterijale koji se koriste tijekom proizvodnje (Lukač, 2010).

Tekući pasterizirani proizvodi od jaja zauzeli su veliku važnost na tržištu jer se kroz postupak pasterizacije dobije proizvod koji jamči neutralizaciju štetnih organizama poput salmonele. Korištenje pasteriziranih jaja u ugostiteljstvu, slastičarnama, pekarama i dr. u skladu je s europskim zakonskim propisima koji zahtijevaju uklanjanje ljuske jaja, zbog rizika za sigurnost hrane.
Pasterizirana jaja u *bag-in-box* vrećici ne zahtijevaju posebna mjesta za pohranu (u skladu sa zahtjevima HACCP). Skladištenje proizvoda od jaja na temperaturi hladnjaka, kao i prikladna pakiranja osiguravaju očuvanje početne kvalitete kroz duži vremenski period (Gautroni sur., 2011).

2.2. TEKUĆA JAJA

Tekuća pasterizirana jaja predstavljaju homogenu tekućinu blijedo žute do narančaste boje, tekuće teksture, mirisa i okusa tipičnog za miris i okus jaja. Može se homogenizirati kao cijelo jaje ili odvojiti u bjelanjak i žumanjak. Razlikujemo proizvod u kojem se nalazi cijelo jaje, samo žumanjak ili samo bjelanjak. Takva jaja imaju ista organoleptička te svojstva pečenja i emulgiranja kao i jaja u ljusci, ali kao dodatnu prednost imaju to što su mikrobiološki i higijenski ispravna (Lukač, 2010).

Tekuće cijelo jaje, osim svoje prehrambene vrijednosti, pridonosi fizikalno-kemijskim svojstvima hrane kao što su zgrušavanje, pjenjenje i emulgiranje (Yang i Baldwin, 1995). Nažalost, proizvodi od jaja su također odgovorni za veliki broj kontaminacija koje se prenose hranom, u većini slučajeva je odgovorna *Salmonella* (European Food Safety Authority, 2011). Tekuća cijela jaja, koja su osjetljiva na visoku temperaturu, isključuju pasterizaciju na višim temperaturama od onih koja se uobičajeno koriste u prehrambenoj industriji jer se neki topljivi proteini počinju taložiti na temperaturama nižim od 57 °C (Hamid-Samimi i sur., 1984).

Pakiranje tekućih jaja može se vršiti u *bag-in-box* vrećama različitih veličina, u kontroliranoj atmosferi, u inox tanku ili u tetrapaku ukoliko su potrebne manje količine.
Važno je temperaturu skladištenja gotovog proizvoda održavati od 0 do + 4 °C kako bi se ostvarila što bolja održivost. Rok trajanja je ograničen te je označen na samoj deklaraciji proizvoda (Lukač, 2010).

2.2.1. Cijela jaja

Cijelo jaje može se proizvesti miješanjem obje tekućine žumanjka i bjelanjka. Koristi se kao glavni sastojak u pekarama, ugostiteljstvu i kao industrijska hrana. Dodatak je pitama, tjestenini, keksima ili jelima s jajima, kao što su kajgana ili omleti (Stadelman i sur., 1995).

Cijela jaja, ili jednostavno jaja, sastoje se od dva odvojena dijela - bjelanjka, ili bijelo, i žumanjka, ili žuto - sa svakim dijelom pružaju različite i važne hranjive tvari i funkcionalnosti.
Fizikalno - kemijska svojstva prikaza u tablici 1 razlikuju se kod cijelog jaja, bjelanjka i žumanjka. Tako se udio suhe tvari u cijelom jajetu kreće oko 23,0 %, masti oko 9,94 %, bjelančevina oko 12.57 %, ugljikohidrati su prisutni u tragovima, dok je pH relativno neutralan i kreće se od 7,2 do 7,8. Prosječna energetska vrijednost iznosi 143 kcal na 100 grama.

Nusproizvod je ljuska koja je prisutna oko 12 % te se prije daljnjeg korištenja mora toplinski obraditi. Jedna litra cijelog jajeta ima 1,06 kg, odnosno jedan kilogram cijelog jajeta sadrži 0,938 L. Za jedan kilogram cijelog jajeta potrebno je oko 20 jaja (prosječne veličine) u ljusci (Lukač, 2010).

Tablica 1. Fizikalno-kemijska i nutritivna svojstva cijelog jajeta (USDA, 2009)

Udio suhe tvari	23,0 %
Masti	9,94 %
Bjelančevine	12,57 %
Ugljikohidrati	0,78 %
pH	7,2 – 7,8
Prosječna energetska vrijednost	143kcal / 100 g



Slika 1. Tekuća pasterizirana cijela jaja (Lukač, 2010)

Primjena cijelog pasteriziranog jaja zbog svoje jednostavnosti rukovanja i smanjenog zauzimanja skladišnog prostora našla je primjenu u restoranima, bolničkim, školskim te industrijskim kuhinjama, prilikom proizvodnje tjestenina, slastica itd. (Lukač, 2010).

Kako bi se osigurala sigurnost potrošača i zdravstvena ispravnost istih, Europska regulativa CEE 1441/2007 zahtijeva odsutnost *Salmonella* spp. u 25 g, odnosno 25 mL tekućeg cijelog jajeta (Patrignani i sur, 2013).

2.2.2. Bjelanjak

Tekući pasterizirani bjelanjak je homogena tekućina, blijedo žute boje. Karakterizira ga specifičan sastav s obzirom da sadrži zanemarivo malo masti te kao takav predstavlja iznimno zanimljiv proizvod, posebno zato što ne sadrži kolesterol (Lukač, 2010).



Slika 2. Tekući pasterizirani bjelanjak (Lukač, 2010)

Jedna litra bjelanjka je ekvivalent za 30 bjelanjaka iz jaja s ljuskom te teži 1,05 kg, odnosno jedan kilogram takvog proizvoda sadrži 0,948 L (Lukač, 2010).

Na slici 2 prikazan je tekući pasterizirani bjelanjak kao homogena tekućina, blijedo žute boje. Karakterizira ga specifičan sastav obzirom da sadrži izuzetno mali udio masti te ne sadrži kolesterol (Nys i Sauveur, 2004).

Tablica 2. Sastav bjelanjka u 100 g (Nys i Sauveur, 2004)

NUTRIJENTI	BJELANJAK (100 g)
Energetska vrijednost (kcal)	47
Proteini (g)	10,6
Ugljikohidrati (g)	0,8
Masti (g)	0,1

U odnosu na cijelo jaje, udio suhe tvari je značajno manji i iznosi oko 11 %. pH vrijednost je blago lužnata i kreće se od 8,5 do 9,5 te ovisi o količini ugljikovog dioksida (Cotterill i McBee, 1995). Nutritivna vrijednost na 100 g proizvoda iznosi 47 kcal. Tekući bjelanjak ima 10,6 g proteina te manje od 1 g masti i ugljikohidrata (tablica 2).

Radi lakše pogodnosti, proizvođači proizvoda od jaja odvajaju bjelanjke od žumanjaka i prodaju ih kao pojedinačne sastojke. Tekući bjelanjci su dostupni ohlađeni ili smrznuti. Prednost zamrznutih bjelanjaka je duži rok trajanja. Proizvođači ih mogu otopiti i koristiti po potrebi bez obzira na to, ako je tekući bjelanjak prodan hlađen ili zamrznuti, oni su uvijek radi sigurnost pasterizirani. U bjelanjak se mogu dodati sastojci kao što su sol ili šećer za dodatnu trajnost i poboljšanu funkcionalnost (Darvishi i sur., 2012).

Bjelanjci su vrlo viskozni i alkalni u svježem jajetu, a sadrže prirodne inhibitore, kao što su lizozimi, koji tvore kemijsku zaštitu od mikroorganizama (Bennion i sur., 1997).
Široka primjena bjelanjaka nalazi se prvenstveno u slastičarstvu, ali i zdravoj prehrani sportaša (zbog velikog udjela proteina) (Lukač, 2010).

2.2.3. Žumanjak

Tekući žumanjak predstavlja žuto- narančastu tekućinu velike viskoznosti. Kao što se može vidjeti na slici 3, boja je znatno intenzivnija u odnosu na cijelo jaje. Žumanjak je žuti dio koji čini oko jedne trećine jajeta (33% volumena), a uključuje tri četvrtine kalorija, većinu minerala i vitamina i sav sadržaj masti. Žumanjak se koristi za majonezu, preljeve, umake, tjestenine i druge proizvode (Yang i Baldwan, 1995).



Slika 3. Tekući pasterizirani žumanjak (Lukač, 2010)

Da bismo dobili jednu litru žumanjka potrebno je oko 50 jaja u ljusci i ona teži 1,08 kg. Sukladno tome, jedan kilogram žumanjka sadrži 0,925 L. Žumanjci su također jedna od rijetkih namirnica koja prirodno sadrže vitamin D, važan vitamin za strukturu kosti (Lukač, 2010).

U tablici 2 prikazana je nutritivna vrijednost žumanjka na 100 grama jaja.

Tablica 2. Sastav žumanjka u 100 grama(Nys i Sauveur, 2004)

NUTRIJENTI	ŽUMANJAK (100 g)
Energetska vrijednost (kcal)	364
Proteini (g)	16,1
Ugljikohidrati (g)	0,5
Masti (g)	34,5

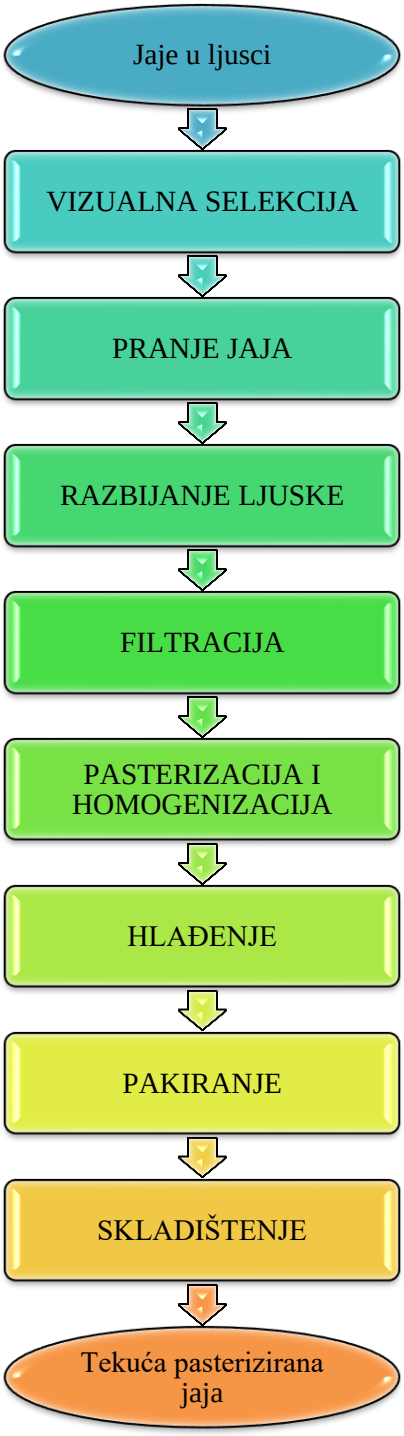
Prisutnost bjelanjka u žumanjku također će povećati pH. Obično razina tvari je standardizirana na 43- 44 % razine krutih tvari dodavanjem bjelanjka (Cunningham, 1995). Primjena tekućeg žumanjka nalazi se kod proizvodnje tjestenina, majoneze, slastica i sl. (Lukač, 2010).

Proizvodi od žumanjaka dolaze u različitim oblicima, a tekući oblik je jedan od najčešće korištenih oblika hrane. Tekući proizvodi od žumanjaka se prodaju u ohlađenom obliku i uvijek su pasterizirani radi sigurnosti i dulje trajnosti. Mogu sadržavati i druge sastojke kao što su sol ili šećer za dodatnu trajnosti i poboljšanu funkcionalnost (Bennion i sur., 1997).

2.3. TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE TEKUĆIH JAJA

2.3.1. Pasterizacija

Na slici 5 prikazana je blok shema proizvodnje tekućih jaja u industrijskom postrojenju tvrtke „Lukač“.



Slika 4. Blok shema proizvodnje tekućih jaja (EEPA, 2011)

Nakon razbijanja, tekuća jaja trebaju biti pasterizirana što je prije moguće kako bi se smanjila mogućnost kontaminacije patogena. Bakterijska kvaliteta tekućih proizvoda ovisi o kvaliteti razbijenih jaja, sanitarnim uvjetima u tvornici i praksi rukovanja. Proizvodi od jaja moraju biti pasterizirani da bi eliminirali salmonelu. Pasterizacija jaja je od 1966. u SAD-u obavezna (Cunningham, 1995).

Po početku proizvodnje jaja se najprije peru u mlazu vode kako bi se uklonile sve nečistoće te kako bi se mogućnost kontaminacije svela na minimum. Naime, na ljusci mogu zaostati mnoga onečišćenja koja bi mogla dospjeti u kontakt sa žumanjkom i bjelanjkom i tako umanjiti njegova mikrobiološka, ali i nutritivna svojstva. Nakon pranja jaja se suše u struji zraka i tako osušena idu na razbijanje.

Razbijanje jaja vrši se na posebnim strojevima kod kojih dolazi do razbijanja ljuske i izdvajanja bjelanjka i žumanjka. Baš u ovom segmentu proizvodnje može doći do kontakta vanjskog dijela ljuske s tekućim dijelom te ukoliko pranje jaja nije adekvatno provedeno, posljedično će doći do kontaminacije. Prilikom razbijanja jaja dolazi do odvajanja bjelanjka od žumanjka koji se kasnije, prilikom stvaranja tekućeg pasteriziranog cijelog jaja, miješaju.
Jedini nusproizvod kod proizvodnje tekućih jaja je ljuska. Ona se nakon razbijanja odvodi do sušionika gdje se pri određenoj temperaturi kroz neko vrijeme suši. Ljuska je vrlo važna zato što predstavlja najbolji prirodni izvor kalcija (Ca^{2+}) pa nakon sušenja može se prodavati i koristiti za prehranu životinja ili za obogaćivanje tla poljoprivrednih površina.

Postupak filtriranja slijedi nakon razbijanja jaja. Kako se tijekom prethodnih postupka proizvodnje dio ljuske može odlomiti i zaostati u bjelanjku ili žumanjku, važno je isti i odvojiti. Ovaj dio postupka vrlo je bitan zato što na kraju želimo dobiti tekući proizvod bez ikakvih krutih dijelova.

Slijedi pasterizacija popraćena homogenizacijom. Pasterizacija je toplinski tretman proizvoda s ciljem uništenja patogenih bakterija, odnosno mikroorganizama koji bi na bilo koji način mogli ugroziti sigurnost proizvoda. Kod proizvodnje tekućih jaja pasterizacija je bitna zato što se eliminira svaka mogućnost prisutnosti bakterije *Salmonella spp.*

U procesu proizvodnje cijelo jaje ide najprije na homogenizaciju kako bi se dobio što kompaktniji proizvod, jednolične strukture. Zatim slijedi pasterizacija kod koje temperaturni režim nije jednak za cijelo jaje,bjelanjak i žumanjak. Temperatura zagrijanog proizvoda tekućeg jaja treba biti stalno i automatski bilježena tijekom procesa. Kod bjelanjka koji sadrži veliku količinu proteina, temperature moraju biti puno niže u odnosu na cijelo jaje i žumanjak kako ne bi došlo do koagulacije proteina. Temperature pasterizacije kreću se od 50 do 70 °C.

Nakon pasterizacije slijedi homogenizacija i ista omogućuje da konačan proizvod bude jednolične teksture, bez ikakvih razdvajanja faza (bjelanjka i žumanjka u slučaju kod tekućeg cijelog jaja).

Prije pakiranja krajnjeg proizvoda, važno je prekinuti toplinski tretman hlađenjem na temperaturu od + 4 °C, koje se najčešće odvija u zasebnom rashladnom tanku. Nakon hlađenja, tekuća jaja se transportiraju do punilice i pakiraju u odgovarajuću ambalažu. Postoje punilice za punjenje u aseptičnim uvjetima pri čemu je važno da je ambalaža sterilna i da se svaka mogućnost kontaminacije u potpunosti ukloni.

Skladištenje tekućih jaja vrši se u skladištima na temperaturama od 0 do + 4 °C.

Nakon svake proizvodnje važno je oprati i dezinficirati sve podove te vanjske dijelove cijevi i opreme koji su tog dana korišteni. Pranje i dezinfekcija provodi se odgovarajućim sredstvima.

Obzirom da se nakon filtracije jaja provodi zatvoreni proces proizvodnje – u cijevima, bitno je oprati i te unutrašnje stjenke cijevi. Nakon svake proizvodnje vrši se najčešće pranje s lužnatim, a svakih petnaest dana i s kiselim otopinama kako bi se uklonila mogućnost stvaranja kamenca.

Za što bolju održivost proizvoda potrebno je paziti na hladni lanac koji ne smije biti prekinut. Općenito, hladni lanac predstavlja put temperaturno osjetljivih namirnica od proizvođača, preko transporta, do trgovina i na kraju – krajnjeg potrošača. Mora se paziti da je temperatura u svakom segmentu ispravna (Lukač d.o.o., 2010).

2.4. ADITIVI

Prehrambeni aditivi su u Republici Hrvatskoj označeni E brojevima i svrstani su u nekoliko različitih kategorija, ovisno o svojim tehnološkim i funkcionalnim svojstvima. Za svaki aditivi postoji maksimalna dopuštena količina koja se može dodati, a ukoliko ona nije propisana, slijedi se načelo *quantum satis*, odnosno smije se dodati ona količina aditiva koja je u skladu s proizvođačkom praksom i sve s ciljem postizanja željenog učinka.

Prema Regulativi Europske komisije 1333/2008 u jaja i proizvode od jaja može se dodati niz aditiva. U tekuća pasterizirana jaja dodaju su konzervansi koji djeluju tako da produljuju trajnost jaja usporavajući ili sprječavajući rast mikroorganizama

2.4.1. Regulatori kiselosti

Regulatori kiselosti dodaju se s ciljem smanjenja ili povećanja pH vrijednosti hrane. U svrhu održavanja sigurnosti i/ili produženja trajnosti hrane upotrebljavaju se organske kiseline i njihove soli (mliječna, limunska, vinska, fosforna, jabučna, jantarna). Regulatori kiselosti koji su toksikološki ispitani i odobreni kao prehrambeni aditivi uglavnom nose oznake od E325 do E385 (Koprivnjak, 2014).

2.4.1.1. Limunska kiselina

Limunska kiselina ($C_6H_8O_7$) je slaba organska kiselina i prirodni konzervans koji se često dodaje u tekuća pasterizirana jaja i očit je pad pH nakon dodatka. Također, pokazalo se kako pomaže u očuvanju boje jaja, ne dopuštajući da ona poprime sivu ili zelenu boju.
Limunska kiselina (E330) prirodni je antioksidans i sredstvo za reguliranje kiselosti i kao takvo potpomaže djelovanju antioksidansa i emulgatora te djeluje i kao konzervans i stabilizator. Soli limunske kiseline (E331 – E333) služe kao stabilizatori i antioksidansi (Kretzschmar – McCluskey, 2007).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. MATERIJAL

3.1.1. Uzorak

U ovom istraživanju korišteni su tekući pasterizirani proizvodi od jaja tvrtke „Lukač“d.o.o. iz Zagreba. Analizirani su uzorci tekućih pasteriziranih cijelih (bjelanjak + žumanjak) jaja uz dodatak različitih koncentracija limunske kiseline (0, 300, 400 i 500 mg/ L) skladišteni tijekom 4. tjedna. Uzorci su mjereni u paralelama.

Temperatura pasterizacije bila je 66 °C uz protok 1000 L/h. Uzorci su pakirani u sterilne vrećice (Optopack Ltd.) od 1 kg koje su bile zaštićene unutar peteroslojne kutije (DS Smith Belišće Croatia d.o.o.), tzv. *bag in box* pakiranje. Od pogona do laboratorija održavao se odgovarajući temperaturni režim od 0 °C do + 4 °C.

U svrhu istraživanja pripremljeni su uzorci tekućih cijelih pasteriziranih jaja s tri različite koncentracije limunske kiseline (tablica 4).

Tablica 4. Prikaz značenja oznaka uzoraka

UZORCI		OZNAKE
1.	KONTROLA (bez dodatka limunske kiseline)	**K**
2.	300 mg limunske kiseline/ 1 L nepasteriziranih jaja	**300**
3.	400 mg limunske kiseline/ 1 L nepasteriziranih jaja	**400**
4.	500 mg limunske kiseline/ 1 L nepasteriziranih jaja	**500**

Svim uzorcima određeni su pH, elektroprovodljivost, boja, veličina čestica, reološka i teksturalna svojstva.

U svim uzorcima bio je konstantan dodatak konzervansa kalijevog sorbata ($C_6H_7KO_2$) u količini od 2,7 grama na 1 L nepasterizirane sirovine.

3.2. METODE RADA

3.2.1. Određivanje pH vrijednosti

Mjerenje pH vrijednosti svakog uzorka i njihovih paralela očitovano je na pH- metru (pH METER, Pye Model 292, Pye Unicam). U čašice od 50 ml dodani su uzorci tako da se kalomel elektroda uronila u svaki uzorak i njihove paralele te u njima držala 5 minuta nakon čega se očitala pH- vrijednost.

3.2.2. Određivanje elektroprovodljivosti

Određivanje elektroprovodljiivosti svakog uzorka i njihovih paralela očitana su na konduktometru (PTI-8 Digital Conductivity Meter, Scientific Industries International Inc., UK) koji se sastoji od sonde za direktno mjerenje elektroprovodljivosti. Instrument je kalibriran prije mjerenja sa kemikalijama kojima je već poznata elektroprovodljivost. U čašice od 50 ml dodanisu uzorci tako da se elektroda uronila u sve uzorke te u njima zadržala 5 minuta nakon čega se očitala provodljivost u mS/cm.

3.3.3. Određivanje reoloških svojstava

Mjerenja su se vršila na rotacionom reometru Rheometric Scientific RM-180 (Rheometric Scientific, Inc., Piscataway, USA), digitalnom instrumentu koji se odlikuje znanstveno utemeljenim principom mjerenja i širokim mjernim područjem napona smicanja, brzine smicanja i viskoznosti (Slika 5).

Ovaj reometar sastoji se od dvije funkcionalne jedinice: mjernog sustava i mikrokontrolne jedinice.



Slika 5. Rheometric Scientific RM-180 (Režek Jambrak, 2008)

I) Dijelovi mjerne jedinice:

- **cilindrično vreteno -** rotira konstantnom kutnom brzinom, a povezano je s cilindričnim perom pomoću vratila
- **vanjski nepomičan cilindar** (vodeni plašt) koji je spojen s protočnom termostatskom kupelji, a izveden je kao spremnik dvostrukih stijenki u koji se stavlja mjerna posuda sa uzorkom
- **mjerna posuda** u koju se stavlja uzorak određenog volumena

II) **Mikrokontrolna jedinica** - omogućava trenutno očitavanje dinamičke viskoznosti, torzije, brzine smicanja i napona smicanja.

Princip rada instrumenta zasniva se na mjerenju okretnog momenta na rotirajućem vretenu gdje se koristilo relativno okretanje mjerne osovine u odnosu na pogonsku osovinu. Potenciometar uređaja, vezan s dinamometrom, prima podatke o relativnom okretanju, pri čemu je okretni moment pretvoren u električni signal, koji je prevođen u digitalnu vrijednost i očitan na displeju instrumenta.

POSTUPAK MJERENJA:

Nakon što je mjerni sustav pravilno sastavljen i pričvršćen na reometar, a vodeni plašt (vanjski nepomičan cilindar) spojen s protočnom termostatskom kupelji, potrebno je da mjerna posuda s uzorkom bude učvršćena u vodeni plašt i vreteno uronjeno u otopinu do oznake na posudi te spojeno preko produžne spojke i matice i učvršćeno na reometar.

Na osnovi izmjerenih podataka, brzine i napona smicanja, izračunati su i prikazani reološki parametri modelnog sustava tekućih pasteriziranih cijelih jaja s koeficijentom konzistencije (k) i indeksom tečenja (n) te prividnom viskoznošću kod maksimalne brzine okretaja (1290 s^{-1}) (tablica 5). Početna kutna brzina vrtnje vretena se mijenjala od uzorka do uzorka te se postepeno povećavala do maksimalne brzine od 1290 s^{-1}, a potom smanjivala do početne izmjerene vrijednosti za svaki uzorak. Koeficijent konzistencije k (Pa s^n) jednak je antilogaritamskoj vrijednosti konstante linearne regresije vrijednosti smičnog naprezanja i

brzine smicanja, a indeks tečenja odgovara koeficijentu linearne regresije. Za izračunavanje reoloških parametara upotrijebljen je Ostwald-de Waele-ov zakon:

$$t = k * D^n \quad (1)$$

gdje je: t- napon smicanja (Pa),

k - koeficijent konzistencije (Pa s^n),

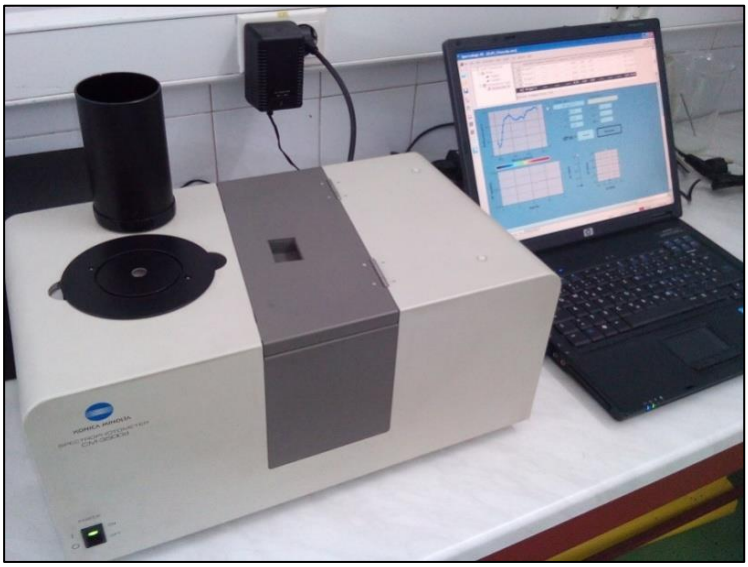
D - brzina smicanja (s^{-1}),

n – indeks tečenja.

Vrijednosti napona smicanja i prividne viskoznosti očitani su na displeju instrumenta.

3.3.4. Određivanje boje

Određivanje boje uzoraka provedeno je difuzno reflektirajućom spektrofotometrijom na kolorimetru CM-3500d (Konica-Minolta, Japan) pri čemu je odabrana maska otvora odgovarajuće veličine uzorka (slika 6).



Slika 6. Konica Minolta spektrofotometar CM-3500d (vlastita fotografija)

Za izvor svjetla korištena je pulsirajuća ksenon lampa koja je dizajnirana da daje standardni difuzni izvor svjetla D65. Neovisno o valnoj duljini svjetlo reflektirano od uzoraka sakupljano je u integrirajućoj sferi te normalizirano prema svjetlu izvora reflektancije. Zbog toga je prije svakog seta mjerenja uređaj kalibriran s čisto bijelim standardom (100 %- tna refleksija) te crnim valjkom (0 %- tna refleksija), čime se dobiju L*, a* i b*vrijednosti. Parametri boje L* (svjetlina i tama), a* (zelenilo ili crvenilo), b* (plavilo ili žutilo) određivani su uz pomoć Konica Minolta CM 3500-d kolorimetra. Rezultati su prikazani vrijednostima L*, a* i b*, C* i h. Ton boje (C*) i razlika u tonu boje izračunati su na osnovu slijedećih formula:

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

$$\Delta C^* = C_{\text{uzorak}} - C_{\text{standard}} \quad (3)$$

Zasićenost boje (ΔH) određivana je na osnovu niže navedene formule:

$$\Delta H = \sqrt{\Delta E^2 - \Delta L^2 + \Delta C^2} \quad (4)$$

U programu Spectramagic NX (Konica-Minolta, Japan) podnesene su sve potrebne postavke. Izabrana geometrija je d/8 kod koje je površina uzorka promatrana pod kutom od 8° u odnosu na njezinu normalu. Širina zrake koja je promatrana iznosi 7,4°. Tako postavljena geometrija je u skladu sa CIE standardom difuzne iluminacije i kuta gledanja od 0°, uz područje mjerenja od 400 do 700 nm koje odgovara vidljivom dijelu elektromagnetskog spektra. Sva mjerenja određena su u SCE (Specular Component Excluded) modu. Uzorak je postavljen tako da prekriva cijeli otvor te da je poklopljen s valjkom potpuno crne boje i maksimalne apsorbivnosti svjetlosti.

3.4.5. Određivanje raspodjele veličine čestica

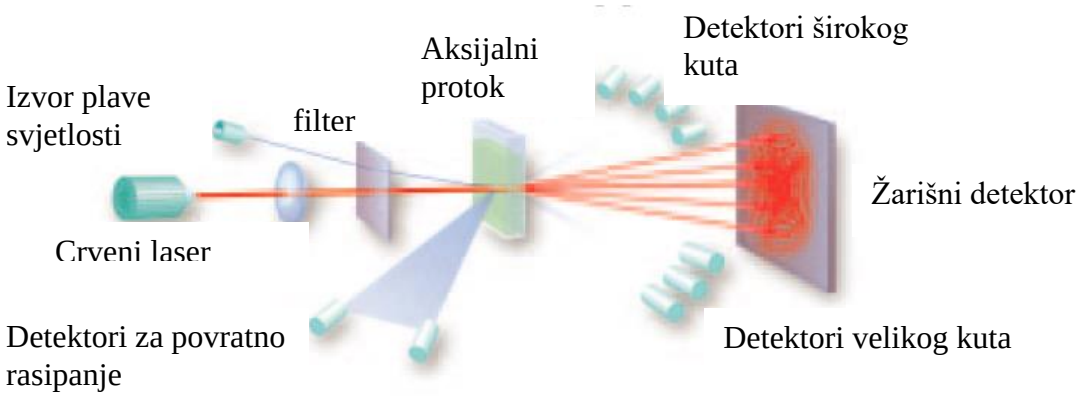
Mjerenje raspodjele veličine čestica tekuće pasteriziranih cijelih jaja provedeno je na instrumentu Malvern Instruments Limited (Malvern, Worcestershire, UK, Hydro MU sample dispersion unit) te obradom rezultata na Mastersizer 2000 software-u. Na slici 7 shematski je prikazan rad uređaja za određivanje veličine čestica difrakcijom laserske zrake Prilikom mjerenja upotrijebljena je leća ranga 100 mm. Princip rada uređaja za određivanje raspodjele veličine čestica baziran je na odstupanju laserske zrake tijekom prolaza kroz vodenu suspenziju čestica ispitivanog materijala. Tretirani uzorci su ispitivani sa svrhom razbijanja aglomerata čestica nastalih zbog primanja vlage iz okoline. Za analizu dobivenih rezultata upotrijebljena je MIE-ova teorija pri čemu je odstupanje od modela iznosilo 1-2%.

Određivanje raspodjele veličine čestica provedeno je na osnovu volumena čestica.

$$V = \frac{4}{3} \cdot r^3 \cdot \Pi \tag{5}$$

gdje je: V = volumen kugle (m^3)

r = polumjer kugle (m)



Slika 7. Shematski prikaz rada uređaja za određivanje veličine čestica difrakcijom laserske zrake (Režek Jambrak, 2008)

3.4.6. Određivanje teksturalnih svojstava

Teksturalna svojstva određena su na način da se uzorci zagrijavani na 85˚C u vremenu od 15 min u vodenoj kupelji s tresilicom. Nakon formiranja gela uzorci su brzo ohlađeni na sobnu temperaturu uranjanjem u ledenu vodu te su do daljnjih analiza čuvani pri +4˚C. Tekstura formiranih gelova mjerila se nakon 24 sata. Određivanje čvrstoće gela provedeno je pomoću analizatora teksture Texture Analyzer HDplus, Stable Micro System, Velika Britanija (Slika 8). Rad ovog uređaja baziran je na penetriranju uzorka putem sonde. Korisnik uređaja određuje proceduru mjernog postupka. Sonda tada određenom brzinom i do određene dubine penetrira u uzorak te se naposljetku vraća u početni položaj. Ovakav ciklus se ponavlja još jednom, a podatke koje uređaj prikuplja tijekom testiranja (primijenjena sila, dubina, vrijeme) uređaj sam prikazuje u obliku grafa te ga putem računalnog programa obrađuje.

Tehničke značajke uređaja Texture Analyzer HDplus:

- Maksimalna brzina: 20 mm/s
- Minimalna brzina: 0,01 mm/s
- Mjerni osjetnici: 1, 5, 30, 50, 100, 250, 500, 750 kg
- Rezolucija: 0,001 mm
- Osjetljivost: 500 točaka u sekundi
- Temperaturno područje: 0 – 40 °C
- Masa: 35 kg
- Električna mreža: 220 V / 50 Hz



Slika 8. Texture Analyzer HDplus (vlastita fotografija)

3.2.7. Statistička obrada podataka

U cilju da se utvrdi statistički utjecaj vremena skladištenja te udjela limunske kiseline na izlazne parametre kvalitete jaja za planiranje, dizajn i obranu podataka korišten je računalni program STATGRAPHICS Centurion (StatPoint tehnologija, Inc). Napravljen je dizajn eksperimenta prema Multifactor Categorial Design. Rezultati su obrađeni prema multifaktorijalnoj analizi varijance (MANOVA) sa razinom značajnosti od 95 %.

4. REZULTATI I RASPRAVA

U ovom radu ispitivan je utjecaj dodatka limunske kiseline (0, 300, 400 i 500 mg /L) na fizikalna i funkcionalna svojstva pasteriziranih tekućih cijelih jaja tijekom 4 tjedna skladištenja. Određivan je pH, elektroprovodljivost, boja, veličina čestica te reološka i teksturalna svojstva. Nakon provedenog istraživanja dobiveni su sljedeći rezultati.

4.1. Rezultati određivanja pH vrijednosti

pH vrijednost jedan je od bitnih čimbenika u održavanju kvalitete, obradi i svojstvima proizvoda od jaja (Silversides i sur., 1993). pH vrijednost tekućih cijelih jaja može varirati od 7,0 do 7,6, najčešće iznosi 7,2 (Cotterill i McBee, 1995).

U tablici 6 prikazani su rezultati promjene pH vrijednosti tekućih pasteriziranih cijelih jaja kontrolnog (K) uzorka i tretiranih (300, 400, 500 mg/L) uzoraka s limunskom kiselinom tijekom 4 tjedna skladištenja.

Tablica 6. Rezultati promjene pH vrijednosti tekućih pasteriziranih cijelih jaja kontrolnog (K) uzorka i tretiranih (300,400,500 mg/L) uzoraka s limunskom kiselinom tijekom 4. tjedna skladištenja

pH	Tjedni skladištenja			
	1.	2.	3.	4.
K	7,74±0,02	7,41±0,10	7,63±0,11	6,53±0,01
300	7,45±0,05	7,53±0,05	7,39±0,03	6,17±0,02
400	7,37±0,10	7,52±0,01	7,31±0,02	6,19±0,01
500	7,41±0,04	7,43±0,01	7,36±0,14	6,20±0,02

Iz rezultata tablice 6 kod kontrolnog uzorka pH vrijednost jaja do 3. tjedna iznosila je oko 7,6-7,7 dok se nakon 4. tjedna smanjila na 6,5.

Isto tako, kod uzoraka u koje je dodano 300, 400 i 500 mg/L limunske kiseline pH vrijednost mijenjala se tijekom tri tjedna skladištenja i iznosila je 7,3 - 7,5. Međutim, nakon 4. tjedna pH vrijednost je kod svih uzoraka s dodatkom limunske kiseline iznosila oko 6.

Giampietro- Ganeco i sur., (2012) su utvrdili da je skladištenje na nižim temperaturama učinkovitije u održavanju karakteristika kvalitete jaja. U istraživanju Rego i sur., (2012) pronađeno je da je došlo do smanjenja pH vrijednost komercijalnih pasteriziranih jaja 14. dana čuvanja.

Alleoni i Antunes, (2001) istraživali su pH vrijednost jaja tijekom 21. dana skladištenja na 5 °C te utvrdili da su pH vrijednosti jaja bile u rasponu od 7,6 do 7,9, što je blizu neutralnog pH, nakon 21. dana skladištenja što olakšava rasta mikroorganizama.

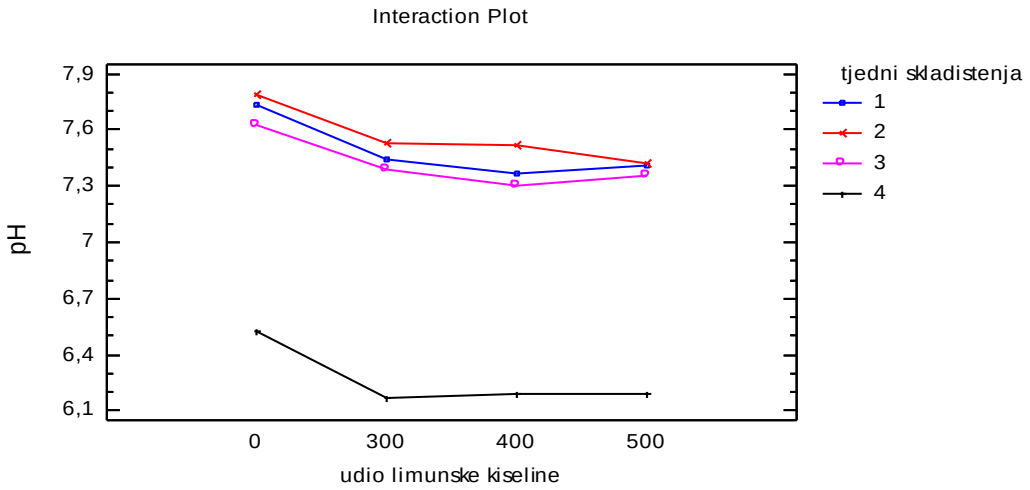
U tablicama 7 i 8 prikazana je statistička obrada podataka, gdje su kao faktori uzeti udio limunske kiseline (mg/L) i tjedni skladištenja. Oba faktora su imala utjecaj na pH svih uzoraka te su statistički signifikantni ($p<0,05$). Međutim, njihova interakcija nije bila statistički značajna ($p>0,05$).

Tablica 7. Analiza varijanci za pH vrijednosti

Izvor	*Zbroj kvadrata*	*Df*	*Srednja vrijednost*	*F-omjer*	*P-vrijednost*
Glavni uzročnici					
A:udio limunske kiseline	0,59	3	0,196	50,51	**0,000**
B:tjedni skladištenja	9,06	3	3,021	777,02	**0,000**
Interakcije					
AB	0,02	9	0,003	0,69	0,711
Ostatak	0,06	16	0,004		
Ukupno	9,74	31			

Tablica 8. Prikaz metode najmanjih kvadrata za topljivost proteina s 95 % značajnosti

			Stnd.	*Minimalna*	*Maksimalna*
Razina	*Izračun*	*Srednja vrijednost*	*pogreška*	*Vrijednost*	*Vrijednost*
Najveća srednja vrijednost	32	7,19			
Udio limunske kiseline					
0	8	7,42	0,02	7,37	7,47
300	8	7,13	0,02	7,08	7,18
400	8	7,09	0,02	7,05	7,14
500	8	7,09	0,02	7,05	7,14423
Tjedni skladištenja					
1	8	7,49	0,02	7,44	7,54
2	8	7,57	0,02	7,52	7,61
3	8	7,42	0,02	7,37	7,47
4	8	6,27	0,02	6,22	6,32
Udio limunske kiseline za tjedne skladištenja					
0,1	2	7,74	0,04	7,64	7,83
0,2	2	7,79	0,04	7,69	7,88
0,3	2	7,63	0,04	7,54	7,72
0,4	2	6,53	0,04	6,43	6,62
300,1	2	7,45	0,04	7,35	7,54
300,2	2	7,53	0,04	7,43	7,62
300,3	2	7,39	0,04	7,29	7,48
300,4	2	6,17	0,04	6,07	6,26
400,1	2	7,37	0,04	7,28	7,46
400,2	2	7,52	0,04	7,43	7,61
400,3	2	7,31	0,04	7,21	7,39
400,4	2	6,19	0,04	6,09	6,28
500,1	2	7,41	0,04	7,32	7,50
500,2	2	7,43	0,04	7,33	7,52
500,3	2	7,36	0,04	7,27	7,45
500,4	2	6,19	0,04	6,10	6,29



Slika 10. Grafički prikaz utjecaja interakcije dva faktora (koncentracije limunske kiseline i tjedni skladištenja) na pH vrijednost.

Iz grafičkog prikaza (slika 10) dobiveni su rezultati koji pokazuju da je pH vrijednost bila najviša kod kontrolnog uzorka nakon 2. tjedna skladištenja, a najmanja kod uzorka s dodatkom 500 mg/L limunske kiseline nakon 4. tjedna skladištenja.

4.2. Rezultati određivanja elektroprovodljivosti

U tablici 9 prikazani su rezultati promjene elektroprovodljivosti tekućih pasteriziranih cijelih jaja kontrolnog (K) uzorka i tretiranih (300, 400, 500 mg/L) uzoraka s limunskom kiselinom tijekom 4. tjedna skladištenja.

Tablica 9. Rezultati promjene elektroprovodljivosti (mS/cm) tekućih pasteriziranih cijelih jaja kontrolnih (K) i tretiranih (300, 400, 500 mg/L) uzoraka s limunskom kiselinom tijekom 4. tjedna skladištenja

Elektroprovodljivost	**Dani skladištenja**			
	1.	**2.**	**3.**	**4.**
K	5,94±0,09	5,10±0,71	5,83±0,49	6,34±0,08
300	6,11±0,03	6,01±0,07	6,14±0,04	6,38±0,08
400	5,84±0,11	5,84±0,08	5,86±0,07	6,20±0,14
500	6,07±0,00	5,96±0,02	6,18±0,04	6,38±0,08

Elektroprovodljivost medija, koji se mjeri, njegova je sposobnost da provede električnu struju (Halden i sur., 1990; Palaniappan sur., 1991). Elektroprovodljivost u velikoj mjeri određuje ključne parametre procesa kao unutrašnje svojstvo tretirane hrane.

Prema definiciji elektroprovodljivosti za prehrambene proizvode jaja imaju dobru vodljivost ako ime je $\sigma > 5$ mS/cm (Herceg, 2009).

Rezultati u tablici 9. pokazuju da nakon sva tri tjedna skladištenja svi uzorci su imali vrijednost elektroprovodljivosti iznad 5 mS/cm. Najveća vrijednost elektroprovodljivosti iznosila je 6,38 kod uzorka s dodatkom maksimalne vrijednosti limunske kiseline od 500 mg/L što znači da se elektroprovodljivost značajno mijenjala tijekom skladištenja. Isto tako, kiseliji proizvodi imaju veću provodljivost što mogu usporediti s 21.danom skladištenja, pri dodatku 500 mg/L limunske kiseline, gdje je elektroprovodljivost bila najveća.

Amiali i sur., (2007) istraživali su odnos elektroprovodljivosti tekućih cijelih jaja i voćnih sokova te su utvrdili da tekuća jaja imaju veću elektroprovodljivost, koja je iznosila od 0,22 do 1,1 S/m, za razliku od voćnih sokova čije elektroprovodljivost koja je iznosila od 0,13 do 0,63 S/m.

Istraživanja su pokazala da elektroprovodljivost tekućina utječe na prirodu iona (kemijski sastav) i ionsko kretanje u tekućini (Palaniappan i sur., 1991). U usporedbi s voćnim sokovima, vrijednost elektroprovodljivosti tekućih jaja bila je viša od voćnih sokova, zbog velikih količina koncentracije soli i kiselina koje djeluju kao elektroliti koji generiraju električnu struju kroz uređaj (Haldeni sur., 1990).

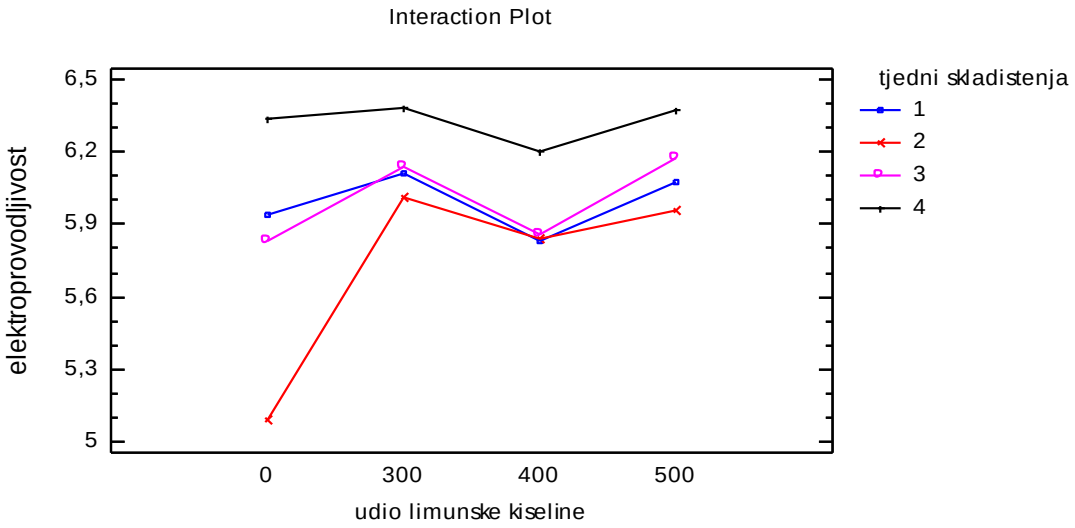
U tablicama 10 i 11 prikazana je statistička obrada podataka, gdje su kao faktori uzeti udio limunske kiseline (mg/L) i tjedni skladištenja. Iz tablice 10 statističkom obradom podataka, vidljivo je da su oba faktora pojedinačno imali utjecaj na elektroprovodljivost svih uzoraka te da su statistički signifikantni ($p<0,05$). Međutim, njihova interakcija nije bila statistički značajna ($p>0,05$); limunska kiselina i tjedni skladištenja u kombinaciji nisu imali utjecaj na elektroprovodljivost.

Tablica10. Analiza varijanci za elektroprovodljivost

Izvor	*Zbroj kvadrata*	*Df*	*Srednja vrijednosti*	*F-omjer*	*P-vrijednost*
Glavni faktori					
A:udio limunske kiseline	0,72	3	0,24	4,62	**0,016**
B:tjedni skladištenja	1,44	3	0,48	9,17	**0,001**
Interakcije					
AB	0,69	9	0,08	1,49	0,235
Ostatak	0,84	16	0,05		
Ukupno	3,69	31			

Tablica 11. Prikaz metode najmanjih kvadrata za elektroprovodljivost s 95 % značajnosti

			Stnd.	*Minimalna*	*Maksimalna*
Razina	*Izračun*	*Srednja vrijednost*	*pogreška*	*vrijednost*	*Vrijednost*
Najveća srednja vrijednost	32	6,01			
Udio limunske kiseline					
0	8	5,79	0,08	5,63	5,97
300	8	6,16	0,08	5,99	6,33
400	8	5,93	0,08	5,76	6,10
500	8	6,14	0,08	5,97	6,31
Tjedni skladištenja					
1	8	5,99	0,08	5,82	6,16
2	8	5,725	0,08	5,55	5,89
3	8	6,00	0,08	5,83	6,17
4	8	6,32	0,08	6,15	6,49372
Udio limunske kiseline za tjedne skladištenja					
0,1	2	5,94	0,16	5,59	6,28
0,2	2	5,09	0,16	4,75	5,43
0,3	2	5,83	0,16	5,49	6,17
0,4	2	6,34	0,16	5,99	6,68
300,1	2	6,11	0,16	5,77	6,45
300,2	2	6,01	0,16	5,67	6,35
300,3	2	6,14	0,16	5,79	6,48
300,4	2	6,38	0,16	6,04	6,72
400,1	2	5,84	0,16	5,49	6,18
400,2	2	5,84	0,16	5,49	6,18
400,3	2	5,86	0,16	5,52	6,20
400,4	2	6,20	0,16	5,86	6,54
500,1	2	6,07	0,16	5,73	6,41
500,2	2	5,96	0,16	5,61	6,29
500,3	2	6,18	0,16	5,83	6,52
500,4	2	6,38	0,16	6,03	6,72



Slika 11. Grafički prikaz utjecaja interakcije dva faktora (koncentracije limunske kiseline i tjedne skladištenja) na elektroprovodljivost

Iz grafičkog prikaza (slika 11) dobiveni su rezultati koji pokazuju da je elektroprovodljivost najviša kod uzorka s dodatkom 500 mg/L limunske kiseline nakon 4. tjedna skladištenja, a najmanja kod kontrolnog uzorka nakon 2. tjedna skladištenja.

4.3. Rezultati određivanja reoloških svojstava

U tablici 12 prikazani su rezultati vrijednosti reoloških parametara tekućih pasteriziranih cijelih jaja kontrolnog (K) uzorka i tretiranih (300,400,500 mg/L) uzoraka s limunskom kiselinom tijekom 4. tjedna skladištenja.

Tablica 12. Vrijednosti reoloških parametara kontrolnog (K) uzorka i tretiranih uzoraka s (300, 400, 500 mg/L) limunske kiseline 4. tjedna tijekom skladištenja

Uzorci	Dani skladištenja	Prividna viskoznost kod 1290 s^{-1} (mPa s)	Koeficijent konzistencije k (Pa s^n)	Indeks tečenja n	Koeficijent regresije R^2
K	**1.**	0,013	1,678	1,74	0,997
300		0,013	1,759	1,76	0,997
400		0,011	2,066	2,07	0,997
500		0,012	1,736	1,74	0,998
K	**2.**	0,011	2,483	2,48	0,997
300		0,011	2,180	2,18	0,998
400		0,011	2,171	2,17	0,998
500		0,011	1,893	1,89	0,998
K	**3.**	0,012	2,018	2,01	0,995
300		0,012	1,948	1,95	0,997
400		0,012	1,947	1,95	0,998
500		0,012	1,926	1,93	0,997
K	**4.**	0,010	2,059	2,05	0,997
300		0,011	2,074	2,07	0,997
400		0,011	2,031	2,03	0,999
500		0,012	1,952	1,95	0,998

Reološka svojstva proizvoda igraju važnu ulogu kod projektiranja i optimiranja samog tehnološkog procesa proizvodnje (Hegedušić , 1992).

Reološki parametri adekvatno su određeni primjenom Ostwald-de Waele-ovog zakona budući da je koeficijent regresije bio iznimno visok (od 0,995 do 0,999). Svi uzorci se prema dobivenim indeksima tečenja svrstavaju u vremenski neovisne nenewtonske tekućine, pri čemu jaja pokazuju dilatantni karakter jer im je indeks tečenja n>1. Dilatantne kapljevine su sve one koje se do kritične vrijednosti smičnog naprezanja ponašaju kao newtonovske, a iznad toga viskoznost im raste s povećanjem smične brzine. Ovaj tip ponašanja je znatno rjeđi od pseudoplastičnog (Režek Jambrak i sur., 2008).

S druge strane, u istraživanju Scalzo i sur., (1970), indeks tečenja (n) tekućih cijelih jaja pokazivao je vrijednosti od 0,929 do 0,988 što isto ukazuje da tekuća cijela jaja pokazuju pseudoplastičan karakter (n<1). Koeficijent konzinstencije (K) mijenjao se od 0,021 do 0,038 (Pa s^n) te se smanjuje sa povećanjem temperature.

Najmanja prividna viskoznost pri 1290 s^{-1} bila je kod kontrolnog (K) uzorka nakon 4. tjedna skladištenja i iznosila je 0,010, a najveća kod kontrolnog (K) uzorka nakon 1. tjedna skladištenja i iznosila je 0,013. Isto tako, uzorci s 300, 400 i 500 mg/ L nisu imali značajnije razlike u vrijednosti prividne viskoznosti iz čega se može zaključiti da se prividna viskoznost nije znatno mijenjala. Koeficijent konzistencije (k) se mijenjao od 1,678- 2,483 (Pa s^n).

Singh i sur. (2011) istraživali su tekuća cijela jaja skladištena pri sobnoj temperaturi i pri 6^{0}C primjenom Ostwald-de Waele-ovog zakona. Tekuća cijela jaja pri sobnoj temperaturi pokazuju više pseudoplastični karakter ponašanja s vremenom skladištenja od uzoraka jaja pohranjeni na 6 ^{0}C jer je vrijednost indeksa tečenja promijenio od 0,914 do 0,095 za 28 dana u odnosu na vrijednost indeksa tečenja pri 6 ^{0}C koji je varirao 0,914 do 0,889. U svim uzorcima R vrijednost bila je iznad 0,99.

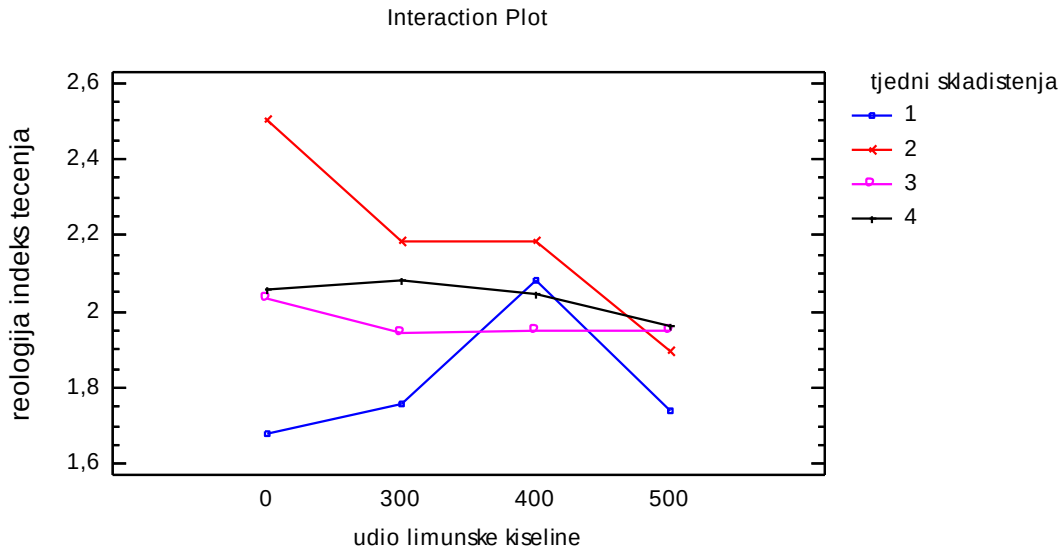
Tablica 13. Analiza varijanci za reološki indeks tečenja

Izvor	*Zbroj kvadrata*	*Df*	*Srednja vrijednost*	*F-omjer*	*P-vrijednost*
Glavni uzročnici					
A:udio limunske kiseline	0,18	3	0,06	2,65	0,084
B:tjedni skladištenja	0,58	3	0,19	8,67	**0,001**
Interakcije					
AB	0,42	9	0,05	2,08	0,096
Ostatak	0,36	16	0,02		
Ukupno	1,54	31			

U tablicama 13. i 14. prikazana je statistička obrada podataka za indeks tečenja, gdje su kao faktori uzeti udio limunske kiseline (mg/L) i tjedni skladištenja. Tjedni skladištenja bili su statistički značajni (p<0,05) na indeks tečenja dok limunska kiseline zbog nije bila statistički značajna (p=0,0843). Isto tako, njihova interakcija nije bila statistički značajna (p=0,0963) i time limunska kiselina i tjedni skladištenja nisu imali utjecaj na reološki indeks tečenja.

Tablica 14. Prikaz metode najmanjih kvadrata reološki indeks tečenja s 95 % značajnosti

			Stnd.	*Minimalna*	*Maksimalna*
Razina	*Izračun*	*Srednja vrijednost*	*pogreška*	*Vrijednost*	*vrijednost*
Najveća srednja vrijednost	32	2,00			
Udio limunske kiseline					
0	8	2,07	0,05	1,96	2,19
300	8	1,99	0,05	1,88	2,10
400	8	2,07	0,05	1,95	2,18
500	8	1,89	0,05	1,77	1,99
Tjedni skladištenja					
1	8	1,82	0,05	1,70	1,93
2	8	2,19	0,05	2,08	2,30
3	8	1,97	0,05	1,89	2,08
4	8	2,04	0,05	1,92	2,15
Udio limunske kiseline za tjedne skladištenja					
0,1	2	1,68	0,11	1,46	1,91
0,2	2	2,51	0,11	2,28	2,73
0,3	2	2,04	0,11	1,81	2,26
0,4	2	2,06	0,11	1,83	2,28
300,1	2	1,76	0,11	1,54	1,98
300,2	2	2,18	0,11	1,96	2,41
300,3	2	1,94	0,11	1,72	2,17
300,4	2	2,08	0,11	1,86	2,31
400,1	2	2,08	0,11	1,86	2,31
400,2	2	2,17	0,11	1,96	2,41
400,3	2	1,95	0,11	1,73	2,17
400,4	2	2,04	0,11	1,82	2,27
500,1	2	1,74	0,11	1,51	1,96
500,2	2	1,89	0,11	1,67	2,12
500,3	2	1,95	0,11	1,73	2,18
500,4	2	1,96	0,11	1,74	2,18



Slika 12. Grafički prikaz utjecaja interakcije dva faktora (koncentracije limunske kiseline i tjedni skladištenja) na reološki indeks tečenja

Iz grafičkog prikaza (slika 12) dobiveni su rezultati koji pokazuju da je reološki indeks tečenja najviši kod kontrolnog uzorka nakon 2. tjedna skladištenja, a najmanji kod uzorka s dodatkom 500 mg/ L limunske kiseline nakon 1. tjedna skladištenja.

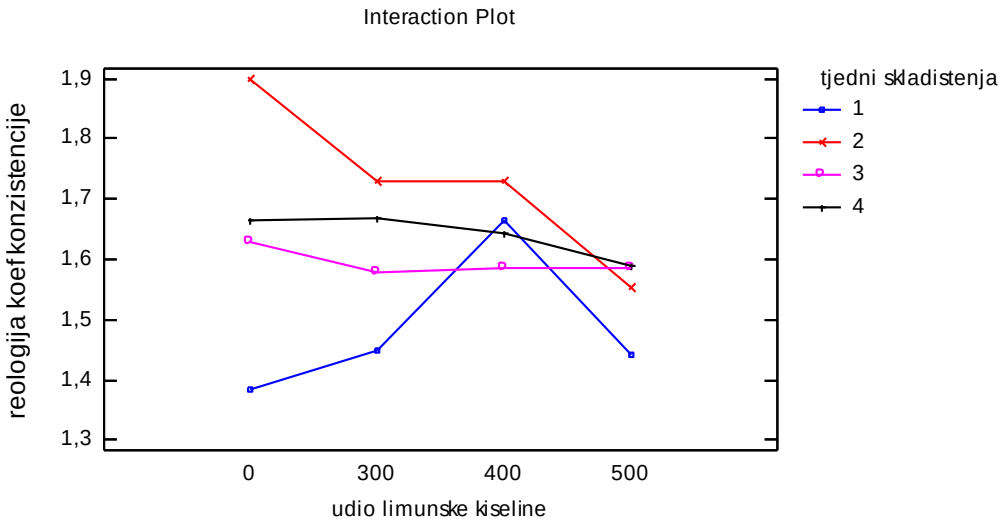
Tablica 15. Analiza varijanci za reološki koeficijent konzistencije

Izvor	*Zbroj kvadrata*	*Df*	*Srednja vrijednost*	*F-omjer*	*P-vrijednost*
Glavni uzročnici					
A:udio limunske kiseline	0,06	3	0,02	2,55	0,092
B:tjedni skladištenja	0,25	3	0,08	10,02	**0,001**
Interakcije					
AB	0,16	9	0,02	2,14	0,089
Ostatak	0,13	16	0,01		
Ukupno	0,60	31			

U tablicama 15. i 16. prikazana je statistička obrada podataka za koeficijent reologije, gdje su kao faktori uzeti udio limunske kiseline (mg/ L) i tjedni skladištenja. Dobiveni su rezultati da su tjedni skladištenja statistički značajni ($p<0,05$) na koeficijent konzistencije, dok limunska kiseline nije bila statistički značajna ($p=0,0920$). Isto tako, njihova interakcija nije bila statistički značajna ($p=0,0889$) i time limunska kiselina i tjedni skladištenja u kombinaciji nisu imali utjecaj na reološki koeficijent konzistencije.

Tablica 16. Prikaz metode najmanjih kvadrata za reološki koeficijent konzistencije s 95 % značajnosti

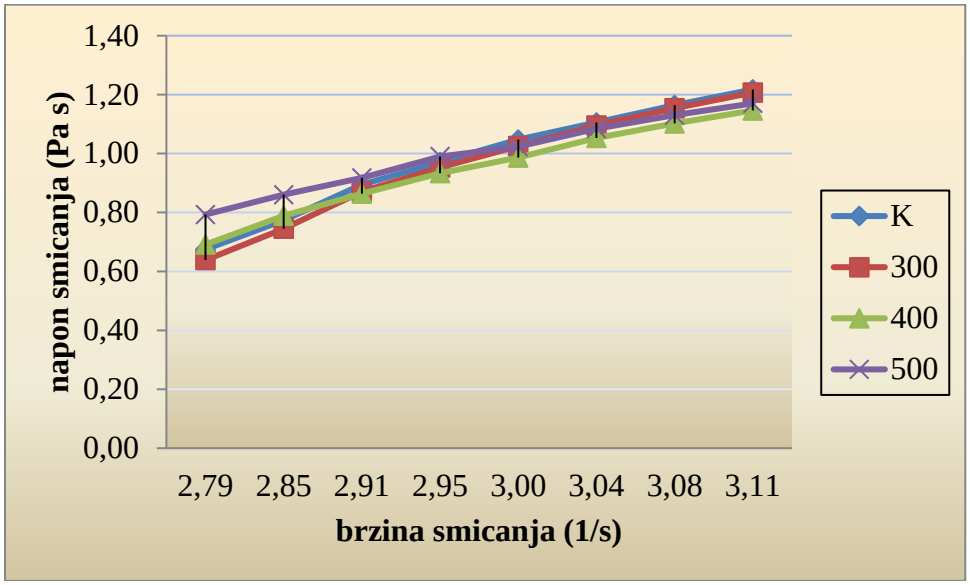
			Stnd.	*Minimalna*	*Maksimalna*
Razina	*Izračun*	*Srednja vrijednost*	*pogreška*	*vrijednost*	*vrijednost*
Glavni uzročnici	32	1,61			
Udio limunske kiseline					
0	8	1,65	0,03	1,58	1,71
300	8	1,61	0,03	1,54	1,68
400	8	1,66	0,03	1,59	1,72
500	8	1,54	0,03	1,47	1,61
Tjedni skladištenja					
1	8	1,49	0,03	1,42	1,55
2	8	1,73	0,03	1,66	1,79
3	8	1,59	0,03	1,53	1,66
4	8	1,64	0,03	1,57	1,71
Udio limunske kiseline za tjedne skladištenja					
0,1	2	1,39	0,06	1,25	1,52
0,2	2	1,90	0,06	1,76	2,04
0,3	2	1,63	0,06	1,49	1,77
0,4	2	1,67	0,06	1,53	1,80
300,1	2	1,45	0,06	1,31	1,59
300,2	2	1,73	0,06	1,59	1,87
300,3	2	1,58	0,06	1,44	1,72
300,4	2	1,67	0,06	1,53	1,81
400,1	2	1,67	0,06	1,53	1,80
400,2	2	1,73	0,06	1,59	1,87
400,3	2	1,59	0,06	1,45	1,72
400,4	2	1,65	0,06	1,51	1,78
500,1	2	1,44	0,06	1,30	1,57
500,2	2	1,56	0,06	1,42	1,69
500,3	2	1,59	0,06	1,45	1,72
500,4	2	1,59	0,06	1,45	1,73



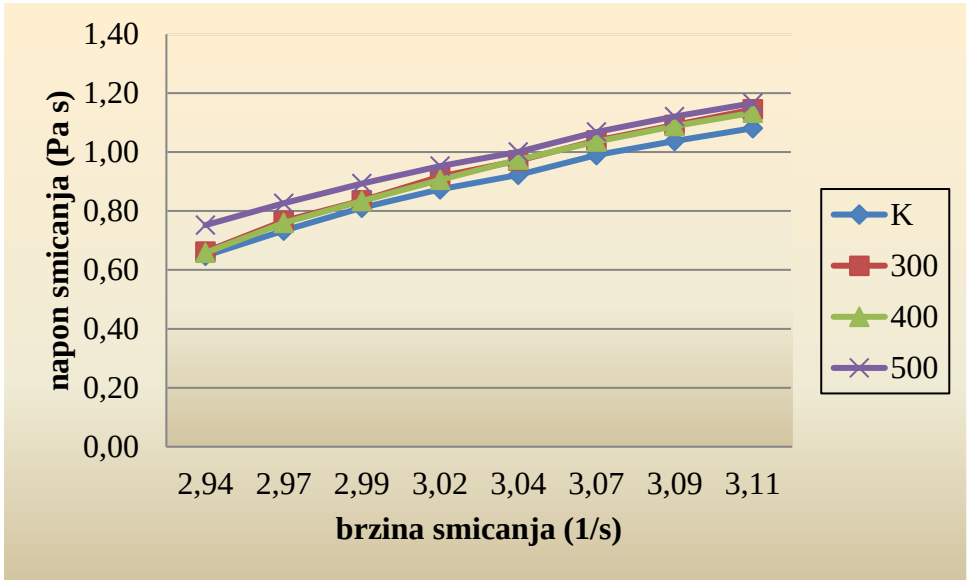
Slika 13. Grafički prikaz utjecaja interakcije dva faktora (koncentracije limunske kiseline i tjedni skladištenja) na reološki koeficijent konzistencije

Iz grafičkog prikaza (slika 13) dobiveni su rezultati koji pokazuju da je reološki koeficijent konzistencije najviši kod kontrolnog uzorka nakon 2. tjedna skladištenja, a najmanji kod uzorka s dodatkom 500 mg/L limunske kiseline nakon 1. tjedna skladištenja.

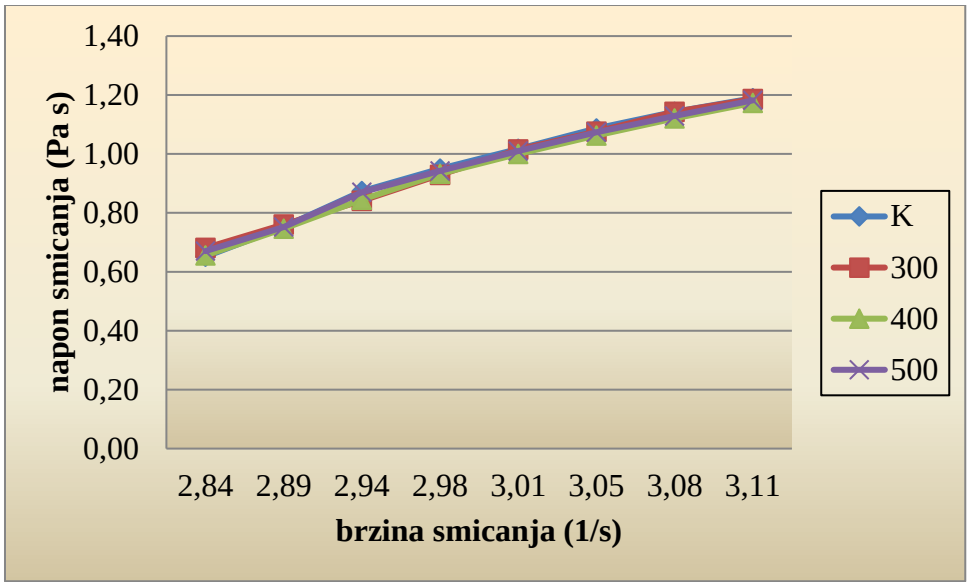
Ovisnost napona smicanja i brzine smicanja prikazan je grafički za sve uzorke (Slika 14.-17.) Za sve uzorke tijekom 4. tjedna skladištenja napon smicanja eksponencijalno se povećava s brzinom smicanja.



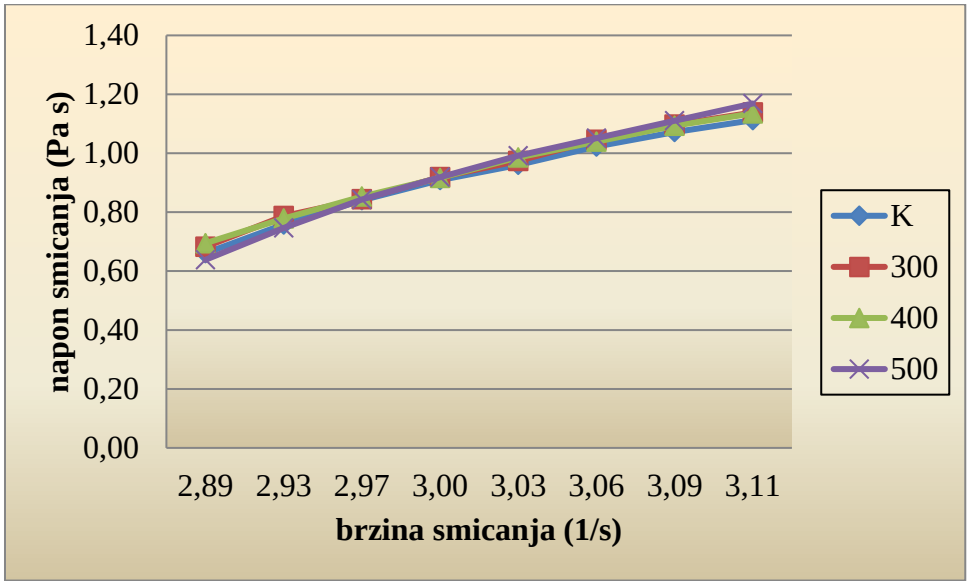
Slika 14. Grafički prikaz ovisnost napona smicanja o brzini smicanja kontrolnog (K) uzorka i tretiranih uzoraka s 300, 400 i 500 mg/L limunske kiseline nakon 1. tjedna skladištenja



Slika 15. Grafički prikaz ovisnost napona smicanja o brzini smicanja kontrolnog (K) uzorka i tretiranih uzoraka s 300, 400 i 500 mg/L limunske kiseline nakon 2. tjedna skladištenja



Slika 16. Grafički prikaz ovisnost napona smicanja o brzini smicanja kontrolnog (K) uzorka i tretiranih uzoraka s 300, 400 i 500 mg/L limunske kiseline nakon 3. tjedna skladištenja



Slika 17. Grafički prikaz ovisnost napona smicanja o brzini smicanja kontrolnog (K) uzorka i tretiranih uzoraka s 300, 400 i 500 mg/L limunske kiseline nakon 4. tjedna skladištenja

2.3. Rezultati određivanja boje

U tablici 17 prikazani su rezultati boje tekućih cijelih jaja tijekom skladištenja kao L*, a*, b*, C* i h vrijednosti.

Tablica 17. Rezultati promjene boje tekućih pasteriziranih cijelih jaja kontrolnog (K) uzorka i tretiranih (300, 400, 500 mg/L) uzoraka s limunskom kiselinom tijekom 4. tjedna skladištenja

Uzorci	Tjedni skladištenja			
	1.	2.	3.	4.
L*				
K	61,41±0,66	53,23±0,13	61,50±0,11	64,05±0,29
300	62,04±2,07	56,16±0,04	64,23±0,05	68,29±1,36
400	59,19±1,71	52,65±0,24	61,18±0,26	65,64±0,30
500	64,65±1,27	56,39±0,16	64,19±0,19	67,81±0,74
a*				
K	14,82±1,34	10,65±0,43	17,72±0,18	16,64±0,25
300	12,06±2,89	11,38±0,06	16,72±0,16	12,62±2,01
400	13,79±3,04	11,46±0,01	19,19±0,65	14,53±0,60
500	15,61±2,75	10,51±0,30	16,40±0,45	11,26±0,98
b*				
K	43,52±1,36	33,59±0,44	45,02±0,08	46,97±0,21
300	43,01±3,59	37,80±0,05	48,15±0,08	51,14±3,09
400	42,40±3,06	34,97±0,24	47,39±0,41	51,84±0,77
500	44,53±2,26	34,96±0,21	45,39±0,40	48,25±1,27
C*				
K	45,98±1,73	35,24±0,54	48,38±0,14	49,83±0,28
300	44,69±4,24	39,47±0,03	50,97±0,12	52,67±3,48
400	44,61±3,85	36,80±0,23	51,13±0,63	53,83±0,91
500	47,20±3,03	36,50±0,28	48,77±0,53	49,54±1,46
h				
K	71,22±1,04	72,42±0,45	68,52±0,18	70,49±0,20
300	74,46±2,34	73,26±0,11	70,85±0,07	76,19±1,32
400	72,10±2,51	71,87±0,11	67,96±0,49	74,35±0,38
500	70,76±2,26	73,27±0,35	70,35±0,34	76,88±0,77

Za 1. tjedan skladištenja L* vrijednost kontrolnog uzorka i uzoraka s 300, 400 i 500 mg/L limunske kiseline se nisu značajno razlikovali ($p<0,05$) i pokazali su se statistički signifikantni. Njihova interakcija nije signifikantno značajna zbog $p>0,05$ pa međusobno ne utječu na L* vrijednost. Najsvjetliji uzorci su bili oni s dodatkom 500 mg/L limunske kiseline (L*= 64,65).

a* vrijednost odnosno crvena komponenta je najveća kod uzorka s dodatkom 400 mg/L limunske kiseline nakon 3. tjedna skladištenja i iznosi 19,19, dok je najmanja kod uzorka s dodatkom 500 mg/L limunske kiseline nakon 2. tjedna skladištenja i iznosi 10,51.
Žuta komponenta odnosno b* vrijednost najviša je kod uzorka s 400 mg/L limunske kiseline nakon 4. tjedna skladištenja te iznosi 51,84, dok je najmanja kod kontrolnog uzorka i iznosi 33,59.
Parametar *C** se odnosi na ton boje, a izračunat je pomoću formule 2. Najveću vrijednost tona boje imao je uzorak s dodatkom 300 mg/L limunske kiseline nakon 4. tjedna skladištenja (C*= 52,67), dok je najmanju imao kontrolni uzorak nakon 2. tjedna skladištenja (h= 35,24). Parametar *h* prikazuje zasićenje boje tj. saturaciju te što je vrijednost niža, boja je svjetlija, a kod većih vrijednosti boja je zasićenija i tamnija. Najmanje zasićenje boje imao je uzorak s 400 mg/L limunske kiseline nakon 3. tjedna skladištenja, a najveće zasićenje uzorak s 500 mg/L limunske kiseline nakon 4. tjedna skladištenja.

Ajaypal i Ramaswam (2013) istraživali su utjecaj visokog tlaka na boju tekućih cijelih jaja pa su došli do vrijednosti da je L* rasla je 47,90 - 68,30 te je bila signifikantno značajna ($p<0,05$) što pokazuje povećanje svjetline uzorka. Na sličan način, a* vrijednost je rasla 15,45 - 27,10, dok je b* vrijednost isto tako rasla 31,55 - 45,40 te su oba parametra bila signifikatno značajna ($p<0,05$). Rezultati su pokazali da su uzorci cijelih jaja bolja uz povećanu svjetlost i crvenkasto - žutu boju.

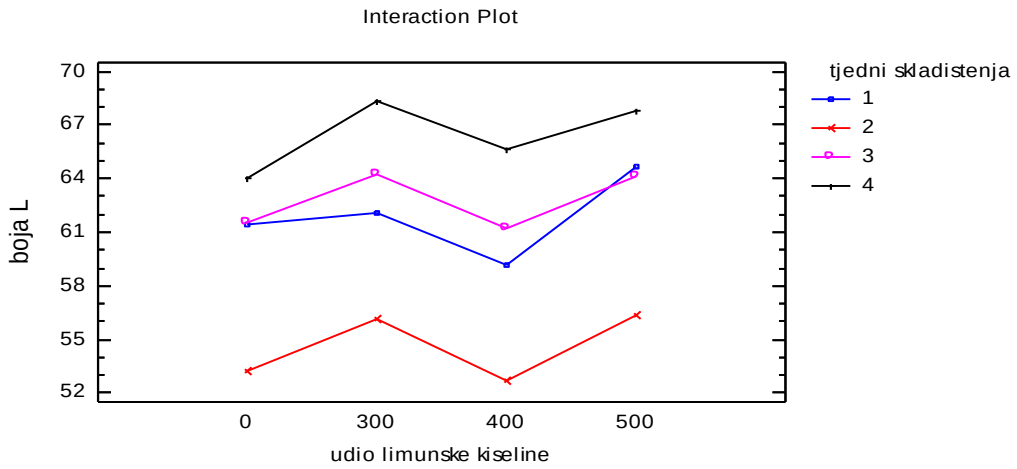
Tablica 18. Analiza varijanci za L* vrijednost

Izvor	*Zbroj kvadrata*	*Df*	*Srednja vrijednost*	*F-omjer*	*P-vrijednost*
Glavni uzročnici					
A:udio limunske kiseline	79,49	3	26,49	35,21	**0,000**
B:tjedni skladištenja	589,38	3	196,46	261,05	**0,000**
Interakcije					
AB	13,33	9	1,48	1,97	0,114
Ostatak	12,04	16	0,75		
Ukupno	694,24	31			

U tablicama 18 i 19 prikazana je statistička obrada podataka, gdje su kao faktori uzeti udio limunske kiseline (mg/L) i tjedni skladištenja. Pojedinačno, limunska kiselina i tjedni skladištenja su bili statistički značajni ($p<0,05$) i utjecali su na L* vrijednost. Dok, njihov međuodnos nije bio statistički značajan ($p>0,05$) i time nisu utjecali na L* vrijednost boje.

Tablica 19. Prikaz metode najmanjih kvadrata za L* vrijednost s 95 % značajnosti

			Stnd.	*Minimalna*	*Maksimalna*
Razina	*Izračun*	*Srednja vrijednost*	*pogreška*	*vrijednost*	*Vrijednost*
Najveća srednja vrijednost	32	61,41			
Udio limunske kiseline					
0	8	60,044	0,31	59,39	60,69
300	8	62,68	0,31	62,03	63,33
400	8	59,66	0,31	59,01	60,31
500	8	63,26	0,31	62,61	63,91
tjedni skladištenja					
1	8	61,82	0,31	61,17	62,47
2	8	54,61	0,31	53,96	55,26
3	8	62,77	0,31	62,12	63,42
4	8	66,45	0,31	65,79	67,09
Udio limunske kiseline za tjedne skladištenja					
0,1	2	61,41	0,61	60,11	62,71
0,2	2	53,23	0,61	51,93	54,53
0,3	2	61,49	0,61	60,19	62,79
0,4	2	64,05	0,61	62,74	65,35
300,1	2	62,04	0,61	60,73	63,34
300,2	2	56,16	0,61	54,86	57,46
300,3	2	64,23	0,61	62,92	65,53
300,4	2	68,29	0,61	66,99	69,59
400,1	2	59,19	0,61	57,89	60,49
400,2	2	52,65	0,61	51,35	53,95
400,3	2	61,18	0,61	59,87	62,48
400,4	2	65,64	0,61	64,34	66,94
500,1	2	64,65	0,61	63,34	65,95
500,2	2	56,39	0,61	55,09	57,69
500,3	2	64,19	0,61	62,88	65,49
500,4	2	67,81	0,61	66,51	69,11



Slika 18. Grafički prikaz utjecaja interakcije dva faktora (koncentracije limunske kiseline i tjedni skladištenja) na L* vrijednost

Iz grafičkog prikaza (slika 18) dobiveni su rezultati koji pokazuju da je L* vrijednost najviša kod uzorka s dodatkom 300 mg/L limunske kiseline nakon 4. tjedna skladištenja i taj uzorak je najsvjetliji dok je najmanja vrijednost kod uzorka s dodatkom 400 mg/ L limunske kiseline nakon 2. tjedna skladištenja i taj uzorak je bio najtamniji.

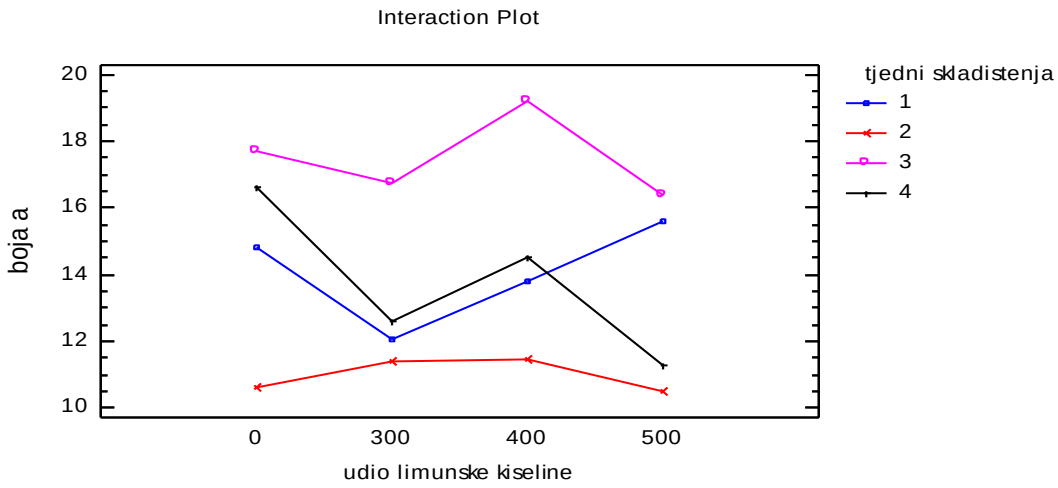
U tablicama 20 i 21 prikazana je statistička obrada podataka, gdje su kao faktori uzeti udio limunske kiseline (mg/L) i tjedni skladištenja. Limunska kiselina nema statistički značaj ($p>0,05$), dok tjedni skladištenja ($p<0,05$) imaju statički značaj za a* vrijednost boje. Također, njihova interakcija nije statistički značajna ($p>0,05$) i time međusobno ne utječu na a* vrijednost boje.

Tablica 20. Analiza varijanci za a* vrijednost

Izvor	*Zbroj kvadrata*	*Df*	*Srednja vrijednost*	*F-omjer*	*P-vrijednost*
Glavni uzročnici					
A:udio limunske kiseline	19,18	3	6,39	3,07	0,058
B:tjedni skladištenja	170,80	3	56,93	27,32	**0,000**
Interakcije					
AB	38,69	9	4,29	2,06	0,099
Ostatak	33,35	16	2,08		
Ukupno	262,02	31			

Tablica 21. Prikaz metode najmanjih kvadrata za a* vrijednost s 95 % značajnosti

			Stnd.	*Minimalna*	*Maksimalna*
Razina	*Izračun*	*Srednja vrijednost*	*pogreška*	*vrijednost*	*vrijednost*
Najveća srednja vrijednost	32	14,08			
Udio limunske kiseline					
0	8	14,96	0,51	13,87	16,04
300	8	13,19	0,51	12,11	14,27
400	8	14,74	0,51	13,66	15,82
500	8	13,44	0,51	12,36	14,52
tjedni skladištenja					
1	8	14,07	0,51	12,99	15,15
2	8	10,99	0,51	9,91	12,08
3	8	17,51	0,51	16,42	18,59
4	8	13,76	0,51	12,68	14,84
Udio limunske kiseline za tjedne skladištenja					
0,1	2	14,82	1,02	12,66	16,98
0,2	2	10,65	1,02	8,48	12,81
0,3	2	17,72	1,02	15,56	19,88
0,4	2	16,64	1,02	14,48	18,80
300,1	2	12,06	1,02	9,89	14,22
300,2	2	11,38	1,02	9,21	13,54
300,3	2	16,72	1,02	14,56	18,88
300,4	2	12,62	1,02	10,46	14,78
400,1	2	13,79	1,02	11,63	15,95
400,2	2	11,46	1,02	9,29	13,62
400,3	2	19,19	1,02	17,03	21,35
400,4	2	14,53	1,02	12,36	16,69
500,1	2	15,61	1,02	13,44	17,77
500,2	2	10,51	1,02	8,35	12,67
500,3	2	16,39	1,02	14,23	18,56
500,4	2	11,26	1,02	9,09	13,42



Slika 19. Grafički prikaz utjecaja interakcije dva faktora (koncentracije limunske kiseline i tjedni skladištenja) na a* vrijednost

Iz grafičkog prikaza (slika 19) dobiveni su rezultati koji pokazuju da je a* vrijednost najviša kod uzorka s dodatkom 400 mg/L limunske kiseline nakon 3. tjedna skladištenja i taj uzorak je najjačeg intenziteta crvene boje, dok je najmanja vrijednost kod uzorka s dodatkom 500 mg/L limunske kiseline nakon 2. tjedna skladištenja i taj uzorak je najslabijeg intenziteta crvene boje.

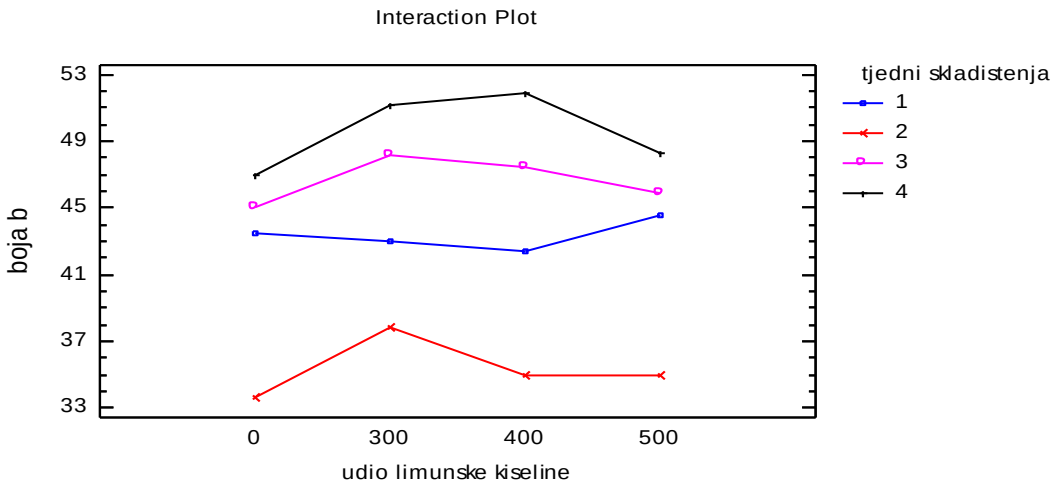
U tablicama 22 i 23 prikazana je statistička obrada podataka, gdje su kao faktori uzeti udio limunske kiseline (mg/ L) i tjedni skladištenja. Dobiveni su rezultati da limunska kiselina i tjedni skladištenja imaju statički značaj ($p<0,05$) za b* vrijednost boje. Također, njihova interakcija nije statistički značajna ($p>0,05$) i time međusobno ne utječu na b* vrijednost boje.

Tablica 22. Analiza varijanci za b* vrijednost

Izvor	*Zbroj kvadrata*	*Df*	*Srednja vrijednost*	*F-omjer*	*P-vrijednost*
Glavni uzročnici					
A:udio limunske kiseline	32,55	3	10,84	4,17	**0,023**
B:tjedni skladištenja	903,16	3	301,05	115,70	**0,000**
Interakcije					
AB	35,29	9	3,92	1,51	0,227
Ostatak	41,63	16	2,60		
Ukupno	1012,61	31			

Tablica 23. Prikaz metode najmanjih kvadrata za b* vrijednost s 95 % značajnosti

Razina	*Izračun*	*Srednja vrijednost*	*Stnd. pogreška*	*minimalna vrijednost*	*Maksimalna Vrijednost*
Najveća srednja vrijednost	32	43,71			
Udio limunske kiseline					
0	8	42,27	0,57	41,06	43,48
300	8	45,02	0,57	43,81	46,23
400	8	44,15	0,57	42,94	45,36
500	8	43,41	0,57	42,20	44,62
Tjedni skladištenja					
1	8	43,36	0,57	42,15	44,57
2	8	35,33	0,57	34,12	36,54
3	8	46,62	0,57	45,41	47,83
4	8	49,55	0,57	48,34	50,75
Udio limunske kiseline za tjedne skladištenja					
0,1	2	43,52	1,14	41,10	45,94
0,2	2	33,59	1,14	31,17	36,01
0,3	2	45,02	1,14	42,59	47,43
0,4	2	46,97	1,14	44,55	49,38
300,1	2	43,01	1,14	40,59	45,43
300,2	2	37,79	1,14	35,38	40,21
300,3	2	48,15	1,14	45,73	50,56
300,4	2	51,14	1,14	48,72	53,55
400,1	2	42,39	1,14	39,98	44,81
400,2	2	34,97	1,14	32,55	37,39
400,3	2	47,39	1,14	44,97	49,81
400,4	2	51,84	1,14	49,42	54,25
500,1	2	44,53	1,14	42,11	46,94
500,2	2	34,96	1,14	32,53	37,37
500,3	2	45,93	1,14	43,51	48,34
500,4	2	48,25	1,14	45,83	50,66



Slika 20. Grafički prikaz utjecaja interakcije dva faktora (koncentracije limunske kiseline i tjedni skladištenja) na a* vrijednost

Iz grafičkog prikaza (slika 20) dobiveni su rezultati koji pokazuju da je b* vrijednost najviša kod uzorka s dodatkom 400 mg/L limunske kiseline nakon 4. tjedna skladištenja i taj uzorak je najjačeg intenziteta žute boje, dok je najmanja vrijednost kod kontrolnog uzorka nakon 2. tjedna skladištenja i taj uzorak je najslabijeg intenziteta žute boje.

2.4. Rezultati određivanja raspodjele veličine čestica

Raspodjela veličine čestica kod tekućih cijelih jaja određivala se u svrhu utvrđivanja razlike veličine čestica te postojanja eventualnih aglomerata koji bi u daljnjem ispitivanju značajno utjecali na funkcionalna svojstva jaja.

Karakteristike krivulja raspodjele veličine čestica pokazani su za kontrolne (K) uzorke i uzorke (300, 400 i 500 mg/L) tretirane s limunskom kiselinom tijekom 4. tjedna skladištenja te su prikazana na slikama 14.- 17.

Smanjenjem veličine čestica povećava se specifična slobodna površina uzorka. U ovom slučaju čestice su smanjene zbog denaturacije proteina nastale tijekom pasterizacije jaja (Režek Jamrak, 2008).

U tablici 24 prikazani su rezultati raspodjele veličine čestica, specifična slobodna površina, površinska srednja te volumna srednja vrijednost kontroliranog (K) uzorka i tretiranih uzoraka (300, 400, 500 mg/ L) limunske kiseline nakon 1. tjedna skladištenja.

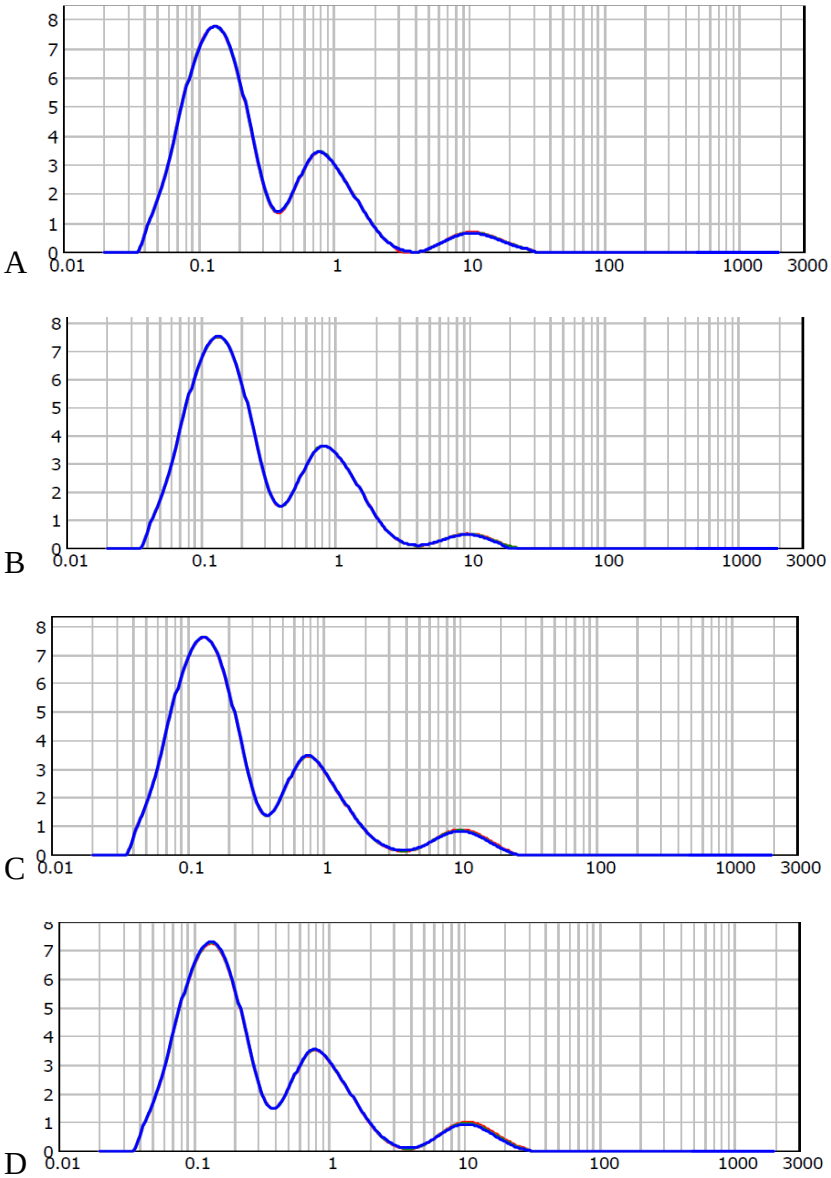
Tablica 24. Rezultati raspodjele veličine čestica, specifična slobodna površina, površinska srednja te volumna srednja vrijednost kontrolnog (K) uzorka i tretiranih uzoraka (300,400,500 mg/L) limunske kiseline nakon 1. tjedna skladištenja

		Veličina čestica (μm)				
Uzorci	Specifična slobodna površina (m^2/g)	10% manje od *	50% manje od *	90% manje od *	Površinska srednja vrijednost D [3,2]	Volumna srednja vrijednost D [4,3]
K	38,25	0,08	0,19	1,38	0,16	3,30
300	37,75	0,08	0,19	1,36	0,16	0,75
400	39,25	0,07	0,18	1,41	0,15	0,92
500	37,00	0,08	0,19	1,71	0,16	1,23

* upotrebom MIE-ove teorije utvrđeno je da 10 % čestica ima manji promjer od navedenog
** upotrebom MIE-ove teorije utvrđeno je da 50 % čestica ima manji promjer od navedenog
*** upotrebom MIE-ove teorije utvrđeno je da 90 % čestica ima manji promjer od navedenog

U tablici 24 veličina čestica nije se značajno mijenjala u svim uzorcima pri čemu mogu zaključiti da limunska kiselina nije imala veliku ulogu nakon 1. tjedna skladištenja.
Dok je volumna srednja vrijednost najveća bila u kontrolnom uzorku i iznosila 3,3, a najmanja 0,75 pri dodatku 300 mg/L limunske kiseline što znači da se volumen čestica smanjio s najmanjoj količinom limunske kiseline.

Na slici 21 grafički su prikazane krivulje ovisnost raspodjele veličine čestica (%) o veličini čestica (µm) nakon 1. tjedna skladištenja.



Slika 21. Raspodjela veličine čestica tekućih pasteriziranih jaja kontrolnog uzorka(A) te uzoraka s dodatkom 300 (B), 400 (C) i 500 (D) mg/L limunske kiseline nakon 1. tjedna skladištenja

Tablica 25. Rezultati raspodjele veličine čestica, specifična slobodna površina, površinska srednja te volumna srednja vrijednost kontrolnog (K) uzorka i tretiranih uzoraka (300, 400, 500 mg/L) limunske kiseline nakon 2. tjedna skladištenja

Uzorci	Specifična slobodna površina (m^2/g)	Veličina čestica (μm)			Površinska srednja vrijednost D [3,2]	Volumna srednja vrijednost D [4,3]
		10% manje od *	50% manje od *	90% manje od *		
K	36,40	0,08	0,20	6,74	0,17	6,40
300	37,70	0,08	0,19	1,39	0,16	0,77
400	38,75	0,07	0,18	1,28	0,16	0,57
500	35,85	0,08	0,20	1,64	0,17	2,80

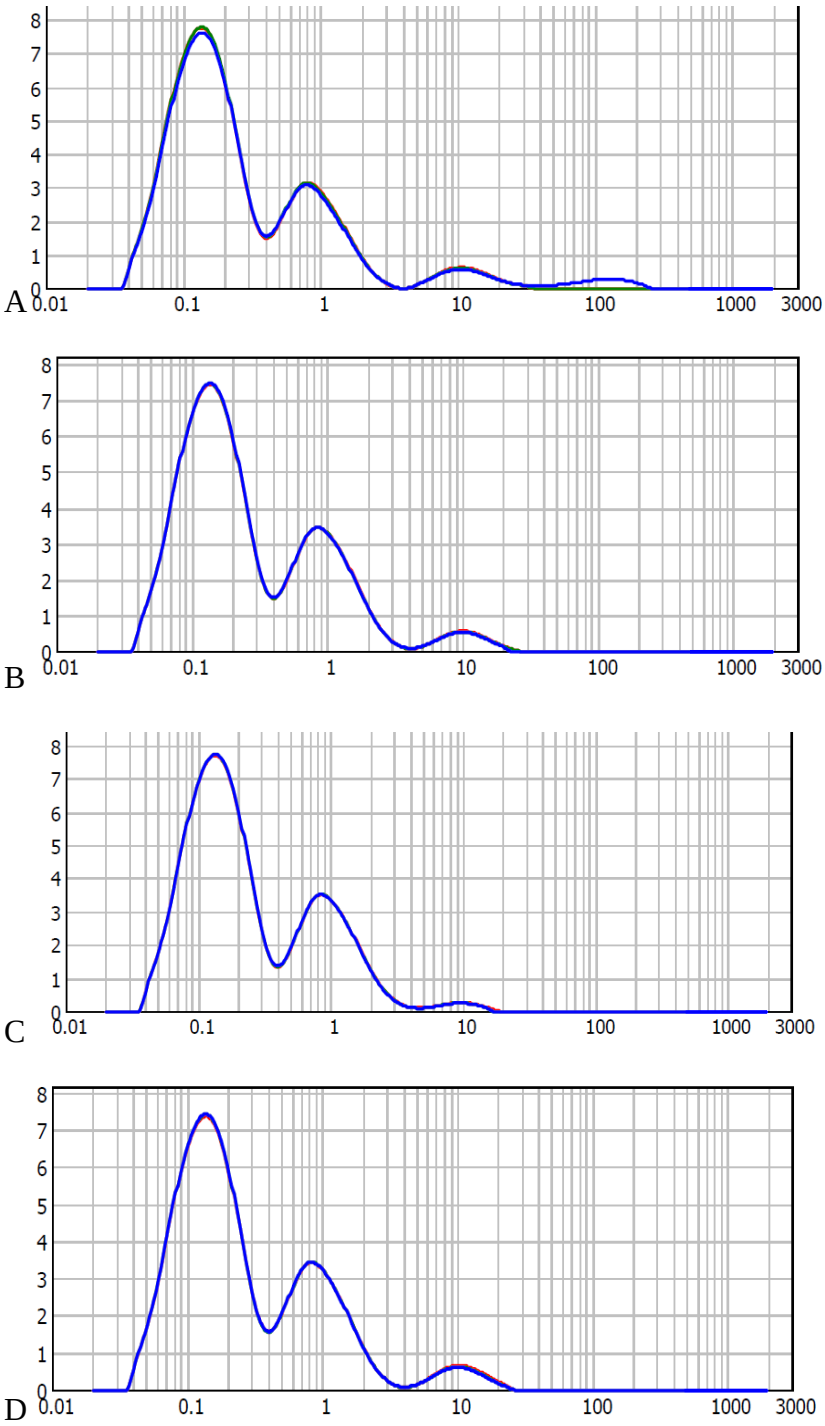
* upotrebom MIE-ove teorije utvrđeno je da 10 % čestica ima manji promjer od navedenog
** upotrebom MIE-ove teorije utvrđeno je da 50 % čestica ima manji promjer od navedenog
*** upotrebom MIE-ove teorije utvrđeno je da 90 % čestica ima manji promjer od navedenog

U tablici 25 prikazani su rezultati raspodjele veličine čestica, specifična slobodna površina, površinska srednja te volumna srednja vrijednost netretiranog (K) uzorka i tretiranih uzoraka (300,400,500 mg/L) limunske kiseline nakon 2. tjedna skladištenja u kojima se specifična slobodna površina i površinska srednja vrijednost nisu značajno mijenjale kod svih uzoraka.

Dok je volumna srednja vrijednost najveća bila u kontrolnom uzorku i iznosila 6,4, a najmanja 0,57 pri dodatku 400 mg/L limunske kiseline što znači da se volumen čestica smanjio.

Veličina čestica nije se značajno mijenjala u svim uzorcima do 3. tjedna skladištenja. Promjene su se očitovale u razlici između kontrolnog uzorka gdje su čestice bile najveće i ostalih tretiranih uzoraka s limunskom kiselinom.

Na slici 22. grafički su prikazane krivulje ovisnost raspodjele veličine čestica (%) o veličini čestica (µm) nakon 2. tjedna skladištenja.



Slika 22. Raspodjela veličine čestica tekućih pasteriziranih jaja kontrolnog uzorka (A) te uzoraka s dodatkom 300 (B), 400 (C) i 500 (D) mg/L limunske kiseline nakon 2. tjedna skladištenja

Tablica 26. Rezultati raspodjele veličine čestica, specifična slobodna površina, površinska srednja te volumna srednja vrijednost kontrolnog (K) uzorka i tretiranih uzoraka (300, 400, 500 mg/L) limunske kiseline nakon 3. tjedna skladištenja

Uzorci	Specifična slobodna površina (m^2/g)	Veličina čestica (μm)			Površinska srednja vrijednost D [3,2]	Volumna srednja vrijednost D [4,3]
		10% manje od *	50% manje od *	90% manje od *		
K	32,45	0,08	0,24	13,77	0,19	10,65
300	33,95	0,08	0,22	1,82	0,18	5,30
400	35,00	0,08	0,21	1,61	0,17	5,16
500	38,75	0,08	0,18	1,24	0,15	0,62

* upotrebom MIE-ove teorije utvrđeno je da 10 % čestica ima manji promjer od navedenog
** upotrebom MIE-ove teorije utvrđeno je da 50 % čestica ima manji promjer od navedenog
*** upotrebom MIE-ove teorije utvrđeno je da 90 % čestica ima manji promjer od navedenog

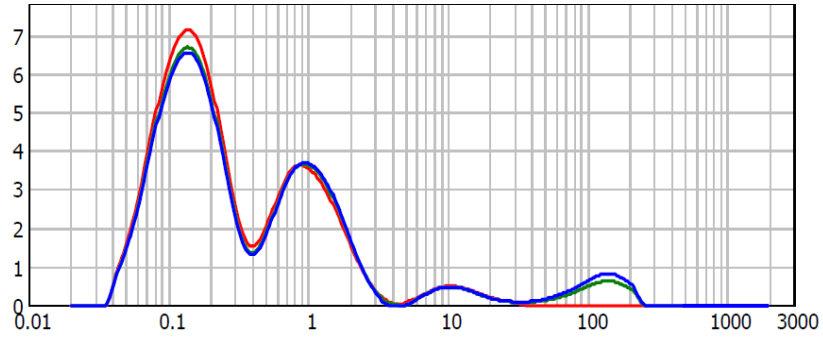
U tablici 26 prikazani su rezultati raspodjele veličine čestica, specifična slobodna površina, površinska srednja te volumna srednja vrijednost kontrolnog (K) uzorka i tretiranih uzoraka (300, 400, 500 mg/L) limunske kiseline nakon 3. tjedna skladištenja u kojima se specifična slobodna površina i površinska srednja vrijednost nisu značajno mijenjale kod svih uzoraka.

Dok je volumna srednja vrijednost najveća bila u kontrolnom uzorku 10,65, a najmanja 0,62 pri dodatku 500 g/L limunske kiseline što znači da se volumen čestica smanjio s najvećom koncentracijom limunske kiseline.

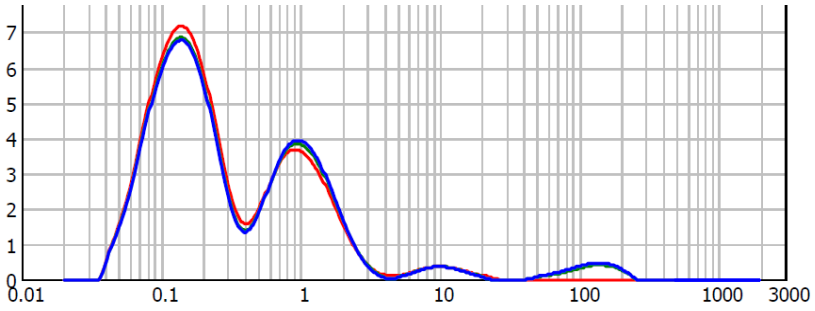
Veličina čestica nije se značajno mijenjala u svim uzorcima do 3. tjedna skladištenja. Promjene su se očitovale u razlici između kontrolnog uzorka gdje su čestice bile najveće i ostalih tretiranih uzoraka s limunskom kiselinom.

Na slici 23 grafički su prikazane krivulje ovisnost raspodjele veličine čestica (%) o veličini čestica (µm) nakon 3. tjedna skladištenja.

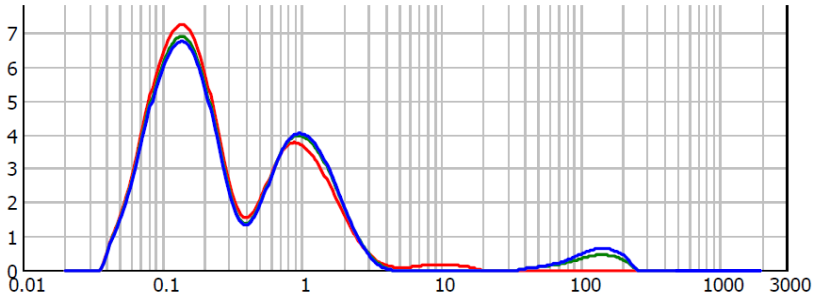
A



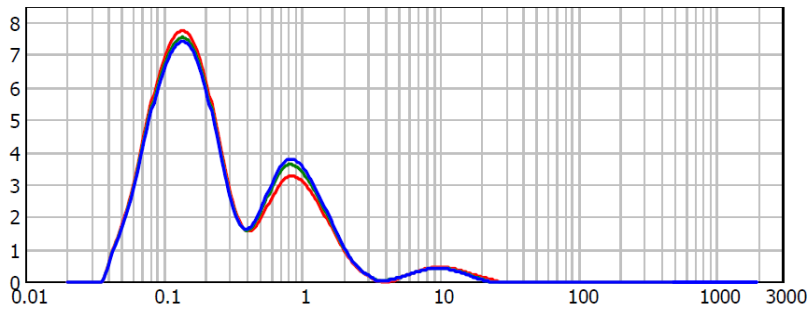
B



C



D



Slika 23. Raspodjela veličine čestica tekućih pasteriziranih jaja kontrolnog uzorka (A) te uzoraka s dodatkom 300 (B), 400 (C) i 500 (D) mg/L limunske kiseline nakon 3. tjedna skladištenja

Tablica 27. Rezultati raspodjele veličine čestica, specifična slobodna površina, površinska srednja te volumna srednja vrijednost kontrolnog (K) uzorka i tretiranih uzoraka (300, 400, 500 mg/L) limunske kiseline nakon 4. tjedna skladištenja

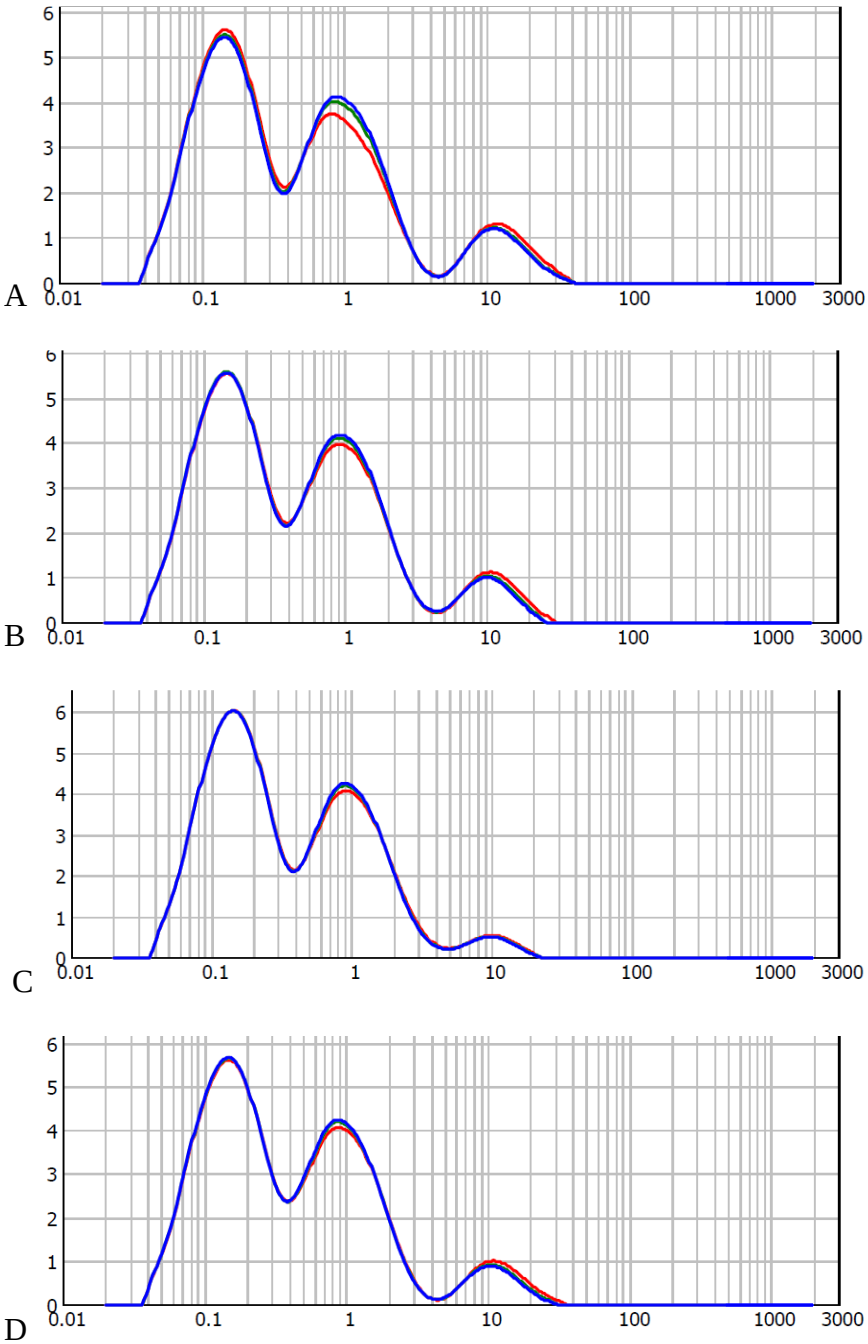
Uzorci	Specifična slobodna površina (m^2/g)	Veličina čestica (μm)			Površinska srednja vrijednost D [3,2]	Volumna srednja vrijednost D [4,3]
		10% manje od *	50% manje od *	90% manje od *		
K	28,50	0,09	0,37	2,59	0,21	1,63
300	29,50	0,09	0,31	2,11	0,20	1,22
400	31,10	0,08	0,27	1,73	0,19	0,89
500	29,55	0,09	0,31	1,99	0,20	1,24

* upotrebom MIE-ove teorije utvrđeno je da 10 % čestica ima manji promjer od navedenog
** upotrebom MIE-ove teorije utvrđeno je da 50 % čestica ima manji promjer od navedenog
*** upotrebom MIE-ove teorije utvrđeno je da 90 % čestica ima manji promjer od navedenog

U tablici 27 prikazani su rezultati raspodjele veličine čestica, specifična slobodna površina, površinska srednja te volumna srednja vrijednost kontrolnog (K) uzorka i tretiranih uzoraka (300, 400, 500 mg/L) limunske kiseline nakon 4. tjedna skladištenja u kojima se specifična slobodna površina i površinska srednja vrijednost nisu značajno mijenjale kod svih uzoraka.

Dok je volumna srednja vrijednost najveća bila u kontrolnom uzorku i iznosila je 1,63, a najmanja pri dodatku 400 mg/L limunske kiseline ikoja iznosi 0,89.

Na slici 24. grafički su prikazane krivulje ovisnost raspodjele veličine čestica (%) o veličini čestica (µm) nakon 4. tjedna skladištenja.



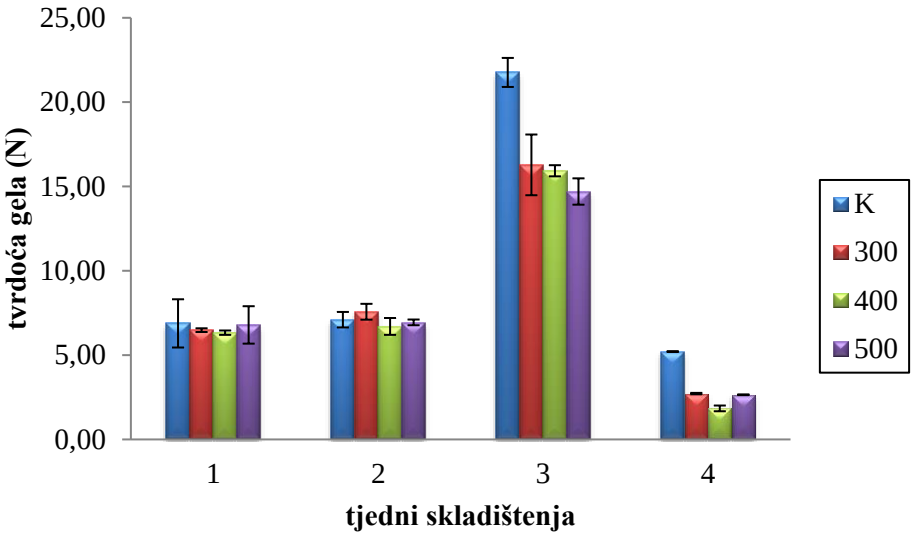
Slika 24. Raspodjela veličine čestica tekućih pasteriziranih jaja kontrolnog uzorka (A) te uzoraka s dodatkom 300 (B), 400 (C) i 500 (D) mg/L limunske kiseline nakon 4. tjedna skladištenja

4.4. Rezultati određivanja teksturalnih svojstava

Tekstura, definirana kao senzorska manifestacija strukture prehrambenih proizvoda te načina na koji se ta struktura mijenja uslijed djelovanja sile, predstavlja spoj svih mehaničkih, geometrijskih i površinskih svojstava proizvoda.

Tvrdoća jaja (N), kao najvažniji ispitivani parametar, prikazana je na slici 25. Pokazala se kao jedno od malobrojnih instrumentalno mjerenih svojstava teksture koje se u ovom slučaju može dovesti u korelaciju s organoleptičkom analizom (Chen i sur., 1978).

Na slici 25 prikazani su rezultati utjecaja dodataka koncentracija limunske kiseline na tvrdoću gela tekućih pasteriziranih jaja tijekom 4. tjedna skladištenja.



Slika 25. Utjecaj različitih koncentracija limunske kiseline na tvrdoću gela tekućih pasteriziranih jaja tijekom 4. tjedna skladištenja

Rezultati tvrdoće prikazani su, kao parametri teksture gela tekućih pasteriziranih jaja u ovisnosti o tjednima skladištenja, kod kojih se vidi da najveću tvrdoću gela imaju kontrolni uzorci nakon 1., 3., i 4. tjedna skladištenja osim nakon 2. tjedna gdje je najveću tvrdoću imao uzorak s 300 mg/L limunske kiseline.

Nakon 3. tjedna skladištenja tvrdoća gela je naglo porasla i dosegnula svoj maksimum kod kontrolnog uzorka, nakon čega je naglo pala i dosegla svoj minimum u uzorku s dodatkom 400 mg/L limunske kiseline nakon 4. tjedna skladištenja.

Tunick i sur. (1991) istraživali su tvrdoću tekućih cijelih jaja u ovisnosti o vremenu skladištenja i utvrdili su da veće vrijednosti proizlaze iz tvrdoće mogu biti zbog niske vlažnosti. Najveću tvrdoću imali su uzorci s najduljim vremenom skladištenja.

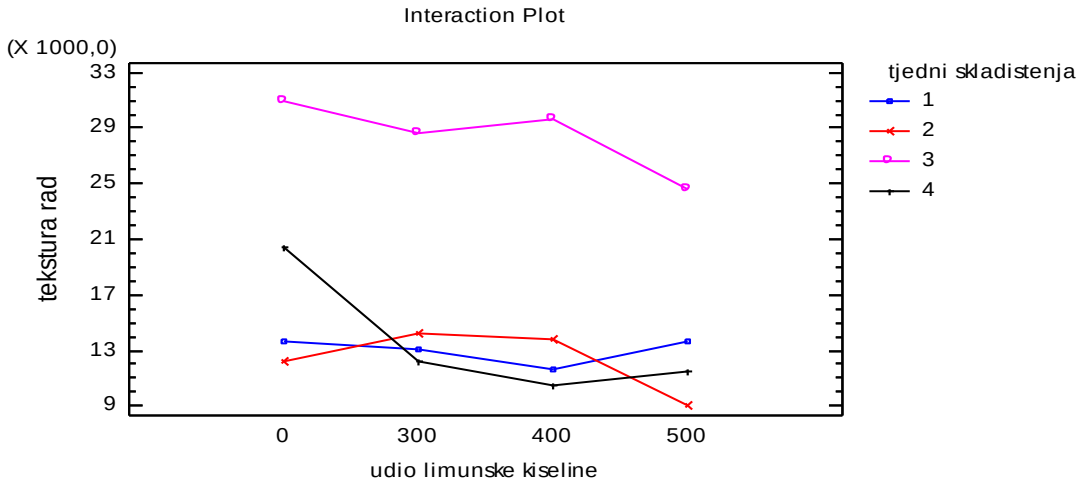
Tablica 28. Analiza varijanci za teksturu (tvrdoća).

Izvor	*Zbroj kvadrata*	*Df*	*Srednja vrijednost*	*F-omjer*	*P-vrijednost*
Glavni uzroci					
A:udio limunske kiseline	8,81	3	2,94	12,39	**0,000**
B:tjedni skladištenja	1,45	3	4,84	204,15	**0,000**
Interakcija					
AB	1,19	9	1,33	5,59	**0,001**
Ostatak	3,79	16	2,37		
Ukupno	1,69	31			

Statističkom obradom podataka (tablica 28 i 29), gdje su kao faktori uzeti udio limunske kiseline i tjedni skladištenja, dobiveni su rezultati da pojedinačno svaki faktor kao i njihova interakcija imaju statistički značaj ($p<0,05$) i time utječu na tvrdoći gela.

Tablica 29. Prikaz metode najmanjih kvadrata za teksturu (tvrdoća) s 95 % značajnosti

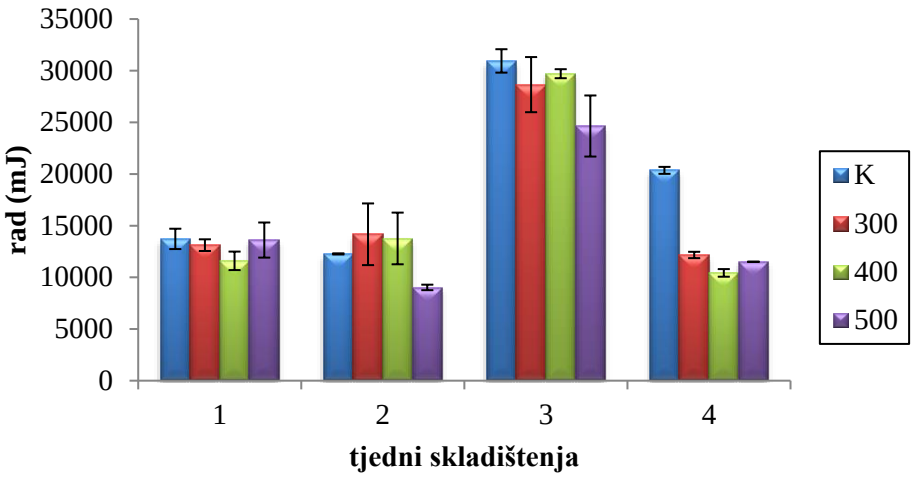
			Stnd.	*minimalna*	*maksimalna*
Razina	*Izračun*	*Srednja vrijednost*	*pogreška*	*vrijednost*	*Vrijednost*
Najveća srednja vrijednost	32	16855,30			
Udio limunske kiseline					
0	8	19322,90	544,13	18169,40	20476,40
300	8	17025,60	544,13	15872,10	18179,10
400	8	16376,00	544,13	15222,50	17529,50
500	8	14696,70	544,13	13543,20	15850,20
Tjedni skladištenja					
1	8	13010,70	544,13	11857,20	14164,20
2	8	12306,90	544,13	11153,40	13460,50
3	8	28489,40	544,13	27335,90	29642,90
4	8	13614,10	544,13	12460,60	14767,60
Udio limunske kiseline za tjedne skladištenja					
0,1	2	13720,70	1088,25	11413,70	16027,70
0,2	2	12269,30	1088,25	9962,29	14576,30
0,3	2	30947,30	1088,25	28640,30	33254,30
0,4	2	20354,20	1088,25	18047,20	22661,20
300,1	2	13115,90	1088,25	10808,90	15422,90
300,2	2	14169,20	1088,25	11862,20	16476,20
300,3	2	28652,60	1088,25	26345,60	30959,60
300,4	2	12164,80	1088,25	9857,75	14471,80
400,1	2	11598,20	1088,25	9291,16	13905,20
400,2	2	13764,90	1088,25	11457,90	16071,90
400,3	2	29710,50	1088,25	27403,50	32017,50
400,4	2	10430,30	1088,25	8123,30	12737,30
500,1	2	13608,00	1088,25	11301,00	15915,00
500,2	2	9024,38	1088,25	6717,38	11331,40
500,3	2	24647,30	1088,25	22340,30	26954,30
500,4	2	11507,20	1088,25	9200,17	13814,20



Slika 26. Grafički prikaz utjecaja interakcije dva faktora (koncentracije limunske kiseline i tjedni skladištenja) na teksturu gela jaja tijekom 4. tjedna skladištenja

Iz grafičkog prikaza (slika 26) dobiveni su rezultati koji pokazuju da su najveću tvrdoću gela imao kontrolni uzorak nakon 3. tjedna skladištenja, dok je najmanju tvrdoću gela imao uzorak s dodatkom 500 mg/L limunske kiseline nakon 2. tjedna skladištenja.

Na slici 27 prikazani su rezultati utjecaja dodataka koncentracija limunske kiseline na rad kojim je uređaj penetrirao kroz uzorke tekućih pasteriziranih jaja tijekom 4. tjedna skladištenja.



Slika 27. Utjecaj različitih koncentracija limunske kiseline na rad potreban za penetriranje kroz uzorke tekućih pasteriziranih jaja tijekom 4. tjedna skladištenja

Na slici 27 prikazani su rezultati rada, kao parametara teksture gela tekućih pasteriziranih jaja u ovisnosti o tjednima skladištenja, gdje je uređaj najbrže prošao kroz kontrolni uzorci nakon 3. tjedna skladištenja osim nakon 2. tjedna gdje je uzorak s dodatkom 300 mg/L limunske kiseline imao najveći rad.

Nakon 3. tjedna skladištenja tvrdoća gela uređaj je dosegnuo svoj maksimum kod kontrolnog uzorka, nakon čega je naglo pao i dosegao svoj minimum u uzorku s dodatkom 400 mg/L limunske kiseline nakon 4. tjedna skladištenja.

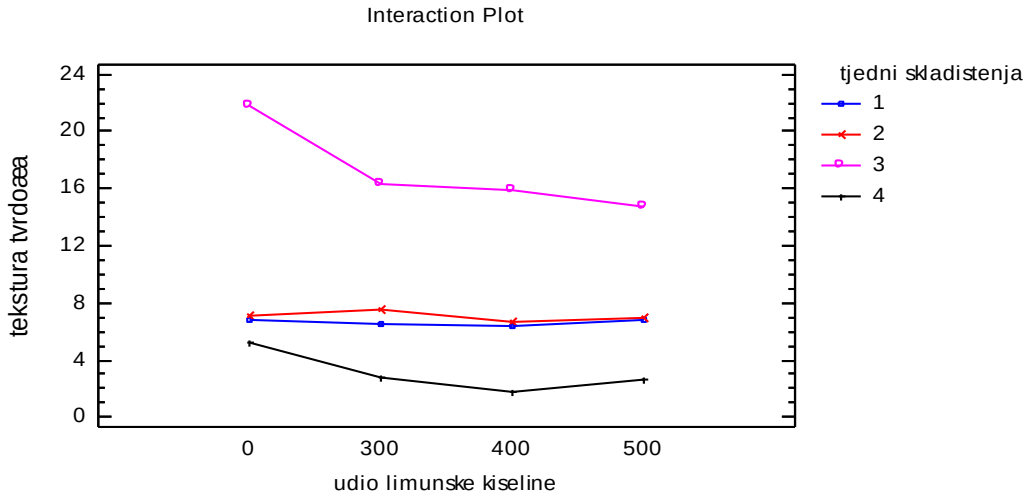
Tablica 30. Analiza varijanci za teksturu (rad)

Izvor	*Zbroj kvadrata*	*Df*	*Srednja vrijednost*	*F-omjer*	*P-vrijednosti*
Glavni uzroci					
A:udio limunske kiseline	34,03	3	11,34	20,81	**0,000**
B: tjedni skladištenja	878,27	3	292,76	536,98	**0,000**
Interakcije					
AB	39,03	9	4,34	7,95	**0,000**
Ostatak	8,72	16	0,55		
Ukupno	960,06	31			

Statističkom obradom podataka (tablica 30 i 31), gdje su kao faktori uzeti udio limunske kiseline i tjedni skladištenja, dobiveni su rezultati da pojedinačno svaki faktor kao i njihova interakcija imaju statistički značaj ($p<0,05$) i time utječu na rad kojim uređaj penetrira kroz uzorak.

Tablica 31. Prikaz metode najmanjih kvadrata za teksturu (rad) s 95 % značajnosti

			Stnd.	*Minimalna*	*Maksimalna*
Razina	*Izračun*	*Srednja vrijednost*	*pogreška*	*vrijednost*	*Vrijednost*
Najveća srednja vrijednost	32	8,49			
Udio limunske kiseline					
0	8	10,24	0,26	9,69	10,79
300	8	8,26	0,26	7,71	8,82
400	8	7,69	0,26	7,15	8,25
500	8	7,77	0,26	7,22	8,33
Tjedni skladištenja					
1	8	6,62	0,26	6,07	7,17
2	8	7,08	0,26	6,52	7,63
3	8	17,17	0,26	16,61	17,72
4	8	3,11	0,26	2,55	3,66
Udio limunske kiseline za tjedne skladištenja					
0,1	2	6,88	0,52	5,77	7,99
0,2	2	7,09	0,52	5,99	8,21
0,3	2	21,76	0,52	20,66	22,87
0,4	2	5,21	0,52	4,11	6,32
300,1	2	6,48	0,52	5,37	7,59
300,2	2	7,57	0,52	6,46	8,67
300,3	2	16,28	0,52	15,17	17,38
300,4	2	2,72	0,52	1,62	3,83
400,1	2	6,33	0,52	5,22	7,43
400,2	2	6,70	0,52	5,59	7,81
400,3	2	15,93	0,52	14,82	17,04
400,4	2	1,84	0,52	0,74	2,95
500,1	2	6,79	0,52	5,69	7,89
500,2	2	6,94	0,52	5,84	8,05
500,3	2	14,70	0,52	13,59	15,81
500,4	2	2,65	0,52	1,54	3,75



Slika 28. Utjecaj interakcije dva faktora (koncentracije limunske kiseline i tjedni skladištenja) na tvrdoću tijekom 4. tjedna skladištenja

Iz grafičkog prikaza (slika 27) dobiveni su rezultati koji pokazuju da je najveći rad uređaj imao prolaskom kroz kontrolni uzorak nakon 3. tjedna skladištenja, dok je najmanji rad imao uzorak s dodatkom 400 mg/ L limunske kiseline nakon 4. tjedna skladištenja.

5. ZAKLJUČCI

Na temelju provedenih istraživanja i prikazanih rezultata mogu se izvesti sljedeći zaključci:

1. Dodatak limunske kiseline statistički je imao značajan utjecaj na promjenu pH vrijednosti ($p<0,05$).
2. Dodatak limunske kiseline te skladištenje nije statistički utjecalo na elektroprovodljivost. Tekuća pasterizirana cijela jaja imaju dobru elektroprovodljivost ($\sigma > 5$ mS/ cm).
3. Reološka svojstva svih uzoraka tekućih cijelih jaja pokazuju nenewtonski karakter, odnosno karakterizira ih dilatantni tip tečenja ($n>1$). Tjedni skladištenja značajno su utjecali ($p<0,05$) na indeks tečenja i na koeficijent konzistencije dok dodatak limunske kiseline nije bio značajan. Prividna viskoznost nije se značajno mijenjala.
4. Dodatak limunske kiseline te tjedni skladištenja statistički utječu na L* i b* vrijednost ($p<0,05$). L* vrijednost raste s dodatkom kiseline te tjednima skladištenja. b* vrijednost najviša je kod uzorka s dodatkom 400 mg/L limunske kiseline nakon 4. tjedna skladištenja, dok je najmanja vrijednost kod kontrolnog uzorka nakon 2. tjedna skladištenja. Na a* vrijednost utjecali su tjedni skladištenja. a* vrijednost najviša je nakon 3. tjedna skladištenja, dok je najmanja vrijednost u 2. tjednu skladištenja.
5. Smanjenjem veličine čestica s dodatkom limunske kiseline povećava se specifična slobodna površina uzorka.
6. Dodatak limunske kiseline i tjedni skladištenja utječu na tvrdoću gela i rad kojim uređaj penetrira kroz uzorak ($p<0,05$). Najmanju tvrdoću imali su uzorci sa 400 mg/L limunske kiseline a najveću uzorci bez dodatka limunske kiseline.

6. LITERATURA

Alleoni, A. C. C., Antunes, A. J. (2001)Haugh Units as a measure of the quality of chicken eggs stored under refrigeration. *Scientia Agricola*, **58**(4), str. 681-685.

Amiali, M., Ngadi, M. O., Raghavan, V. G., Nguyen, D. H. (2006) Electrical conductivities of liquid egg products and fruit juices exposed to high pulsed electric fields. *International Journal of Food Properties*, **9**(3), str. 533-540.

Anton, M. (2007) Composition and structure of hen egg yolk. In *Bioactive egg compounds* (pp. 1-6). Springer Berlin Heidelberg.

Bennion, E. B., Bamford, G. S. T., Bent, A. J. (1997) Baking fats. U: *The technology of cake making*, (Bent, A. J., ured.), Springer, US, str. 25-47.

Chen, A. H., Larkin, J. W., Clark, C. J., Irwin, W. E. (1979) Textural analysis of cheese. *Journal of Dairy Science*, **62**(6), 901-907.

Coimbra, J.S.R., Gabas, A.L., Minim, L. A., Garcia Rojas, E.E., Telis, V.R.N., Telis-Romero, J. (2006) Density, heat capacity and thermal conductivity of liquid egg products. *Journal of Food Engineering*, **74**(2), str. 186–190.

Cotterill O.J., McBee L. (1995) Egg breaking. U: Egg Science and Technology, (Stadelman, W. J., ured.), Food Products Press, New York, str. 231–260.

Cunningham, F.E. (1995) Egg product pasteurization. U: Egg Science and Technology (Stadelman, W.J., ured.), Food Products Press,New York, str. 289–316.

.

Darvishi, H., Khoshtaghaza, M. H., Zarein, M., & Azadbakht, M. (2012) Ohmic processing of liquid whole egg, white egg and yolk. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, **14**(4), str. 224-230

EEPA (2011) EuropeanEggProcessorsAssociation. Liquid, Concentrated, FrozenandDriedEggProducts, Belgium, str. 7–11.

Gautron, J., Réhault-Godbert, S., Nys, Y., Mann, K., Righetti, P. G., Bain, M., Immerseel, F. V. (2011) Use of high-throughput technology to identify new egg components. *Improving the safety and quality of eggs and eggs products*, **1**, str. 133-150.

Giampietro-Ganeco, A., Scatolini-Silva, A. M., Borba, H., Boiago, M. M., Lima, T. M. A., & Souza, P. A. (2012) Estudo comparativo das caracteristicas qualitativas de ovos armazenados em refrigeradores domésticos. *Ars Veterinaria*, **28**(2), str. 100-104.

Halden, K., De Alwis, A.A.P ., Fryer, P.J. (1990) Change in electric conductivity of foods during ohmicheating. Intrantional Journal of Food Science and Technology, **25**(1), str. 9–25.

Hamid-Samimi, M., Swartzel, K.R., Ball, H.R. (1984) Flow behavior of liquid whole egg during thermal treatments. Journal Food Science,**49**, str. 132–141.

Hegedušić, V. (1992) Advances in food process engineering, Faculty of Food Technology and Biotechnology, Zagreb, str. 13-29.

Herceg, Z., Jambrak, A. R., Brnčić, S. R., Krešić, G. (2009) *Food preservation-New methods*. Golden marketing-Tehnička knjiga, str. 82.

Jones, D. R., Musgrove, M. T. (2005) Effect of extended storage on egg quality factors. *Poultry Science*, **84** (11), str. 1774-1777.

Kretzschmar – McCluskey, V. K. (2007) Microbial analysis of shelled eggs and chemical and functional analysis of liquid eggs. Auburn University, Alabama.

Koprivnjak, O. (2014) Kvaliteta, sigurnost i konzerviranje hrane. *Studio TiM*.

Kovacs-Nolan, J., Phillips, M., Mine, Y. (2005) Advances in the value of eggs and egg components for human health. *Journal of agricultural and food chemistry*, **53**(22), str. 8421-8431.

Lukač d.o.o. (2010) Interni dokumet.

Nys, Y., Sauveur, B. (2004) Valeur nutritionnelle des oeufs, *INRA Prod. Anim.***17**(5), str. 385-393.

Palaniappan, S.; Sastry, S.K. (1991) Electrical conductivity of selected juices: Influence of temperature, solids content, applied voltage, and particle size. J. Food Process. Eng., **14**, str. 247–260.

Patrignani, F., Vannini, L., SadoKamdem, S. L., Hernando, I., Marco – Moles, R., Guerzoni, M. E., Lanciotti, R. (2013) Highpressurehomogenizationvsheattreatment: Safetyandfunctionalpropertiesofliquidegg.*FoodMicrobiology* **36**, str. 63 – 69.

Pereira, A. S., Santos, T. T. D., Coelho, A. F. S. (2014) Quality of eggs sold in different commercial establishments and the study of the conditions of storage. *Food Science and Technology (Campinas)*, **34** (1), str. 82-87.

Rêgo, I. O. P., Cançado, S. V., Figueiredo, T. C., Menezes, L. D. M., Oliveira, D. D., Lima, A. L., Esser, L. R. (2012) Influência do período de armazenamento na qualidade do ovo integral pasteurizado refrigerado. *Arq. bras. med. vet. zootec*, **64** (3), str. 735-742.

Režek Jambrek, A. (2008) Utjecaj ultrazvuka na fizikalna i funkcionalna svojstva proteina sirutke. Prehrambeno – biotehnološki fakultet, Zagreb, str. 67-167.

Silversides, F. G., Twizeyimana, F., Villeneuve, P. (1993) Research note: a study relating to the validity of the Haugh unit correction for egg weight in fresh eggs. *Poultry Science*, **72**, str. 760-764.

Singh, A., Ramaswamy, H. (2013) Effect of high pressure processing on color and textural properties of eggs. *Journal of Food Research*, **2** (4), str. 11.

Singh, J., Sharma, H. K., Premi, M., Kumari, K.(2011) Effect of storage conditions of egg on rheological properties of liquid whole egg. *Journal of food science and technology*, **51**(3), str. 543-550.

Scalzo, A. M., Dickerson, P. W., Peeler, J. I., Reed, R. B. (1970) The viscosity of egg and egg products. Food Technol.,**24**, str. 1301.

Stadelman W.J., Cotterill, O.J. (1995) Egg science and technology, 4th, Haworth Press, Binghamton, str. 257.

Tunick, M. H., Mackey, K. L., Smith, P. W., Holsinger, V. H. (1991) Effects of composition and storage on the texture of mozzarella cheese. *Netherlands Milk and Dairy Journal*, **45**(2), str. 117-125.

U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. 2009. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 20. Nutrient Data Laboratory Home Page,<http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>. Pristupljeno 21. 11. 2010.

Yang, S.C., Baldwin, R. E. (1995) Functional Properties of Eggs in Foods. U: Science and Technology (Stadelman, W. J., Newkirk, D. i Newby, L., ured.), 4.izd, *The Hogwarth Press, Inc*., New York, str. 405 – 463.