

Utjecaj ekstrakta moringe (Moringa oleifera) na fermentaciju kozjeg mlijeka

Parać, Mia

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:159:752587>

Rights / Prava: [Attribution-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PREHRAMBENO-BIOTEHNOLOŠKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, srpanj 2022.

Mia Parać

UTJECAJ EKSTRAKTA MORINGE
(*Moringa oleifera*) NA
FERMENTACIJU KOZJEG MLIJEKA

Rad je izrađen u Laboratoriju za tehnologiju mlijeka i mliječnih proizvoda na Zavodu za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom prof. dr. sc. Rajka Božanić, te uz pomoć doc. dr. sc. Katarina Lisak Jakopović i izv. prof. dr. sc. Irena Barukčić.

ZAHVALA

Najviše se zahvaljujem svojoj obitelji koja me podržavala u svakom koraku studiranja. Hvala mojim Roditeljima koji su mi omogućili studiranje ovog fakulteta, hvala Bratu na svim savjetima i pomoći tijekom studiranja te hvala Sestri na bezbroj sati zajedničkog učenja i vječnom razumijevanju. Također hvala i mome Dečku na svojoj podršci i potpori u teškim situacijama.

Veliko hvala mojoj mentorici profesorici Rajki Božanić na mentorstvu, pruženoj prilici za rad te pomoći prilikom izrade ovog rada. Također se zahvaljujem i doc. dr. sc. Katarini Lisak Jakopović na pomoći u izradi eksperimentalnog dijela ovoga rada te izv. prof. Ireni Barukčić u savjetovanju prilikom izrade istog. Zahvaljujem se i tehničkoj suradnici Željki Mirković koja mi je uljepšavala svaki radni dan u laboratoriju.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Diplomski rad

Sveučilište u Zagrebu
Prehrambeno-biotehnološki fakultet
Zavod za prehrambeno-tehnološko inženjerstvo
Laboratorij za tehnologiju mlijeka i mliječnih proizvoda

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

Diplomski sveučilišni studij: Prehrambeno inženjerstvo

UTJECAJ EKSTRAKTA MORINGE (*Moringa oleifera*) NA FERMENTACIJU KOZJEG MLIJEKA

Mia Parać, univ. bacc. ing. techn. aliment. 0058208733

Sažetak: Kozje mlijeko, zahvaljujući svom nutritivnom sastavu, ima brojne blagodati na ljudsko zdravlje. Jogurt je najčešće konzumirani fermentirani mliječni proizvod, također zahvaljujući svom nutritivnom sastavu, koji ga čini i probavljivijim od mlijeka. U zadnje se vrijeme jogurt obogaćuje raznim dodacima, a jedan od njih je biljka *Moringa oleifera*. Svaki dio ove biljke je iskoristiv, ali se najčešće koriste listovi moringe koji su bogat izvor β -karotena, proteina, kalija, kalcija te prirodnih antioksidanasa. Cilj ovog diplomskog rada bio je proizvesti jogurt od kozjeg mlijeka obogaćenog ekstraktom lista moringe te ga usporediti s kontrolnim uzorkom, jogurtom bez dodatka ekstrakta. Praćen je utjecaj na fizikalno-kemijske, mikrobiološke te senzorske karakteristike jogurta tijekom 28 dana. Dodatak ekstrakta moringe u mlijeko uzrokovao je skraćivanje vremena fermentacije, niže vrijednosti pH jogurta te povećanje viskoznosti.

Ključne riječi: *kozje mlijeko, jogurt, Moringa oleifera, fermentacija*

Rad sadrži: 46 stranica, 15 slika, 15 tablica, 39 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. Rajka Božanić

Pomoć pri izradi: doc. dr. sc. Katarina Lisak Jakopović

Stručno povjerenstvo za ocjenu i obranu:

1. doc. dr. sc. Katarina Lisak Jakopović (predsjednik)
2. prof. dr. sc. Rajka Božanić (mentor)
3. doc. dr. sc. Maja Repajić (član)
4. prof. dr. sc. Branka Levaj (zamjenski član)

Datum obrane: 26. srpnja 2022.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Graduate Thesis

University of Zagreb
Faculty of Food Technology and Biotechnology
Department of Food Technology and Engineering
Laboratory for Technology of Milk and Milk Products

Scientific area: Biotechnical Sciences

Scientific field: Food Technology

Graduate university study programme: Food Engineering

INFLUENCE OF MORINGA EXTRACT (*Moringa oleifera*) ON FERMENTATION OF GOAT MILK

Mia Parać, univ. bacc. ing. techn. aliment. 0058208733

Abstract: Goat's milk, thanks to its nutritional composition, has numerous benefits on human health. Yoghurt is the most consumed fermented dairy product, also thanks to its nutritional composition, which makes it more digestible than milk. Recently, yoghurt has been enriched with various additives, one of which is a plant *Moringa oleifera*. Each part of this plant is usable, but the most used are moringa leaves, which are rich source of β -carotene, protein, potassium, calcium and natural antioxidants. The aim of this thesis was to produce yoghurt from goat's milk enriched with moringa leaf extract and to compare it to the control sample, a yoghurt without the addition of the extract. The influence on physicochemical, microbiological and sensory characteristics of yoghurt was monitored for 28 days. The addition of moringa extract in milk caused a shortening of the fermentation time, a lower pH value of yoghurt and an increase in viscosity.

Keywords: *goat milk, yoghurt, Moringa oleifera, fermentation*

Thesis contains: 46 pages, 15 figures, 15 tables, 39 references

Original in: Croatian

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

Mentor: Rajka Božanić PhD, Full professor

Technical support and assistance: Katarina Lisak Jakopović, PhD, Assistant professor

Reviewers:

1. Katarina, Lisak Jakopović, PhD, Assistant professor (president)
2. Rajka, Božanić, PhD, Full professor (mentor)
3. Maja, Repajić, PhD, Assistant professor (member)
4. Branka, Levaj, PhD, Full professor (substitute)

Thesis defended: July 26th, 2022

Sadržaj

| | |
|--|-----------|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. TEORIJSKI DIO | 2 |
| 2.1. SASTAV KOZJEG MLIJEKA..... | 2 |
| 2.2. PROIZVODNJA JOGURTA..... | 4 |
| 2.3. <i>MORINGA OLEIFERA</i> | 6 |
| 2.3.1. Nutritivna i zdravstvena vrijednost biljke <i>Moringa oleifera Lam.</i> | 6 |
| 2.3.2. Jogurt obogaćen ekstraktom moringe | 8 |
| 3. EKSPERIMENTALNI DIO | 10 |
| 3.1. MATERIJALI | 10 |
| 3.2. METODE RADA..... | 11 |
| 3.2.1. Priprema ekstrakta moringe | 11 |
| 3.2.2. Proizvodnja jogurta..... | 11 |
| 3.2.3. Analize mlijeka..... | 12 |
| 3.2.3.1. <i>Određivanje aktivne kiselosti mlijeka</i> | 12 |
| 3.2.3.2. <i>Određivanje titracijske kiselosti mlijeka</i> | 12 |
| 3.2.3.3. <i>Mikrobiološka analiza mlijeka</i> | 13 |
| 3.2.4. Analize jogurta | 14 |
| 3.2.4.1. <i>Određivanje aktivne kiselosti jogurta</i> | 14 |
| 3.2.4.2. <i>Određivanje titracijske kiselosti jogurta</i> | 14 |
| 3.2.4.3. <i>Mikrobiološka analiza jogurta</i> | 15 |
| 3.2.4.4. <i>Određivanje udjela suhe tvari u jogurtu</i> | 15 |
| 3.2.4.5. <i>Određivanje udjela laktoze u jogurtu</i> | 16 |
| 3.2.4.6. <i>Određivanje udjela pepela u jogurtu</i> | 17 |
| 3.2.4.7. <i>Određivanje boje jogurta</i> | 18 |
| 3.2.4.8. <i>Određivanje reoloških svojstava jogurta</i> | 19 |
| 3.2.4.9. <i>Određivanje kapaciteta zadržavanja vode i sinereze jogurta</i> | 20 |
| 3.2.4.10. <i>Senzorsko ocjenjivanje jogurta</i> | 20 |
| 3.2.5. Obrada rezultata..... | 21 |
| 4. REZULTATI I RASPRAVA | 22 |
| 4.1. SASTAV I MIKROBIOLOŠKA SVOJSTVA MLIJEKA..... | 23 |
| 4.2. AKTIVNA I TITRACIJSKA KISELOST JOGURTA | 24 |
| 4.3. MIKROBIOLOŠKA SVOJSTVA JOGURTA..... | 26 |
| 4.4. UDIO SUHE TVARI, LAKTOZE I PEPELA U JOGURTU | 27 |
| 4.5. BOJA JOGURTA | 28 |

| | |
|--|-----------|
| 4.6. REOLOŠKA SVOJSTVA JOGURTA | 29 |
| 4.7. KAPACITET ZADRŽAVANJA VODE I SINEREZA JOGURTA | 34 |
| 4.8. SENZORSKE OCJENE JOGURTA..... | 36 |
| 5. ZAKLJUČCI | 43 |
| 6. LITERATURA | 44 |

1. UVOD

Kozje mlijeko se konzumira od davnina budući da je prva pripitomljena životinja bila koza, što datira oko 7000 godina prije Krista, na području Mezopotamije. Kozje mlijeko ima mnogobrojne blagodati na zdravlje čovjeka, zahvaljujući svom nutritivnom sastavu. Ono sadrži sve neophodne tvari za život i zdravlje, normalan rast i razvoj mladog organizma, pod uvjetom da se prilikom prerade očuva njegova kvaliteta. Osnovni kemijski sastav vrlo je sličan kemijskom sastavu kravljeg mlijeka. Međutim, kozje mlijeko ima veću prehrambenu vrijednost te je probavljivije od kravljeg mlijeka. U posljednje je vrijeme konzumacija, a time i proizvodnja kozjeg mlijeka u stalnom porastu jer ima brojna terapijska svojstva za ljudsko zdravlje.

Jogurt je fermentirani mliječni proizvod, lakše probavljiv od mlijeka. Zahvaljujući svojem nutritivnom sastavu i dokazanim blagodatima na ljudsko zdravlje, najpoznatiji je i najčešće konzumirani fermentirani mliječni proizvod. Zbog pozitivnog učinka na zdravlje ljudi, smatra se funkcionalnom hranom.

Danas je sve veća potreba za proizvodnjom nove funkcionalne hrane jer potrošači sve više konzumiraju hranu, koja osim svog bogatog nutritivnog sastava, pruža i pozitivan učinak na zdravlje ljudi. Zbog toga se proizvode fermentirana mlijeka obogaćena voćem, povrćem ili biljem prije fermentacije. Takvi proizvodi imaju poboljšana bioaktivna svojstva te fizikalno-kemijske karakteristike.

Jedna od biljaka koja se koristi u proizvodnji fermentiranih mliječnih proizvoda je *Moringa oleifera Lam.*, biljka iz obitelji Moringaceae. Svaki dio ove biljke može se koristiti za konzumaciju, a svaki je dio izrazito bogat nutrijentima i ima pozitivan utjecaj na čovjekovo zdravlje. Nutritivno najvrjedniji dio biljke su listovi koji su bogat izvor β -karotena, proteina, kalcija, kalija te prirodnih antioksidanasa. Zbog svog sastava, osim što pružaju nutritivnu vrijednost, produžuju i rok trajanja namirnice.

Cilj ovog rada bio je proizvesti jogurt od kozjeg mlijeka s dodatkom ekstrakta lista moringe te pratiti njegov utjecaj na fermentaciju, u odnosu na kontrolni uzorak bez dodatka ekstrakta. Također je cilj rada bio pratiti utjecaj i na fizikalno-kemijske, mikrobiološke i senzorske karakteristike jogurta te njihovu promjenu tijekom perioda hladnog skladištenja od 28 dana.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. SASTAV KOZJEG MLIJEKA

Mlijeko je najkompletnija biološka tekućina, bijele do žućkastobijele boje, karakteristična okusa i mirisa, složenog i veoma promjenjivog sastava, a sadržava sve esencijalne tvari potrebne za očuvanje zdravlja ljudskog organizma (Tratnik i Božanić, 2012).

Kozje mlijeko sadrži sve neophodne tvari za život i zdravlje, normalan rast i razvoj mladog organizma, pod uvjetom da se prilikom prerade očuva njegova kvaliteta. Kozje je mlijeko ljudima poznato od davnina, a smatra se da je koza prva pripitomljena životinjska vrsta, što datira oko 7000 godina prije Krista (Feldhofer i sur., 1994).

U svijetu se od 1960.-ih bilježi trend porasta broja koza, koji je 2018. godine iznosio 1050 milijuna grla. Najveći dio otpada na Aziju (53 %) te Afriku (37 %), dok Europa ima samo 1,6 % ukupnog broja koza u svijetu. Europske države s najvećim brojem grla koza su Rusija, Španjolska, Rumunjska, Grčka i Italija (Mazinani i Rude, 2020).

Iako se kozjeg mlijeka, u usporedbi s kravljim (oko 85 %), proizvodi u znatno manjim količinama (oko 2 %) (Tratnik i Božanić, 2012), proizvodnja kozjeg mlijeka je u porastu. Najveći proizvođači kozjeg mlijeka europske su države poput Španjolske, Grčke, Francuske i Nizozemske (Mazinani i Rude, 2020).

Proizvodnja kozjeg mlijeka u Republici Hrvatskoj se u 2020. godini povećala za 1,6 %, u odnosu na 2019. godinu (Državni zavod za statistiku, 2021).

Kozje mlijeko izrazito je bijele boje zbog manjka β -karotena, u većoj količini prisutnog u drugim vrstama mlijeka. Ima izražen, karakterističan okus i miris zbog prisutnosti većeg broja kratkolančanih i slobodnih masnih kiselina, posebice kapronske, kaprilne i kaprinske (Antunac i sur., 2000).

Sastav kozjeg mlijeka znatno je varijabilan, a ovisi ponajprije o pasmini i genotipu koza, redoslijedu i stadiju laktacije te godišnjem dobu (Božanić i sur., 2018). Kozje mlijeko je po svom kemijskom sastavu vrlo slično kravljem mlijeku (Mioč i Pavić, 1991), prikazanom u tablici 1.

Tablica 1. Sastav, svojstva i energijska vrijednost kozjega i kravljeg mlijeka (*prema* Božanić i sur., 2018)

| Parametar | Kozje mlijeko | Kravlje mlijeko |
|--|---------------|-----------------|
| Suha tvar (%) | 11,94 | 12,89 |
| Mliječna mast (%) | 3,60 | 4,10 |
| Proteini (%) | 3,10 | 3,38 |
| Laktoza (%) | 4,60 | 4,60 |
| Pepeo (%) | 0,77 | 0,79 |
| Gustoća (g L ⁻¹) | 1030,10 | 1029,40 |
| pH-vrijednost | 6,72 | 6,68 |
| Titracijska kiselost (°SH) | 6,80 | 6,70 |
| Slobodne masne kiseline (mg L ⁻¹) | 8,10 | 7,50 |
| Energijska vrijednost (kJ 100 mL ⁻¹) | 293,10 | 288,90 |
| Kolesterol (mg 100 g ⁻¹) | 10,00 | 13,00 |

Proteini kozjeg mlijeka su probavljiviji od proteina kravljeg mlijeka, a količina ukupnih aminokiselina podjednaka je u obje vrste mlijeka. Veličina kazeinskih micela u kozjem mlijeku manja je od kazeinskih micela kravljeg mlijeka (Božanić i sur., 2018). Dok je u kravljem mlijeku α_{s1} -kazein glavna frakcija kazeina, u kozjem mlijeku to je β -kazein (Konieczny i Biadała, 2018).

Mliječna mast je najvarijabilniji sastojak kozjeg mlijeka, a najviše varira tijekom perioda laktacije (početak laktacije 3,34 %, sredina 2,73 % i kraj 4,58 %). Mast kozjeg mlijeka sastoji se 98-99 % od triglicerida (Antunac i Samaržija, 2000). U usporedbi s kravljim mlijekom, masne globule kozjeg mlijeka su manje i ima ih znatno više zbog čega su bolje raspršene i osiguravaju bolju homogenost kozjeg mlijeka u odnosu na kravlje. Iz tog je razloga kozje mlijeko znatno probavljivije od kravljeg (Božanić i sur., 2018). U usporedbi s istom količinom kravljeg mlijeka koju čovjek probavi za 2,5 h, za probavu kozjeg mlijeka potrebno je 40 min (Antunac i sur., 2000).

Laktoza predstavlja važan izvor energije u mlijeku, a kozje i kravlje mlijeko je sadržavaju u podjednakim omjerima (Božanić i sur., 2018).

U usporedbi s kravljim mlijekom, kozje sadrži veću količinu mineralnih tvari koje pridonose karakterističnom, blago slanom okusu kozjeg mlijeka (Božanić i sur., 2018).

Kozje mlijeko sadrži veću količinu vitamina A, vitamina B₃ te vitamina C u usporedbi s kravljim mlijekom, a manju količinu vitamina D, B₉ te vitamina B₁₂ (Božanić i sur., 2018).

Osim visoke nutritivne vrijednosti, kozje mlijeko ima i brojna terapijska svojstva za ljudsko zdravlje. Zbog većeg puferskog kapaciteta kozjeg mlijeka, u odnosu na kravlje, često se koristi u liječenju čireva na želucu. Mliječna mast kozjeg mlijeka sadrži konjugiranu linolnu kiselinu koja ima antikancerogena svojstva. Također sadrži fosfolipide u čijem se sastavu nalazi kolin koji održava ravnotežu koncentracije kolesterola (Filipović Dermić i sur., 2014). Udio od 70-75 % osoba koje su alergične na kravlje mlijeko toleriraju kozje mlijeko, što je vjerojatno posljedica smanjene količine α_{s2} -kazeina (Božanić i sur., 2018).

2.2. PROIZVODNJA JOGURTA

Fermentirana mlijeka se proizvode i konzumiraju još od davnina, a predstavljaju mliječne proizvode koji su proizvedeni modifikacijom sirovog mlijeka djelovanjem mikroorganizama. Mikroorganizmi koji se najčešće koriste za proizvodnju fermentiranih mlijeka su bakterije mliječne kiseline, ali mogu se koristiti i kvasci i plijesni (Samaržija, 2015).

Iako su se fermentirani mliječni proizvodi, poput jogurta, izvorno razvili kao sredstvo za očuvanje nutrijenata u mlijeku i produžetka roka trajanja proizvoda, vrlo brzo je otkriveno da se upotrebom različitih mikroorganizama može razviti velik broj različitih proizvoda (McKinley, 2005).

Prema Pravilniku (2007) jogurt je fermentirano mlijeko proizvedeno djelovanjem različitih sojeva *Streptococcus thermophilus* i *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* s ili bez dodatka drugih sojeva *Lactobacillus* spp.

Jogurt predstavlja nutritivno vrlo vrijednu namirnicu, a njegov se sastav ne razlikuje previše od mlijeka od kojeg je napravljen (McKinley, 2005).

Prvi proizveden jogurt bio je čvrsti prirodni jogurt, a napretkom znanosti razvile su se razne varijante poput voćnog, aromatiziranog, upjenjenog, osušenog, zamrznutog, jogurta s dodatkom žitarica i mnogo drugih. Različite tehnologije proizvodnje jogurta, kao i sami dodaci, uvjetuju različita fizikalna svojstva jogurta. Vrijeme održivosti standardno proizvedenog jogurta, pohranjenog pri temperaturi ≤ 10 °C je između 21 i 28 dana (Samaržija, 2015).

Za proizvodnju jogurta koriste se termofilne kulture bakterija mliječne kiseline *Streptococcus thermophilus* i *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, zajedničko nazvane „jogurnom kulturom“. Razvoj mliječne kiseline u mlijeku zajedničkim djelovanjem ovih bakterija znatno je brži od djelovanja svake vrste posebno, a optimalno rastu pri 42 °C. U mlijeko se dodaju u jednakom omjeru, a dodatkom oko 2 % inokuluma, jogurt nakon nekoliko sati može sadržavati 0,9-0,95 % mliječne kiseline (Tratnik i Božanić, 2012). Prvi korak u proizvodnji jogurta je priprema mlijeka koja podrazumijeva prilagođavanje udjela suhe tvari i udjela mliječne masti. Udio suhe tvari se obogaćuje zbog povećanja ukupnog udjela proteina te omjera između kazeina i proteina sirutke, a prilagođava se na udio između 12,5 i 16 %. Povećanje ukupnog udjela proteina ima pozitivan učinak na reološka svojstva gel-strukture jogurta, odnosno na konzistenciju proizvoda (Samaržija, 2015). Za proizvodnju jogurta može se koristiti mlijeko s različitim udjelom mliječne masti (0,1-10 %), a željeni udio mliječne masti se dobiva obiranjem punomasnog mlijeka ili miješanjem obranog i punomasnog mlijeka, ili pak miješanjem obranog mlijeka i vrhnja (Tratnik i Božanić, 2012). Sljedeći korak u proizvodnji jogurta je homogenizacija mlijeka koja se provodi u svrhu poboljšanja viskoznosti mlijeka. Naime, dio kazeina i proteina sirutke veže se na globule mliječne masti čime onemogućavaju njihovo izdvajanje na površinu mlijeka (Samaržija, 2015). Nakon homogenizacije mlijeko je potrebno toplinski obraditi, a za proizvodnju jogurta potrebno je provesti visoku toplinsku obradu mlijeka čiji je primarni cilj uništenje patogenih mikroorganizama, ali i smanjenje broja ostalih mikroorganizama te inaktivacija enzima prisutnih u mlijeku. Toplinska obrada se provodi pri 90-95 °C, tijekom 5-10 min, a rezultira povećanom stabilnošću i viskoznosti stvorenog koaguluma. Prije inokulacije mlijeka jogurnom kulturom, mlijeko je potrebno ohladiti na temperaturu optimalnu za rast bakterija mliječne kiseline. Kada je mlijeko ohlađeno na temperaturu optimalnu za rast jogurtne kulture, inokulira se smjesom homofermentativnih bakterija mliječne kiseline, a potrebna količina jogurtne kulture za inokulaciju određenog volumena mlijeka definirana je od strane proizvođača. Trajanje inkubacije ovisi o temperaturi te količini, aktivnosti i vrsti dodane kulture, a provodi se do oblikovanja koaguluma. Koagulum se formira pri pH-vrijednosti oko 4,6, koja predstavlja izoelektričnu točku kazeina. Inkubacija se prekida naglim hlađenjem kako bi se zaustavilo daljnje povećanje kiselosti proizvoda, a dobiveni jogurt se hladi i skladišti pri nižim temperaturama, od +4 do +8 °C (Tratnik i Božanić, 2012).

2.3. MORINGA OLEIFERA

2.3.1. Nutritivna i zdravstvena vrijednost biljke *Moringa oleifera* Lam.

Moringa oleifera Lam. (slika 1) jedna je od najpoznatijih i najrasprostranjenijih biljaka koje pripadaju obitelji Moringaceae (Dubey i sur., 2013). Porijeklom je iz himalajskih područja Indije, Pakistana, Bangladeša i Afganistana, ali je danas široko rasprostranjena, posebno na tropskom području (Fahey, 2005). Osim što se tradicionalno svakodnevno koristi kao povrće među ljudima u prethodno spomenutim krajevima svijeta, moringa se također upotrebljava zbog pozitivnog utjecaja na zdravlje čovjeka. Zbog pozitivnog učinka na razne tegobe, pa čak i neke kronične bolesti, moringa je nazvana „čudotvornim stablom“ (Abdul Razis i sur, 2014).



Slika 1. *Moringa oleifera* Lam. (prema Anonymous 1)

Stablo moringe raste u rasponu od 5 do 10 m, a može preživjeti u različitim uvjetima te na različitim vrstama tla. Pogoduju joj vlažni tropski krajevi, ali može preživljavati i na vrlo suhom i siromašnom tlu. Tolerira širok raspon padalina i pH-vrijednosti od 5,0 do 9,0 (Anwar i sur., 2006). Stablo moringe sastoji se od raširene, otvorene krošnje s krhkim, opuštenim granama. Lišće moringe trostrukih je listova, a kora je vrlo debela (Parrotta, 2014).

Svaki dio stabla moringe je jestiv te je konzumiran od strane ljudi dugi niz godina (Fahey, 2005). Kao visoko hranjivo povrće u Indiji, Pakistanu, Filipinima, Havajima te mnogim Afričkim zemljama koriste se lišće, cvjetovi, nezrele mahune te plodovi moringe (Anwar i sur., 2006).

Fitokemikalije su sekundarni metaboliti nastali u biljkama koji se nakupljaju u velikim koncentracijama, a imaju vrlo malu ili nikakvu ulogu u rastu i razvoju biljke. S druge pak strane, imaju bitan učinak na ljudsko zdravlje te se dugi niz godina koriste za prevenciju ili liječenje raznih bolesti. Fitokemikalije se dijele u pet skupina s obzirom na svoji kemijski sastav (polifenoli, karotenoidi, alkaloidi, terpenoidi te spojevi sa sumporom), a stablo moringe sadrži većinu ovih spojeva (Ali Redha i sur., 2021).

Lišće moringe bogat je izvor β -karotena (provitamina vitamina A), proteina, kalcija te kalija, a također su dobar izvor i prirodnih antioksidanasa (askorbinska kiselina, flavonoidi, fenoli i karotenoidi) čime povećavaju rok trajanja namirnica koje su bogate mastima. Također sadrže visoke koncentracije β -sitosterola, željeza, fosfora, α -tokoferola, riboflavina, nikotinske i folne kiseline te esencijalnih aminokiselina poput metionina, cistina, triptofana i lizina (Dubey i sur., 2013). Lišće moringe ima vrlo nisku kalorijsku vrijednost te se često koristi u prehrani pretilih (Gopalakrishnan i sur., 2016). Imaju okus sličan potočarki, a mogu se jesti sirovi ili kuhani (Parrotta, 2014). Zbog bogatog nutritivnog sastava, lišće moringe koristi se u borbi protiv pothranjenosti, ponajprije majki i dojenčadi. Također se konzumiraju radi povećanja produkcije majčinog mlijeka (Anwar i sur., 2006).

Zabilježeno je da moringa ima nekoliko farmakoloških svojstava, poput antioksidativnog, antikancerogenog, antidijabetičkog, protuupalnog, antialergijskog, antipiretičkog te djeluje i protiv pretilosti. Većina ovih svojstava posljedica su visokog sadržaja flavonoida, glukoziida te glukozinolata u biljci (Ali Redha i sur., 2021).

Moringa ima pozitivan učinak na kardiovaskularne bolesti zbog kombinacije diuretika i sastojaka koji snižavaju krvni tlak (Anwar i sur., 2006). Antikancerogeno svojstvo ove biljke očituje se u inhibiciji rasta stanica raka (Ma i sur., 2018). Antidijabetički učinak posjeduje ekstrakt lista moringe, čijom konzumacijom se nakon 3 h smanjuje razina šećera u krvi (Dubey i sur., 2013). Osim navedenih svojstava, ova biljka posjeduje i hepatoprotektivna svojstva, a antioksidativna svojstva se pripisuju, u velikoj koncentraciji prisutnih, fenola i flavonoida (Abdul Razis i sur., 2014). Zbog visokog sadržaja željeza, moringa se može koristiti za liječenje anemije (Gopalakrishnan i sur., 2016).

Količina od 100 g osušenih listova moringe u prosjeku sadrže 10 puta više vitamina A u odnosu na mrkvu, 12 puta više vitamina C u odnosu na naranču, 17 puta više kalcija u odnosu na mlijeko, 15 puta više kalija u odnosu na bananu, 25 puta više željeza u odnosu na špinat te 9 puta više proteina u odnosu na jogurt (Abdul Razis i sur., 2014).

2.3.2. Jogurt obogaćen ekstraktom moringe

Zahvaljujući svojim visoko nutritivnim i funkcionalnim svojstvima, moringa ima veliki potencijal za prilagođavanje u procesima u prehrambenoj industriji. Za ta svojstva zaslužni su bioaktivni sastojci koji se nalaze u biljci, a koji imaju mogućnost uključivanja u daljnji razvoj hrane. Listovi moringe predstavljaju najhranjiviji vegetativni dio biljke i važan su izvor vitamina B i C, provitamina A i proteina. Osim toga, pokazalo se da posjeduju visoka antioksidativna svojstva zahvaljujući polifenolima (Adepoju i Selezneva, 2020). Stoga, dodatak ekstrakta listova moringe u razne fermentirane mliječne proizvode će povećati rast laktobacila i bifidobakterija (Bikheet i sur., 2021). Listovi moringe, ili ekstrakti listova moringe, koriste se u svrhu obogaćivanja nutritivnog sastava mnogih mliječnih proizvoda, ponajviše jogurta (Saad i Elkhtab, 2019).

Mliječni proizvodi dobar su izvor proteina, minerala, vitamina i bioaktivnih komponenata. Jogurt je izvrstan izvor takvih hranjivih tvari, ali i mnogih drugih koji su neophodni za zdravlje (Al- Ahwal i sur., 2017). S kontinuiranim rastom konzumacije kroz vrijeme, jogurt se smatra najpopularnijim fermentiranim mliječnim proizvodom (Bikheet i sur., 2021). Pozitivan utjecaj jogurta na zdravlje pripisuje se njegovom sadržaju proteina, lipida, vitamina i minerala (Zhang i sur., 2018). Međutim, jogurt ne sadrži vlakna budući da ih ni mlijeko ne sadrži. Zbog toga bi biljka *Moringa oleifera*, bogata vlaknima, bila dobar odabir u proizvodnji funkcionalnog jogurta (Al- Ahwal i sur., 2017). Jogurt ima nizak sadržaj i polifenola i antioksidanasa (Adepoju i Selezneva, 2020) zbog čega se javlja potreba za proizvodnjom funkcionalnog jogurta s povećanom koncentracijom polifenola.

Osim poboljšanja nutritivnog sastava proizvoda, dodatak listova moringe pruža i određenu mikrobiološku zaštitu hrane. Međutim, zahvaljujući zelenkastom izgledu, blago gorkom i neugodnom okusu, obogaćivanje hrane listovima moringe ili njihovim ekstraktom u značajnoj količini nije moguće (Adepoju i Selezneva, 2020).

Zhang i sur. (2018) istražili su utjecaj dodatka ekstrakta lista moringe tijekom fermentacije jogurta na njegova svojstva. Iz dobivenih rezultata zaključili su da je dodatak ekstrakta lista moringe ubrzao tijek fermentacije, tako da je ubrzavao rast bakterija mliječne kiseline. Također je uočena povećana antioksidativna aktivnost kod uzoraka obogaćenih ekstraktom, koja dolazi od polifenola prisutnih u ekstraktu.

Adepoju i Selezneva (2020) istražili su utjecaj dodatka listova moringe u prahu tijekom fermentacije jogurta na svojstva jogurta i njegov rok trajanja. Zaključili su da dodatak praha listova moringe može produžiti rok trajanja jogurta jer se sinereza u odnosu na kontrolni uzorak (bez dodatka praha listova moringe) smanjila, što je u skladu s rezultatima koje su dobili i Zhang i sur. (2018). Također se kod uzoraka s dodatkom praha povećao kapacitet zadržavanja vode, a ta dva fizikalna svojstva utječu na rok trajanja jogurta.

Bikheet i sur. (2021) proučavali su utjecaj dodatka vodenog i alkoholnog ekstrakta listova u različitim koncentracijama moringe tijekom fermentacije jogurta. Viskoznost ima veliki utjecaj na kvalitetu tekuće i polu-krute hrane (Zhang i sur., 2018). Bikheet i sur. (2021) primijetili su povećanje viskoznosti jogurta s dodatkom ekstrakta listova moringe, u odnosu na kontrolni uzorak. Također su uočili proporcionalno povećanje viskoznosti s povećanjem udjela ekstrakta u uzorku.

Prema Zhang i sur. (2018), dodatak ekstrakta listova moringe uzrokovao je lošije senzorske ocjene uzoraka jogurta. Smanjena je slatkoća i kiselost te opća prihvatljivost jogurta, a znatno je povećana gorčina koja potječe od same biljke. Kako bi se poboljšao okus i opća prihvatljivost jogurta obogaćenog ekstraktom listova moringe, moguć je dodatak banana, slatkog krumpira ili avokada. U usporedbi s uzorkom jogurta bez dodataka moringe, jogurt s ekstraktom listova moringe i nekim od prethodno spomenutih dodataka (banana, slatki krumpir ili avokado) pokazao je usporediv izgled, okus, teksturu te opću prihvatljivost (Oyeyinka i Oyeyinka, 2016).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. MATERIJALI

Za eksperimentalni dio ovog rada korišteno je sirovo kozje mlijeko proizvođača „OPG Moravec“ (slika 2). Za proizvodnju jogurta korištena je jogurtna kultura YO-MIX 883 LYO 50 DCU (Danisco, Francuska).



Slika 2. Kozje mlijeko proizvođača „OPG Moravec“ (vlastita fotografija)

Za pripremu ekstrakta moringe korišten je prah lista moringe proizvođača „Bio&Bio Superfoods“ (tablica 2).

Tablica 2. Prosječna hranjiva vrijednost praha moringe u 100 g proizvoda (prema Anonymous 2)

| Sastojak | Vrijednost |
|----------------------------------|--------------------|
| Proteini | 27,1 g |
| Masti | 2,3 g |
| od kojih zasićene masne kiseline | 0,6 g |
| Ugljikohidrati | 38,2 g |
| od kojih šećeri | 14,7 g |
| Sol | 0,3 g |
| Energija | 1349 kJ / 320 kcal |

3.2. METODE RADA

3.2.1. Priprema ekstrakta moringe

Odvaga od 10 g usitnjenih listova moringe izvagana je na tehničkoj vagi (KB 3600-2N, Kern & Sohn, GmbH, Njemačka) u staklenoj čaši, nakon čega su preliveni s 200 mL prethodno proključale destilirane vode. Čaša se potom poklopila s aluminijskom folijom te se sadržaj lagano kuhao 30 min na grijaćoj ploči uz konstantno miješanje magnetne miješalice (Rotamix 550 MMH, Tehnica, Slovenija). Nakon toga se otopina ohladila na oko 60 °C te profiltrirala preko filter papira čime se dobio ekstrakt moringe koji se dodavao u proizvodni proces jogurta.

3.2.2. Proizvodnja jogurta

Pokus je proveden na 8 L mlijeka (2 L mlijeka za kontrolni uzorak jogurta, te po 2 L mlijeka za uzorke jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1, 3 i 5 %). Korišteno je sirovo mlijeko koje je prije fermentacije pasterizirano pri 90-95 °C tijekom 5-10 min. Za fermentaciju 2 L mlijeka potrebno je, prema napatku proizvođača, 0,0422 g jogurtne kulture koja je odvagana na analitičkoj vagi (AB 104, Mettler Toledo, SAD). Mlijeko je temperirano na 43 °C te se inokuliralo jogurnom kulturom. Takvo se mlijeko koristilo za proizvodnju kontrolnog jogurta, a u inokulirano mlijeko za proizvodnju jogurta s dodatkom ekstrakta moringe se dodao ekstrakt moringe u koncentracijama (v/v) od 1 % (20 mL), 3 % (60 mL) te 5 % (100 mL). Fermentacija se odvijala u prethodno steriliziranim staklenim čašicama s poklopcima od aluminijske folije, u termostatu (3u1 Inko, Hrvatska) pri 43 °C (slika 3).



Slika 3. Vođenje fermentacije u termostatu (*vlastita fotografija*)

Tijek fermentacije praćen je mjerenjem pH vrijednosti uzoraka svakih sat vremena, a prekidala se u trenutku postizanja pH vrijednosti 4,6, odnosno kada je postignuta vrijednost izoelektrične točke kazeina. Fermentacija je zaustavljena vađenjem uzoraka jogurta iz termostata te naglim hlađenjem u hladnoj vodi. Kada su se uzorci ohladili, stavljeni su u hladnjak na čuvanje pri temperaturi od +4 °C kroz period od 28 dana. Na uzorcima su se provodile analize svakih 7 dana, počevši s prvim danom nakon fermentacije.

Pokus je napravljen dva puta, a svi rezultati prikazani u ovom radu predstavljaju srednju vrijednost oba pokusa.

3.2.3. Analize mlijeka

3.2.3.1. *Određivanje aktivne kiselosti mlijeka*

Prirodna kiselost svježeg mlijeka potječe od kiselih svojstava proteina, a najviše od kiselih soli te nešto od plinova u mlijeku, askorbinske kiseline i slobodnih masnih kiselina ili aminokiselina. Aktivna kiselost mlijeka izražava se koncentracijom vodikovih iona ili pH-vrijednošću (Tratnik i Božanić, 2012). Koncentracija vodikovih iona mjeri se potenciometrima ili pH-metrima (Božanić i sur., 2010). Prosječna vrijednost pH kozjeg mlijeka je 6,72 (Božanić i sur., 2018).

Postupak:

Elektroda pH-metra (WTW-Profiline pH 3110, Xylem Analytics, Njemačka) je prvo isprana destiliranom vodom te posušena staničevinom. Prije početka provođenja analiza, provedena je kalibracija uređaja prema uputama proizvođača. Nakon što je pH-metar kalibriran, elektroda je uronjena u čašu s uzorkom mlijeka te je očitana vrijednost pH nakon što se ustalila na zaslonu uređaja. Između svake analize elektroda je isprana destiliranom vodom i posušena staničevinom, a po završetku analiza uronjena je u otopinu KCl do sljedeće upotrebe (Božanić i sur., 2010).

3.2.3.2. *Određivanje titracijske kiselosti mlijeka*

Titracijska kiselost se određuje titracijom mlijeka s otopinom NaOH, određene molarnosti, uz indikator fenolftalein. Ovisno o postupku određivanja, titracijska se kiselost mlijeka izražava u različitim kiselinskim stupnjevima koji odgovaraju broju utrošenih mililitara otopine NaOH za neutralizaciju 100 mL mlijeka (Tratnik i Božanić, 2012). Prosječna vrijednost °SH kozjeg mlijeka je 6,80 (Božanić i sur., 2018). Metoda po Soxhlet-Henkeli je u Republici Hrvatskoj referentna titracijska metoda za određivanje stupnja kiselosti mlijeka i mliječnih proizvoda (Božanić i sur., 2010).

Postupak:

Prije početka analiza pripremljena je standardna boja, tj. boja do koje se treba titrirati natrijevom lužinom. Za pripremu standardne boje je u Erlenmeyerovu tikvicu otpipetirano 20 mL uzorka mlijeka te se uzorku dodao 0,4 mL 5 %-tne otopine kobaltovog sulfata ($\text{CoSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$). Za provođenje analize je u drugu Erlenmeyerovu tikvicu otpipetirano 20 mL istog uzorka mlijeka te se dodao 1 mL 2 %-tne otopine fenolftaleina. Smjesa se promiješala te titrirala 0,1 M natrijevom lužinom do postizanja standardne boje nakon čega se očitao volumen utrošenog NaOH (Božanić i sur., 2010).

Titracijska kiselost se izračunala prema izrazu [1]:

$$a \cdot 2 \cdot f = \text{°SH} \quad [1]$$

gdje je a = mL 0,1 M NaOH utrošenih za neutralizaciju 20 mL mlijeka, a f = faktor otopine natrijeve lužine (NaOH) = $0,1 \text{ mol L}^{-1} = 1$

3.2.3.3. Mikrobiološka analiza mlijeka

Mikrobiološka analiza mlijeka provedena je na uzorku sirovog mlijeka, pasteriziranog te pasteriziranog i inokuliranog (kontrolni uzorak).

Korištena metoda za određivanje broja bakterija na Petrijevim pločama je Kochova metoda, koja ujedno predstavlja i referentnu metodu.

Postupak:

Analize su se provodile u sterilnim uvjetima, koji su postignuti dezinficiranjem radne površine alkoholom te stvaranjem sterilnog luka pomoću dva plamenika. Svo laboratorijsko suđe koje je korišteno prilikom rađenja analiza je sterilizirano suhom (u termostatu) ili mokrom sterilizacijom u autoklavu.

Mikrobiološka analiza sirovog i pasteriziranog mlijeka je provedena u svrhu određivanja broja bakterijskih stanica roda *Enterobacteriaceae* te kvasaca i plijesni, a za fermentirana mlijeka je provedena u svrhu određivanja broja živih bakterijskih stanica bakterija *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* i *Streptococcus thermophilus*, koje predstavljaju jogurtnu kulturu. Prilikom analiza korištene su 4 vrste podloga: MRS-agar za laktobacile, M-17 agar za streptokoke, Violet red bile glucose agar za enterobakterije te Sabouraud dextrose agar za kvasce i plijesni. Sve su podloge pripremljene prema uputama proizvođača (Biolife, Italija).

Uzorak mlijeka se homogenizirao te je sterilnom mikropipetom izuzet 1 mL uzorka koji je prenesen u sterilnu epruvetu napunjenu s 9 mL fiziološke otopine.

Potom se iz te epruvete također izuzeo 1 mL prethodno homogeniziranog uzorka i prenio u iduću epruvetu napunjenu s 9 mL fiziološke otopine, čime se dobilo prvo razrjeđenje. Postupak je ponavljan dok nije postignut željeni broj decimalnih razrjeđenja (Božanić i sur., 2010). Nacjeppljivanje je provedeno na sterilnim Petrijevim pločama, nacjeppljivanjem 1 mL željenog decimalnog razrjeđenja te naknadnim zalijevanjem određene podloge (MRS agar, M-17 agar te Sabouraud dextrose agar). Za određivanje broja poraslih bakterija roda *Enterobacteriaceae* nacjeppljivanje se provodilo na prethodno pripremljenim podlogama u Petrijevim pločama te se nacjeppljivalo 100 µL uzorka.

Nakon što su se podloge skrtnule, stavile su se na inkubaciju u termostatu pri 37 °C dnom prema gore kako bi se izbjegla kondenzacija.

Očitavanje rezultata je provedeno nakon 72 h inkubacije pri 37 °C na brojaču kolonija (Funke Gerber), a za brojanje su odabrane one podloge na kojima je poraslo od 30 do 300 kolonija. Broj poraslih kolonija po mL (eng. *Colony-forming Unit*, CFU) izračunat je prema formuli [2]:

$$\text{CFU mL}^{-1} = \frac{\text{broj kolonija}}{\text{nacjeppljen volumen} \cdot \text{recipročna vrijednost decimalnog razrjeđenja}} \quad [2]$$

3.2.4. Analize jogurta

3.2.4.1. Određivanje aktivne kiselosti jogurta

Postupak određivanja aktivne kiselosti jogurta isti je kao i postupak određivanja aktivne kiselosti mlijeka, opisanog u poglavlju 3.2.3.1. Aktivna kiselost jogurta određivala se svakih 7 dana kroz period hladnog čuvanja od 28 dana.

3.2.4.2. Određivanje titracijske kiselosti jogurta

Postupak:

Prije početka analize pripremljena je standardna boja tako da se u Erlenmeyerovu tikvicu odvagalo 20 g jogurta te razrijedilo s 20 mL destilirane vode. Potom se u tikvicu dodao 1 mL otopine kobaltovog sulfata, čime se dobila boja do koje se mora titrirati analizirani uzorak. Za provođenje analize je u drugu Erlenmeyerovu tikvicu odvagano 20 g jogurta koji se razrijedio s 20 mL destilirane vode. U tikvicu je otpipetirano 2 mL 2 %-tnog fenolftaleina te se uzorak titrirao s 0,1 M otopinom natrijeve lužine do pojave standardne boje (Božanić i sur., 2010).

Titracijska kiselost jogurta se izračunala na isti način kao i titracijska kiselost mlijeka, opisana u poglavlju 3.2.3.2. Titracijska kiselost jogurta određivala se svakih 7 dana kroz period hladnog čuvanja od 28 dana.

3.2.4.3. Mikrobiološka analiza jogurta

Mikrobiološke analize jogurta su provedene na kraju fermentacije te prvi i 28. dan hladnog skladištenja. Na kraju fermentacije, kao i 1. i 28. dan hladnog skladištenja, analiziran je broj poraslih kolonija laktobacila i streptokoka. Određivanje broja bakterijskih stanica roda *Enterobacteriaceae* te kvasaca i plijesni provedeno je 28. dan hladnog skladištenja. Korištena metoda za određivanje broja bakterija na Petrijevim pločama je Kochova metoda.

Postupak:

Uzorak jogurta koji se analizira se dobro promiješao te se 20 mL uzorka prenijelo u Erlenmeyerovu tikvicu sa staklenim zrcnicima i dodalo 180 mL fiziološke otopine.

Takav homogenizirani uzorak predstavljao je osnovno razrjeđenje (Božanić i sur., 2010). Ostatak postupka jednak je postupku mikrobiološke analize mlijeka, prethodno opisanom u poglavlju 3.2.3.3.

3.2.4.4. Određivanje udjela suhe tvari u jogurtu

Ukupna suha tvar mlijeka je masa koja ostane po završetku postupka sušenja na konstantnoj temperaturi do konstantne mase, a izražava se kao maseni udio.

Suhu tvar čine svi sastojci mlijeka osim vode i plinova (Božanić i sur., 2010). Kozje mlijeko u prosjeku sadrži 11,94 % suhe tvari (Božanić i sur., 2018). Korištena metoda je referentna metoda za određivanje udjela ukupne suhe tvari u mlijeku. Udio ukupne suhe tvari u jogurtu je određen 1. i 28. dan hladnog skladištenja.

Postupak:

Za određivanje udjela suhe tvari u jogurtu koristile su se aluminijske posudice koje su se prethodno zagrijale u sušioniku (ST-01/02, Instrumentaria, Hrvatska) pri 102 °C, tako da su se posudica i poklopac stavili jedno pokraj drugog. Nakon 30 min, poklopac je stavljen na posudicu te je premještena u eksikator da se ohladi prije vaganja. Kada je posudica izvagana na analitičkoj vagi (AB 104, Mettler Toledo, SAD), u nju se dodaje 3 do 5 g uzorka jogurta te se sušenje provodi na isti način kroz period od 2 h, nakon čega se hladi u eksikatoru. Kada je posudica ohlađena, izvagala se te se postupak sušenja ponavljao dok razlika u masi između dva uzastopna mjerenja nije prelazio 0,5 mg (Božanić i sur., 2010).

Udio suhe tvari se odredio prema izračunu [3]:

$$\% \text{ suhe tvari} = \frac{\text{zadnja odvaga} - \text{prazna posudica}}{\text{odvaga uzorka}} \cdot 100 \quad [3]$$

3.2.4.5. Određivanje udjela laktoze u jogurtu

Laktoza je disaharid ($C_{12}H_{22}O_{11}$) prisutan u mlijeku, a sastoji se od molekula α -D-glukoze i β -D-galaktoze (Tratnik i Božanić, 2012). Važan je izvor energije, a prosječni udio laktoze u kozjem mlijeku je 4,6 % (Božanić i sur., 2018).

Udio laktoze određen je modificiranom metodom prema Loof-Schoorlu (Božanić i sur., 2010), a određen je 1. i 28. dan hladnog skladištenja jogurta.

Postupak:

1 mL uzorka jogurta se otpipetirao u tikvicu s brušenim grlom te se potom otpipetiralo 24 mL destilirane vode i 25 mL Luffove otopine.

Tikvica se priključila na povratno hladilo i kuhala točno 10 min od trenutka kada je prva kap kapnula natrag u tikvicu.

Po isteku 10 min, tikvica se ohladila pod mlazom vode te se u nju otpipetiralo 15 mL 20 %-tne otopine kalijevog jodida. Potom se u tikvicu polagano otpipetiralo 25 mL 25 %-tne otopine sumporne kiseline, čime je došlo do izlučivanja joda. Jod se titirao s 0,1 M natrijevim tiosulfatom ($Na_2S_2O_3$) do prelaska boje uzorka u žutu, kada se u uzorak dodao 1 mL svježe pripremljene 2 %-tne otopine škroba. Titracija se nastavila do prijelaza tamnoplave u putenastu boju koja je stabilna nekoliko minuta.

Paralelno se provodila i slijepa proba gdje se umjesto 1 mL uzorka stavio 1 mL destilirane vode, a daljnji postupak je isti kao i kod uzorka (Božanić i sur., 2010).

Udio laktoze se odredio prema izračunu [4]:

Slijepa proba troši: X mL 0,1 M $Na_2S_2O_3$

Uzorak troši: Y mL 0,1 M $Na_2S_2O_3$

$$(X - Y) \cdot f = Z \quad [4]$$

gdje je f = faktor otopine natrijevog tiosulfata ($Na_2S_2O_3$) = 0,1 mol L⁻¹ = 1, a Z mL 0,1 M $Na_2S_2O_3$, iz čije se vrijednosti iz tablice 3 očitaju mg laktoze u 1 mL uzorka

Tablica 3. Izračunavanje količine laktoze po Loof-Schoorlu (prema Božanić i sur., 2010.)

| 0,1 M Na₂S₂O₃ | Laktoza | |
|---|----------------|----------------|
| mL | mg | Razlika |
| 1 | 3,6 | 3,7 |
| 2 | 7,3 | 3,7 |
| 3 | 11,0 | 3,7 |
| 4 | 14,7 | 3,7 |
| 5 | 18,4 | 3,7 |
| 6 | 22,1 | 3,7 |
| 7 | 25,8 | 3,7 |
| 8 | 29,5 | 3,7 |
| 9 | 33,2 | 3,7 |
| 10 | 37,0 | 3,8 |
| 11 | 40,8 | 3,8 |
| 12 | 44,6 | 3,8 |
| 13 | 48,4 | 3,8 |
| 14 | 52,2 | 3,8 |
| 15 | 56,0 | 3,8 |
| 16 | 59,9 | 3,9 |
| 17 | 63,8 | 3,9 |
| 18 | 67,7 | 3,9 |
| 19 | 71,7 | 4,0 |
| 20 | 75,7 | 4,0 |
| 21 | 79,8 | 4,1 |
| 22 | 83,9 | 4,1 |
| 23 | 88,0 | 4,1 |

3.2.4.6. Određivanje udjela pepela u jogurtu

U mlijeku je identificirano oko 40 različitih mineralnih tvari, a prema njihovom udjelu ubrajaju se u makroelemente i mikroelemente. Mikroelementa je u mlijeku brojčano više nego makroelementa, ali je većina prisutna samo u tragovima. Makroelementi se uglavnom nalaze u obliku topljivih i netopljivih anorganskih ili organskih soli.

Udio mineralnih tvari u mlijeku se najčešće izražava količinom pepela koja nastaje spaljivanjem mlijeka pri 550 °C (Tratnik i Božanić, 2012). Kozje mlijeko u prosjeku sadrži 0,77 % pepela (Božanić i sur., 2018). Udio pepela u jogurtu je određen 1. i 28. dan hladnog skladištenja.

Postupak:

Porculanski lončić za žarenje se zažario u Muffovoj peći (LP-08, Instrumentaria, Hrvatska) pri 550 °C nakon čega se u eksikatoru ohladio i izvagao na analitičkoj vagi (AB 104, Mettler Toledo, SAD). U tako ohlađeni lončić se izvagalo 10 g uzorka jogurta te je lončić stavljen u sušionik (ST-01/02, Instrumentaria, Hrvatska). Kada se uzorak potpuno osušio, lončić je stavljen na žarenje u Muffovu peć na 550 °C dok sadržaj nije pobijelio.

Lončić se potom ohladio u eksikatoru i izvagao. Postupak žarenja se ponavljao dok se nije postigla konstantna masa (Božanić i sur., 2010).

Udio mineralnih tvari se odredio prema izračunu [5]:

$$\% \text{ pepela} = \frac{\text{zadnja odvaga} - \text{prazan lončić}}{\text{odvaga uzorka}} \cdot 100 \quad [5]$$

3.2.4.7. *Određivanje boje jogurta*

Određivanje boje jogurta provedeno je na kolorimetru prikazanom na slici 4, u CIE $L^*a^*b^*$ modelu boja.

Koordinate CIELAB sustava su: akromatska os L^* s vrijednostima od 0 % (crna) do 100 % (bijela), os a^* koja prikazuje raspon boja crveno-zelena te os b^* kao raspon boja žuto-plavo (Petrović i sur., 2013). Boja jogurta određena je svakih 7 dana tijekom perioda hladnog čuvanja jogurta (1., 7., 14., 21. i 28. dan).

Postupak:

Uređaj (Colorimeter PCE-CSM 3, PCE instruments, Njemačka) je prije svake analize kalibriran, a potom se u kivetu stavio uzorak jogurta. Kiveta se stavila u uređaj te su se sa zaslona uređaja očitale rezultati L^* , a^* i b^* vrijednosti.

Kako bi se utvrdilo odstupaju li, i u kojoj mjeri, uzorci jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od kontrolnog uzorka (bez dodatka ekstrakta), korišten je izračun za ukupnu razliku obojenosti [6]:

$$\Delta E^* = \sqrt{[(L^* - L^*_{\text{ref}})^2 + (a^* - a^*_{\text{ref}})^2 + (b^* - b^*_{\text{ref}})^2]} \quad [6]$$

gdje se L^*_{ref} , a^*_{ref} i b^*_{ref} odnose na kontrolni uzorak jogurta, a L^* , a^* i b^* na uzorak jogurta s dodatkom ekstrakta moringe.

Tablica 4. Značenje razlika među određenim ΔE^* vrijednostima (prema Mokrzycki i Tatol, 2011).

| 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 |



Slika 4. Kolorimetar PCE-CSM 3 (vlastita fotografija)

3.2.4.8. Određivanje reoloških svojstava jogurta

U ovom je radu od reoloških svojstava jogurta ispitana viskoznost. Viskoznost je rezultat unutrašnjeg trenja molekula, tj. otpora tekućine pri protjecanju (Tratnik i Božanić, 2012). Viskoznost je određena na rotacijskom reometru, a ispitivana je svakih 7 dana tijekom perioda hladnog čuvanja jogurta (1., 7., 14., 21. i 28. dan).

Postupak:

Uređaj (Rheometric Scientific RM-180, Rheometric, Inc., Piscataway, SAD) se sastoji od cilindričnog vretena i vanjskog plašta u koji je prije početka mjerenja stavljeno 32 mL uzorka jogurta. Vanjski plašt se potom pričvrstio na tijelo uređaja tako da je vreteno tijekom ispitivanja cijelo vrijeme uronjeno u uzorak. Reometar je u uzorcima mjerio napon smicanja (T) u Pa i prividnu viskoznost (μ) u Pa s pri brzinama smicanja (D) od 100, 270, 440, 610, 780, 950, 1120 i 1290 s⁻¹.

3.2.4.9. Određivanje kapaciteta zadržavanja vode i sinereze jogurta

Sinereza i kapacitet zadržavanja vode predstavljaju bitne fizikalne karakteristike jogurta. Kapacitet zadržavanja vode (WHC) predstavlja sposobnost matrice molekula da fizički zarobi velike količine vode tako da inhibira njeno izdvajanje. Kod jogurta matricu predstavlja proteinski gel, a njegov kapacitet zadržavanja vode utječe na sinerezu (Kwasi Kpodo i sur., 2014). Sinereza je pojava izdvajanja seruma, odnosno sirutke te označava nehomogenost jogurta (Zonji, 1971). Sinereza i kapacitet zadržavanja vode jogurta analizirani su svakih 7 dana tijekom perioda hladnog čuvanja jogurta (1., 7., 14., 21. i 28. dan).

Postupak:

Na analitičkoj vagi (AB 104, Mettler Toledo, SAD) je u plastične kivete od 50 mL izvagano 10 g uzorka jogurta te je centrifugirano na centrifugalnom separatoru (IKA, Rotina 380 R, Njemačka). Uzorci su centrifugirani pri 4 °C, na 5000 o min⁻¹ tijekom 10 min. Po završetku centrifugiranja, izdvojena sirutka se otpipetirala, a zaostali talog u kiveti se izvagao. Razlika u masama predstavlja masu supernatanta, odnosno izdvojene sirutke. Kapacitet zadržavanja vode određen je prema izračunu [7]:

$$\text{WHC (\%)} = \frac{m(\text{talog})}{m(\text{uzorak})} \cdot 100 \quad [7]$$

Udio izdvojene sirutke određen je prema izračunu [8]:

$$\% \text{ sirutke} = \frac{m(\text{supernatant})}{m(\text{uzorak})} \cdot 100 \quad [8]$$

3.2.4.10. Senzorsko ocjenjivanje jogurta

Senzorska procjena hrane dio je analize prehrambenog proizvoda u kojoj su ljudska osjetila najbolji mjerni instrument (Filajdić i sur., 1988).

U ovom istraživanju panel se sastojao od 4 ispitivača koji su ocjenjivali uzorke jogurta kroz period od 28 dana. Senzorski su ocijenjeni kontrolni uzorak jogurta (jogurt bez dodatka ekstrakta moringe) te uzorci jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1, 3 i 5 %.

Ispitivanja su provedena 1., 7., 14., 21. i 28. dan hladnog skladištenja nakon fermentacije. Panelisti su ocjenjivali izgled, boju, konzistenciju, miris, sinerezu te okus jogurta, ocjenama od 1 do 5. Obrazac za senzorsko ocjenjivanje ispitivanih uzoraka prikazan je u tablici 5, a prilikom obrade podataka korištena je metoda bodovanja s ponderiranim sustavom bodovanja.

Tablica 5. Primjer obrasca za senzorsko ocjenjivanje fermentiranog mlijeka

| Datum: | | | | |
|---|-----------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Ime i prezime | | | | |
| Svojstvo (ocjenjuje se ocjenama od 1 do 5) | Kontrola | Dodatak moringe 1 % | Dodatak moringe 3 % | Dodatak moringe 5 % |
| Izgled | | | | |
| Boja | | | | |
| Konzistencija | | | | |
| Miris | | | | |
| Sinereza | | | | |
| Okus | | | | |
| Komentari: | | | | |

3.2.5. Obrada rezultata

Pokus je napravljen dva puta te svi rezultati prikazani u poglavlju „Rezultati i rasprava“ predstavljaju srednju vrijednost dobivenih rezultata oba pokusa. Grafički prikazani rezultati obrađeni su u programu „Microsoft Excel“.

4. REZULTATI I RASPRAVA

Cilj ovog rada bio je proizvesti jogurte od kozjeg mlijeka s dodatkom ekstrakta lista moringe u različitim koncentracijama te odrediti fizikalno-kemijske, mikrobiološke i senzorske karakteristike kroz period hladnog skladištenja od 28 dana. Proizvedeni su kontrolni uzorak jogurta (K), koji nije imao dodatak ekstrakta lista moringe te jogurti s dodatkom ekstrakta od 1, 3 i 5 % (M1, M3 i M5).

U tablici 6 prikazani su sastav i svojstva kozjeg mlijeka proizvođača „OPG Moravec“, korištenog u proizvodnji jogurta. Rezultati mikrobiološke analize sirovog i pasteuriziranog mlijeka prikazani su u tablici 7.

Rezultati pH vrijednosti izmjerenih tijekom fermentacije jogurta prikazani su u tablici 8. Rezultati pH i °SH vrijednosti tijekom 1., 7., 14., 21. i 28. dana skladištenja prikazani su u tablicama 9 i 10.

Rezultati mikrobiološke analize jogurta (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* i *Streptococcus thermophilus*) 1. i 28. dana skladištenja te rezultati mikrobiološke analize jogurta (*Enterobacteriaceae* te kvasci i plijesni) 28. dana skladištenja prikazani su u tablici 11.

Rezultati udjela suhe tvari, laktoze i pepela u jogurtu 1. i 28. dana skladištenja prikazani su u tablici 12.

Rezultati analize boje jogurta tijekom 1., 7., 14., 21. i 28. dana skladištenja prikazani su u tablici 13.

Rezultati reoloških analiza jogurta provedenih 1., 7., 14., 21. i 28. dana skladištenja prikazani su na slikama 5, 6, 7, 8 i 9.

Rezultati analize kapaciteta zadržavanja vode i sinereze jogurta tijekom 1., 7., 14., 21. i 28. dana skladištenja prikazani su u tablicama 14 i 15.

Rezultati senzorske analize jogurta tijekom 1., 7., 14., 21. i 28. dana skladištenja prikazani su na slikama 10, 11, 12, 13, 14 i 15.

4.1. SASTAV I MIKROBIOLOŠKA SVOJSTVA MLIJEKA

U tablici 6 prikazani su sastav i svojstva kozjeg mlijeka korištenog u istraživanju. Prema Pravilniku (2017) sirovo kozje mlijeko mora sadržavati najmanje 2,5 %, a najviše 5 % mliječne masti te najmanje 2,5 %, a najviše 4,5 % proteina. Prema rezultatima prikazanim u tablici 6, vidljivo je da su udjeli mliječne masti i proteina u mlijeku u skladu s Pravilnikom (2017).

Prema Pravilniku (2017) sirovo kozje mlijeko mora imati pH-vrijednost od 6,4 do 6,7, što je u skladu s vrijednostima prikazanim u tablici 6.

Tablica 6. Sastav i svojstva kozjeg mlijeka proizvođača „OPG Moravec“

| Parametar | Vrijednost |
|----------------------------|------------|
| Mliječna mast (%) | 3,0 |
| Proteini (%) | 2,9 |
| Laktoza (%) | 4,3 |
| pH | 6,56 |
| Titracijska kiselost (°SH) | 6,0 |

U tablici 7 prikazani su rezultati mikrobiološke analize sirovog i pasteriziranog mlijeka. Provedene su analize na bakterije roda *Enterobacteriaceae* te na kvasce i plijesni. Prema rezultatima prikazanim u tablici 7, vidljivo je da je provedeni postupak pasterizacije bio uspješan s obzirom da u pasteriziranom mlijeku nema poraslih kolonija roda *Enterobacteriaceae* niti kvasaca i plijesni.

Tablica 7. Prosječan broj poraslih kolonija roda *Enterobacteriaceae* (log CFU mL⁻¹) te kvasaca i plijesni (log CFU mL⁻¹) u uzorcima sirovog i pasteriziranog mlijeka (n = 2)

| Uzorak | <i>Enterobacteriaceae</i> log (CFU mL ⁻¹) | Kvasci i plijesni log (CFU mL ⁻¹) |
|-----------------------|---|---|
| Sirovo mlijeko | 2,46 | 3,51 |
| Pasterizirano mlijeko | 0 | 0 |

4.2. AKTIVNA I TITRACIJSKA KISELOST JOGURTA

U tablici 8 prikazani su rezultati srednjih vrijednosti pH jogurta tijekom fermentacije iz kojih se može zaključiti kako je dodatak ekstrakta lista moringe u mlijeko imao utjecaj na skraćivanje vremena fermentacije. Fermentacija kontrolnog uzorka (uzorka bez dodatka ekstrakta moringe) trajala je 5 h i 15 min, dok je fermentacija uzoraka s dodatkom od 1 i 3 % ekstrakta moringe trajala 4 h i 15 min, a uzorka s dodatkom ekstrakta moringe od 5 % 4 h i 30 min. Rezultati su u skladu s istraživanjem Zhang i sur. (2018), koji su ubrzanje fermentacije objasnili utjecajem organskih i fenolnih kiselina te flavonoida prisutnih u ekstraktu moringe koji ubrzavaju rast bakterija mliječne kiseline.

Nakon 1 h fermentacije najnižu pH vrijednost imao je uzorak jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1 %, dok su ustali uzorci s dodatkom ekstrakta moringe imali sličnu pH vrijednost kao i kontrolni uzorak. Nakon 2 h fermentacije, snižavanje pH vrijednosti jogurta se usporilo kod uzorka s dodatkom ekstrakta moringe od 1 %, a ubrzalo kod uzoraka s dodatkom ekstrakta moringe od 3 i 5 %. Fermentacija je najkraće trajala kod uzoraka s dodatkom ekstrakta moringe od 1 i 3 %, a najduže kod kontrolnog uzorka, što je bilo i za očekivati.

Tablica 8. Vrijednosti pH kontrolnog jogurta (K) i jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1, 3 i 5 % (M1, M3 i M5) tijekom fermentacije (n = 2)

| Uzorak | Vrijeme (h) | | | | | | |
|--------|-------------|------|------|------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 4,25 | 4,5 | 5,25 |
| K | 6,05 | 6,01 | 5,56 | 5,08 | / | / | 4,66 Kraj |
| M1 | 5,99 | 5,88 | 5,13 | 4,79 | 4,66 Kraj | / | / |
| M3 | 6,03 | 5,55 | 5,08 | 4,77 | 4,67 Kraj | / | / |
| M5 | 6,05 | 5,59 | 5,06 | 4,76 | / | 4,64 Kraj | / |

Iz tablice 9 vidljivo je da uzorci s dodatkom ekstrakta moringe i kontrolni uzorak imaju slične vrijednosti pH tijekom cijelog perioda čuvanja.

Kod svih uzoraka jogurta pH vrijednost se snižava tijekom perioda čuvanja, izuzev kod uzorka jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 3 %, kod kojeg je pH vrijednost viša 28. dan hladnog čuvanja u odnosu na 21. dan.

Prema Adepoju i Selezneva (2020), do dodatnog snižavanja pH vrijednosti tijekom perioda hladnog čuvanja dolazi zbog naknadnog zakiseljavanja jogurta.

Tablica 9. Vrijednosti pH kontrolnog jogurta (K) i jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1, 3 i 5 % (M1, M3 i M5) za vrijeme hladnog skladištenja tijekom 28 dana (n = 2)

| Uzorak | Vrijeme (dani) | | | | |
|--------|----------------|------|------|------|------|
| | 1 | 7 | 14 | 21 | 28 |
| K | 4,53 | 4,49 | 4,47 | 4,39 | 4,35 |
| M1 | 4,49 | 4,44 | 4,40 | 4,32 | 4,32 |
| M3 | 4,51 | 4,40 | 4,41 | 4,33 | 4,37 |
| M5 | 4,46 | 4,44 | 4,40 | 4,31 | 4,29 |

U tablici 10 prikazani su rezultati srednjih vrijednosti titracijske kiselosti jogurta tijekom perioda čuvanja od 28 dana. Iz rezultata je vidljivo da vrijednosti titracijske kiselosti uzoraka rastu tijekom perioda čuvanja. Maksimalne vrijednosti postignute su tijekom 14. dana čuvanja kod svih uzoraka, izuzev uzorka s dodatkom ekstrakta moringe od 5 %, kod kojeg je maksimalna vrijednost titracijske kiselosti postignuta 21. dan hladnog skladištenja.

Vrijednost titracijske kiselosti kontrolnog jogurta tijekom 28 dana skladištenja je niža od titracijske kiselosti uzoraka s dodatkom ekstrakta moringe, što je bilo i za očekivati s obzirom na to da su pH vrijednosti tih uzoraka bile niže od kontrolnog uzorka.

Tablica 10. Vrijednosti °SH kontrolnog jogurta (K) i jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1, 3 i 5 % (M1, M3 i M5) za vrijeme hladnog skladištenja tijekom 28 dana (n = 2)

| Uzorak | Vrijeme (dani) | | | | |
|--------|----------------|------|------|------|------|
| | 1 | 7 | 14 | 21 | 28 |
| K | 24,6 | 35,5 | 40,5 | 35,9 | 38,4 |
| M1 | 25,8 | 37,1 | 39,4 | 37,0 | 39,5 |
| M3 | 26,0 | 37,1 | 40,2 | 36,3 | 38,2 |
| M5 | 27,4 | 35,9 | 38,5 | 42,2 | 39,4 |

4.3. MIKROBIOLOŠKA SVOJSTVA JOGURTA

U tablici 11 prikazani su rezultati mikrobiološke analize jogurta. Pokus određivanja broja poraslih kolonija *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* prvog dana nakon fermentacije za kontrolni uzorak jogurta i jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 5 % nije uspio, odnosno, rezultati nisu mogli biti očitani.

Veći broj kolonija zabilježen je kod uzorka jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1 %, u odnosu na uzorak s dodatkom ekstrakta moringe od 3 %.

Broj kolonija *Streptococcus thermophilus* prvog dana nakon fermentacije sličan je kod svih uzoraka, a najveći je kod kontrolnog uzorka. Za manji broj kolonija prisutnih u uzorcima jogurta s dodatkom ekstrakta moringe su vjerojatno odgovorni spojevi koji su prirodno prisutni u ekstraktu lišća moringe (Saad i Elkhtab, 2019). Broj kolonija *Streptococcus thermophilus* prvog dana nakon fermentacije je kod svih uzoraka veći od broja kolonija *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*.

Zadnjeg dana hladnog skladištenja broj kolonija *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* se povećao, a najveći je broj izbrojan kod uzorka jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 3 %. Zadnjeg dana hladnog skladištenja, broj kolonija *Streptococcus thermophilus* se kod kontrolnog uzorka i uzorka s dodatkom ekstrakta od 1 % smanjio, a kod uzoraka s dodatkom ekstrakta od 3 i 5 % povećao. Prema Saad i Elkhtab (2019), razlog smanjenja broja kolonija tijekom perioda od 28 dana je snižavanje pH vrijednosti. Broj poraslih kolonija *Streptococcus thermophilus* 28. dana hladnog skladištenja je kod svih uzoraka veći od broja poraslih kolonija *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* 28. dana, izuzev uzorka jogurta s dodatkom ekstrakta od 3 %.

Prema rezultatima u tablici 11, najveći broj poraslih kolonija roda *Enterobacteriaceae* zabilježen je kod uzorka jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1 %, slijedi ga kontrolni uzorak, a najmanji broj ima uzorak s dodatkom ekstrakta od 5 %. Broj poraslih kvasaca i plijesni najmanji je kod kontrolnog uzorka, a raste s povećanjem koncentracije ekstrakta moringe u uzorku jogurta, odnosno najveći je kod uzorka s dodatkom ekstrakta moringe od 5 %.

Rezultati analize svih uzoraka u skladu su sa zakonskim propisima, odnosno, jogurti su sigurni za konzumaciju i nakon 28 dana hladnog skladištenja.

Tablica 11. Prosječan broj poraslih kolonija *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* i *Streptococcus thermophilus* (log CFU mL⁻¹) 1. i 28. dana hladnog skladištenja te *Enterobacteriaceae* i kvasaca i plijesni (log CFU mL⁻¹) 28. dana hladnog skladištenja kontrolnog jogurta (K) i jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1, 3 i 5 % (M1, M3 i M5) (n = 2)

| Uzorak | <i>L. bulgaricus</i> | | <i>S. thermophilus</i> | | <i>Enterobacteriaceae</i> | Kvasci i plijesni |
|--------|----------------------|---------|------------------------|---------|---------------------------|-------------------|
| | 1. dan | 28. dan | 1. dan | 28. dan | 28. dan | 28. dan |
| K | / | 8,14 | 8,96 | 8,49 | 1,59 | 0,88 |
| M1 | 7,96 | 8,12 | 8,94 | 8,92 | 1,95 | 1,61 |
| M3 | 7,04 | 8,36 | 8,11 | 8,18 | 0,78 | 2,63 |
| M5 | / | 7,54 | 8,34 | 8,38 | 0,54 | 2,86 |

4.4. UDIO SUHE TVARI, LAKTOZE I PEPELA U JOGURTU

Udio suhe tvari u analiziranim uzorcima jogurta se neznatno promijenio tijekom skladištenja kroz 28 dana (tablica 12). Prvog dana nakon fermentacije najviši udio suhe tvari imao je uzorak jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1 %, a najniži uzorak jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 5 %.

Iz rezultata analiza provedenih 28. dana hladnog skladištenja vidljivo je da je udio suhe tvari porastao kod uzoraka s dodatkom ekstrakta moringe od 1 i 5 %, a da se smanjio kod kontrolnog uzorka te uzorka s dodatkom moringe od 3 %. Zadnjeg dana skladištenja najviši udio suhe tvari imao je uzorak s dodatkom ekstrakta moringe od 3 %.

El-Gammal i sur. (2017) su u svom istraživanju zaključili da se udio suhe tvari proporcionalno povećava s povećanjem koncentracije ekstrakta moringe, a do istog zaključka su došli i Bikheet i sur. (2021).

Udio laktoze prilikom analize sirovog mlijeka (tablica 6) iznosio je 4,3 %. Iz tablice 12 vidljivo je da se udio laktoze u svim uzorcima smanjio u odnosu na udio laktoze u sirovom mlijeku. Na kraju perioda čuvanja najmanji udio laktoze imao je kontrolni uzorak, kod kojeg se udio laktoze u odnosu na sirovo mlijeko smanjio za 60 %.

Tablica 12. Udio suhe tvari (%), laktoze (%) i pepela (%) kontrolnog jogurta (K) i jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1, 3 i 5 % (M1, M3 i M5) prvi i zadnji dan hladnog skladištenja (n = 2)

| Uzorak | Suha tvar | | Laktoza | | Pepeo | |
|--------|-----------|---------|---------|---------|--------|---------|
| | 1. dan | 28. dan | 1. dan | 28. dan | 1. dan | 28. dan |
| K | 11,73 | 11,64 | 3,17 | 1,71 | 0,95 | 0,91 |
| M1 | 11,93 | 12,02 | 2,25 | 2,62 | 0,95 | 0,93 |
| M3 | 11,39 | 11,11 | 3,55 | 3,61 | 0,91 | 0,91 |
| M5 | 11,22 | 11,23 | 2,06 | 3,01 | 0,93 | 0,90 |

Udio pepela u uzorcima jogurta se tijekom perioda hladnog skladištenja smanjio u svim uzorcima, izuzev uzorka jogurta s dodatkom moringe od 3 % koji je nepromijenjen (tablica 12).

Najviši udio pepela tijekom prvog dana nakon fermentacije imali su kontrolni uzorak te uzorak jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1 %, a najniži uzorak jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 3 %. Prema Bikheet i sur. (2021), udio pepela u jogurtu raste s povećanjem koncentracije ekstrakta moringe.

Po završetku perioda čuvanja uzoraka od 28 dana, najviši udio pepela imao je uzorak jogurta s dodatkom moringe od 1 %, kontrolni uzorak te uzorak jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 3 % imali su jednaki udio (0,91 %), a uzorak jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 5 % imao je najniži udio.

4.5. BOJA JOGURTA

Rezultati prikazani u tablici 13 predstavljaju srednje vrijednosti za ukupnu razliku obojenosti ispitivanih uzoraka u odnosu na kontrolni uzorak, koji će se analizirati prema tablici 4 u poglavlju 3.2.4.7. Uspoređujući rezultate prikazane u tablici 13, vidljivo je da se razlika između ispitivanih uzoraka u odnosu na kontrolni uzorak povećava razmjerno povećanju koncentracije dodatka ekstrakta moringe, što je u skladu s rezultatima koje su dobili i Bikheet i sur. (2021).

Tijekom perioda čuvanja, razlika između vrijednosti ΔE^* za pojedini uzorak se povećava do 14. dana čuvanja kada se naglo smanjuje i postiže najnižu vrijednost ΔE^* za svaki ispitivani uzorak.

Za uzorak jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1 % te su razlike u tragovima, kod uzorka jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 3 % razlika je mala, a kod uzorka s dodatkom ekstrakta moringe od 5 %, razlika je primjetna. Nakon 14. dana hladnog čuvanja ΔE^* opet raste u svim ispitivanim uzorcima.

Kod uzorka jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1 %, razlike koje su zabilježene se kreću od razlika u tragovima do primjetnih razlika, a maksimalna razlika je zabilježena 21. dan. Kod uzorka jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 3 %, razlike koje su zabilježene se kreću od razlika u tragovima do primjetnih razlika, a maksimalna razlika zabilježena je 7. dan. Kod uzorka jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 5 %, zabilježene razlike se kreću od malih do velikih razlika, a maksimalna razlika zabilježena je posljednji dan hladnog čuvanja te iznosi 8,62.

Kod uzorka jogurta s dodatkom moringe od 5 % zabilježene su najveće razlike u boji u odnosu na kontrolni uzorak, što je bilo za očekivati s obzirom na to da je dodana najveća koncentracija ekstrakta moringe koja je utjecala na promjenu boje jogurta.

Boja jogurta s dodatkom ekstrakta moringe je blago zelenkasta i pojačava se s povećanjem koncentracije ekstrakta u jogurtu. Ta boja bi potencijalno mogla odbiti potrošače, međutim, taj se problem može riješiti dodatkom voća ili povrća u jogurt, primjerice banane, avokada ili slatkog krumpira.

Tablica 13. Ukupna razlika obojenosti ispitivanih uzoraka jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1, 3 i 5 % (M1, M3 i M5) u odnosu na kontrolni uzorak (n = 2)

| Uzorak | Vrijeme (dani) | | | | |
|--------|----------------|------|------|------|------|
| | 1 | 7 | 14 | 21 | 28 |
| M1 | 0,30 | 1,09 | 0,05 | 2,61 | 1,66 |
| M3 | 0,55 | 2,64 | 0,22 | 1,35 | 2,35 |
| M5 | 1,52 | 3,03 | 1,22 | 3,72 | 8,62 |

4.6. REOLOŠKA SVOJSTVA JOGURTA

Na slikama 5-9 prikazano je kako se viskoznost pojedinog uzorka mijenjala tijekom perioda skladištenja od 28 dana. Iz slike 5, koja prikazuje viskoznost analiziranih uzoraka 1. dana skladištenja, vidljivo je da najmanju viskoznost ima kontrolni uzorak.

Najveću viskoznost pokazuju uzorci jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1 i 3 %, čiji se rezultati gotovo ne razlikuju, dok uzorak jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 5 % ima nešto veću viskoznost od kontrolnog uzorka.

Slika 6 prikazuje rezultate viskoznosti analiziranih uzoraka 7. dana hladnog skladištenja, iz kojih je vidljivo da su razlike između uzoraka manje u odnosu na 1. dan hladnog skladištenja. Sedmog dana najmanju viskoznost također ima kontrolni uzorak, dok uzorci s dodatkom ekstrakta moringe pokazuju približno jednake vrijednosti viskoznosti. Međutim, najvišu vrijednost viskoznosti pokazuje uzorak jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 3 %, što je u skladu s istraživanjem koje je provela Miksera (2020), gdje uzorak jogurta od kravljeg mlijeka s dodatkom ekstrakta moringe od 3 % također pokazuje najviše vrijednosti viskoznosti.

Na slici 7 prikazani su rezultati viskoznosti uzoraka analiziranih 14. dana hladnog skladištenja, koji prikazuju da najviše vrijednosti viskoznosti opet ima uzorak jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 3 %, a slijedi ga uzorak s dodatkom ekstrakta moringe od 5 %. Najniže vrijednosti viskoznosti ponovno pokazuje kontrolni uzorak, međutim vrijednosti nisu znatno manje od uzoraka s dodatkom ekstrakta moringe.

Rezultati viskoznosti analiziranih uzoraka 21. dana hladnog skladištenja prikazani su na slici 8, gdje je vidljivo da se vrijednosti viskoznosti kontrolnog uzorka naglo smanjuju te se znatno razlikuju od uzoraka s dodatkom ekstrakta moringe.

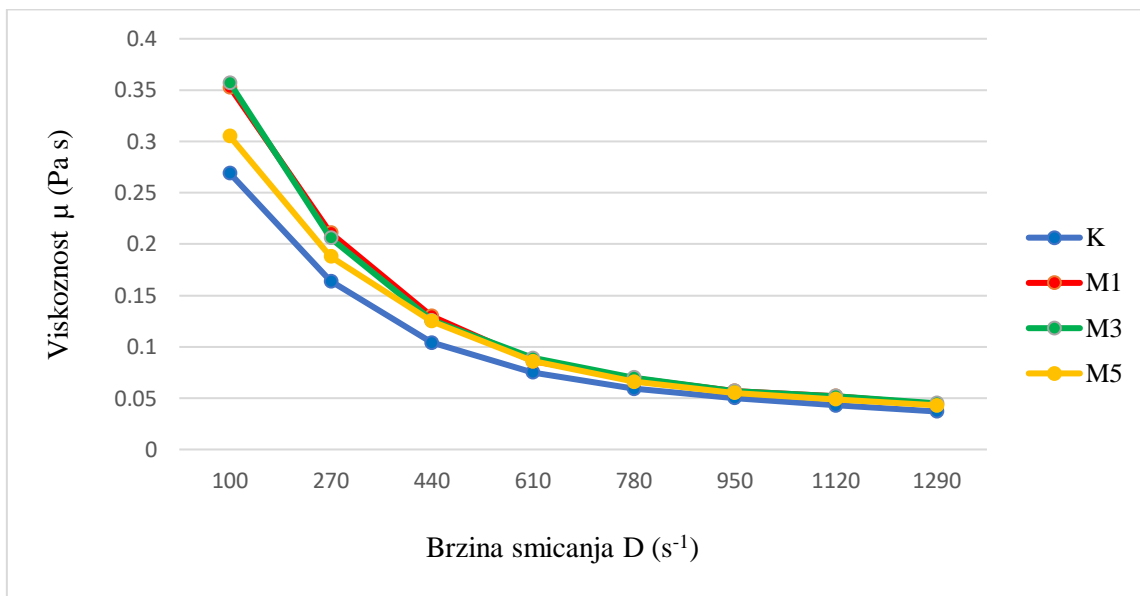
Najviše vrijednosti zabilježene su kod uzorka jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 3 %, a prati ga uzorak s dodatkom ekstrakta moringe od 1 %. Uzorak jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 5 % ima nešto niže vrijednosti od ostalih uzoraka s dodatkom ekstrakta moringe.

Iz slike 9, koja predstavlja rezultate viskoznosti uzoraka jogurta analiziranih posljednjeg dana hladnog čuvanja, vidljivo je da najviše vrijednosti pokazuje uzorak jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 3 %. Približno jednake vrijednosti pokazuje i uzorak jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1 %. Kontrolni uzorak i uzorak jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 5 % pokazuju slične rezultate, osim što kontrolni uzorak pokazuje veću viskoznost pri nižim brzinama smicanja, dok uzorak s dodatkom ekstrakta moringe od 5 % pokazuje veću viskoznost pri višim brzinama smicanja.

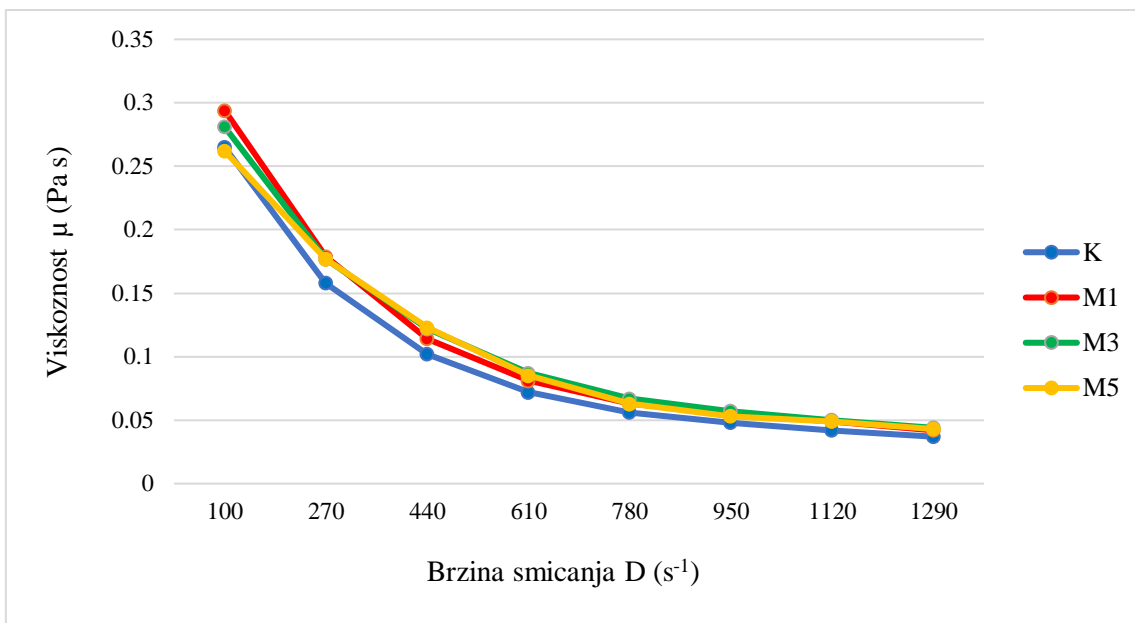
U usporedbi s kontrolnim uzorkom, uzorci jogurta s dodatkom ekstrakta moringe pokazivali su veću viskoznost, a najveću je pokazao uzorak s dodatkom ekstrakta moringe od 3 %.

Dobiveni rezultati, da su uzorci s dodatkom ekstrakta moringe pokazali veću viskoznost od kontrolnog uzorka, u skladu su s rezultatima koje su dobili Bikheet i sur. (2021), Adepoju i Selezneva (2020) te Zhang i sur. (2018). Međutim, razlike između izmjerenih vrijednosti viskoznosti uzoraka jogurta s dodatkom ekstrakta moringe i kontrolnog uzorka jogurta nisu velike.

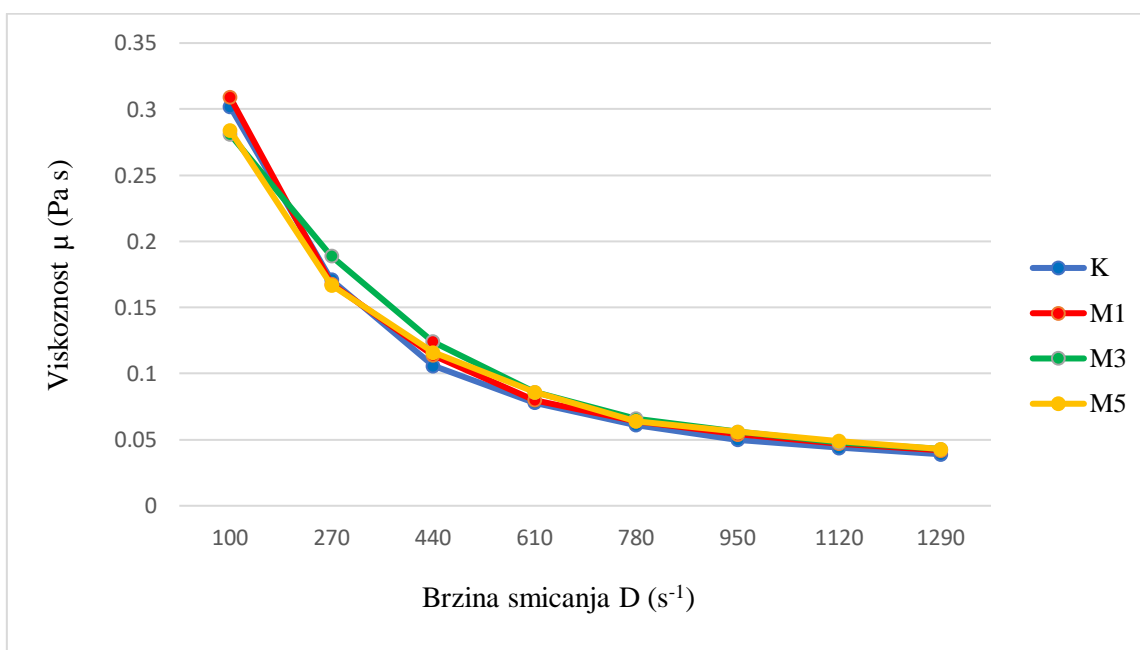
Prema rezultatima istraživanja koje je provela Miksera (2020), razlike između izmjerenih vrijednosti viskoznosti uzoraka jogurta od kravljeg mlijeka s dodatkom ekstrakta moringe i kontrolnog uzorka jogurta su znatne.



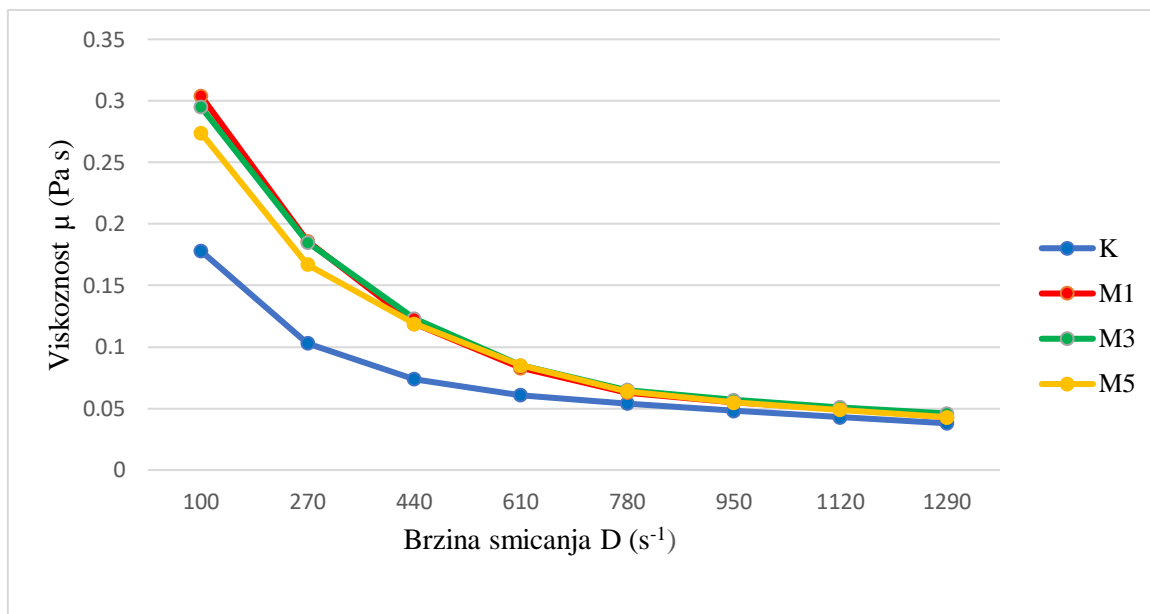
Slika 5. Grafički prikaz viskoznosti kontrolnog jogurta (K) i jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1, 3 i 5 % (M1, M3 i M5) 1. dana skladištenja (n = 2)



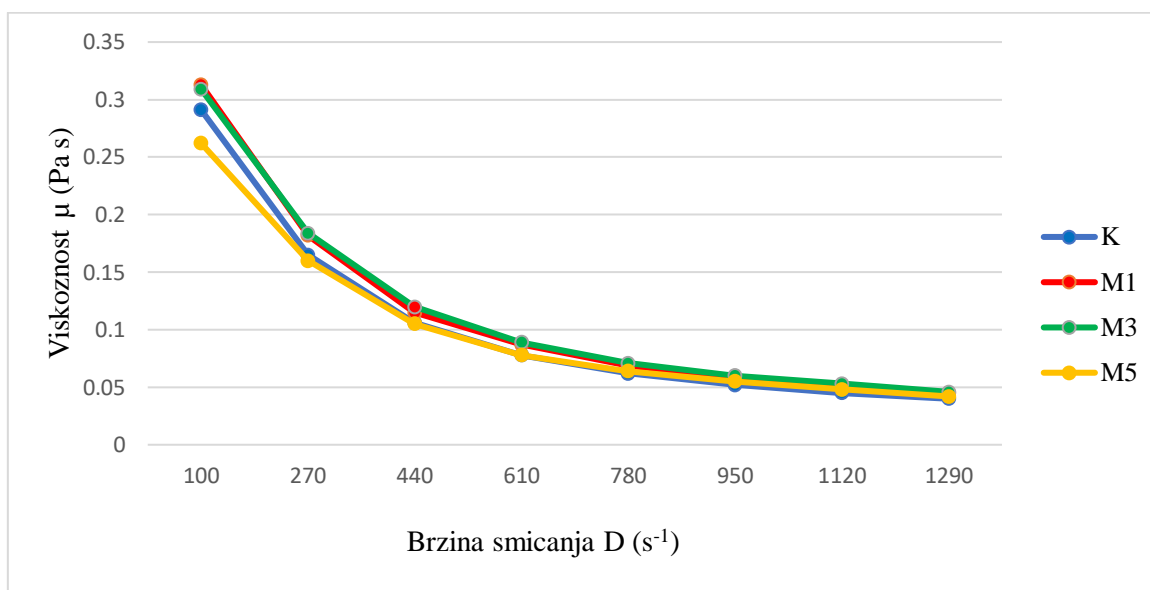
Slika 6. Grafički prikaz viskoznosti kontrolnog jogurta (K) i jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1, 3 i 5 % (M1, M3 i M5) 7. dana skladištenja (n = 2)



Slika 7. Grafički prikaz viskoznosti kontrolnog jogurta (K) i jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1, 3 i 5 % (M1, M3 i M5) 14. dana skladištenja (n = 2)



Slika 8. Grafički prikaz viskoznosti kontrolnog jogurta (K) i jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1, 3 i 5 % (M1, M3 i M5) 21. dana skladištenja (n = 2)



Slika 9. Grafički prikaz viskoznosti kontrolnog jogurta (K) i jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1, 3 i 5 % (M1, M3 i M5) 28. dana skladištenja (n = 2)

4.7. KAPACITET ZADRŽAVANJA VODE I SINEREZA JOGURTA

U tablici 14 prikazane su srednje vrijednosti kapaciteta zadržavanja vode uzoraka jogurta. Rezultati kod svih uzoraka predstavljaju relativno niske vrijednosti, a uzorci pokazuju različite trendove promjene kapaciteta zadržavanja vode tijekom perioda skladištenja.

Tijekom prvog dana najmanji kapacitet zadržavanja vode ima kontrolni uzorak, a kapacitet se povećava povećanjem udjela ekstrakta moringe.

Tijekom perioda čuvanja kapacitet zadržavanja vode u kontrolnom uzorku raste do 14. dana, nakon čega se smanjuje. Kod uzorka s dodatkom ekstrakta moringe od 1 % kapacitet zadržavanja vode raste do 7. dana, nakon čega se smanjuje, a po završetku perioda čuvanja opet raste. Kod uzoraka s dodatkom ekstrakta moringe od 3 i 5 % kapacitet zadržavanja vode raste tijekom perioda skladištenja.

Po završetku perioda čuvanja, najveći kapacitet zadržavanja vode zabilježen je kod uzorka jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 3 %, a najmanji kod uzorka jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 5 %, nakon kojeg slijedi kontrolni uzorak.

Zhang i sur. (2018) analizirali su kapacitet zadržavanja vode kod uzoraka samo prvi dan skladištenja te zaključili kako on raste s povećanjem koncentracije ekstrakta moringe u uzorku. Takvi su rezultati zabilježeni i u ovom radu tijekom prvog dana skladištenja.

El-Gammal i sur. (2017) su zabilježili porast kapaciteta zadržavanja vode u uzorcima jogurta tijekom skladištenja, koji se proporcionalno povećavao s povećanjem koncentracije ekstrakta u uzorku jogurta.

Tablica 14. Kapacitet zadržavanja vode (%) kontrolnog jogurta (K) i jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1, 3 i 5 % (M1, M3 i M5) za vrijeme hladnog skladištenja tijekom 28 dana (n = 2)

| Uzorak | Vrijeme (dani) | | | | |
|--------|----------------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 7 | 14 | 21 | 28 |
| K | 34,78 | 41,92 | 48,83 | 47,05 | 46,85 |
| M1 | 38,78 | 47,91 | 44,66 | 43,47 | 47,54 |
| M3 | 39,82 | 40,76 | 42,57 | 45,02 | 48,70 |
| M5 | 41,99 | 44,54 | 43,21 | 44,55 | 46,47 |

Tablica 15 sadrži srednje vrijednosti rezultata sinereze u analiziranim uzorcima jogurta, a iz njih je vidljivo da su vrijednosti sinereze za sve uzorke poprilično visoke. Tijekom prvog dana najvišu vrijednost sinereze imao je kontrolni uzorak (62,37 %), uzorci s dodatkom ekstrakta moringe od 1 i 3 % imali su približno jednake vrijednosti sinereze (58,16 i 58,28 %), a najnižu vrijednost imao je uzorak s dodatkom ekstrakta moringe od 5 % (56,90 %).

Vrijednosti sinereze za kontrolni uzorak su se smanjivale do 14. dana, nakon čega su počele rasti. Kod uzorka jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1 % vrijednost sinereze se smanjuje do 7. dana čuvanja, nakon čega počinje rasti.

Po završetku čuvanja (28. dan), vrijednost sinereze se opet smanjila. Vrijednost sinereze se kontinuirano smanjuje tijekom perioda hladnog skladištenja kod uzoraka jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 3 i 5 %.

Zadnjeg dana hladnog skladištenja najnižu vrijednost sinereze ima uzorak jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 3 %, a najvišu uzorak s dodatkom ekstrakta moringe od 5 %. Kontrolni uzorak i uzorak s dodatkom ekstrakta moringe od 1 % imaju slične vrijednosti sinereze.

Prema Zhang i sur. (2018), sinereza se u jogurtima s dodatkom ekstrakta moringe smanjila, što je u skladu i s dobivenim rezultatima. Međutim, Zhang i sur. (2018) bilježe značajan pad vrijednosti sinereze, od čak 21 % kod najviše korištene koncentracije ekstrakta moringe (0,2 %).

Adepoju i Selezneva (2020) također bilježe pad vrijednosti sinereze kod uzoraka obogaćenih ekstraktom moringe, u odnosu na kontrolni uzorak. Tijekom perioda čuvanja od 14 dana vrijednosti sinereze su značajno porasle te su razlike između uzoraka s dodatkom ekstrakta moringe i kontrolnog uzorka velike.

Slične rezultate dobila je i Miksera (2020) koja je zabilježila pad vrijednosti sinereze kod uzoraka jogurta dobivenih od kravljeg mlijeka, u odnosu na kontrolni uzorak.

U ovom radu razlike između kontrolnog uzorka i uzoraka s dodatkom ekstrakta moringe nisu toliko velike kao kod prethodno spomenutih istraživanja. Štoviše, maksimalna vrijednost sinereze zadnjeg dana čuvanja zabilježena je kod uzorka jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 5 %.

Tablica 15. Udio sinereze (%) kontrolnog jogurta (K) i jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1, 3 i 5 % (M1, M3 i M5) za vrijeme hladnog skladištenja tijekom 28 dana (n = 2)

| Uzorak | Vrijeme (dani) | | | | |
|--------|----------------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 7 | 14 | 21 | 28 |
| K | 62,37 | 55,68 | 49,06 | 49,98 | 50,95 |
| M1 | 58,16 | 49,99 | 53,15 | 53,99 | 50,38 |
| M3 | 58,28 | 56,88 | 54,27 | 52,32 | 49,70 |
| M5 | 56,90 | 53,49 | 53,87 | 53,07 | 51,79 |

4.8. SENZORSKE OCJENE JOGURTA

Slika 10 prikazuje rezultate senzorske analize uzoraka jogurta izražene u brojevima ponderiranih bodova. Vidljivo je kako su svi uzorci dobili maksimalan broj bodova za izgled i boju. Iako su panelisti primijetili žućkastu boju jogurta kod uzorka s dodatkom ekstrakta moringe od 5 %, u usporedbi s kontrolom, dodijeljena mu je maksimalna ocjena jer ta boja proizlazi iz dodatka veće količine ekstrakta moringe.

Kontrolni uzorak također je dobio maksimalan broj bodova i za konzistenciju, dok su uzorci jogurta s dodatkom ekstrakta moringe dobili nešto nižu ocjenu za to svojstvo. Uzorci s dodatkom ekstrakta od 3 i 5 % dobili su najniže ocjene za konzistenciju, budući da su bili najrjeđi, što je rezultat dodatka većeg volumena ekstrakta moringe u mlijeko prije fermentacije.

El-Gammal i sur. (2017) u svom su istraživanju prikazali da su svi uzorci s dodatkom ekstrakta moringe imali više ocjene za konzistenciju, u usporedbi s kontrolnim uzorkom, jer dodatak moringe povećava viskoznost jogurta.

U ovom radu uzorci s dodatkom ekstrakta moringe ocijenjeni su nižim vrijednostima u odnosu na kontrolu zbog puno veće koncentracije dodanog ekstrakta moringe (1, 3 i 5 %), u odnosu na El-Gammal i sur. (2017) (0,1; 0,2; 0,3 i 0,4 %).

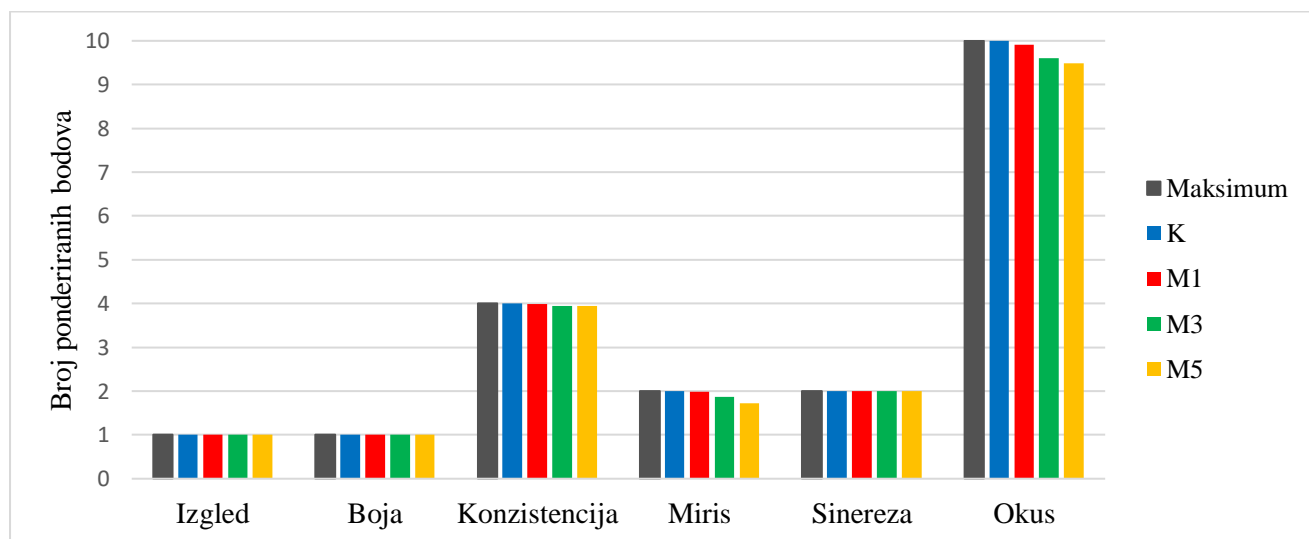
Miris kontrolnog uzorka ocijenjen je maksimalnom ocjenom, dok se ocjene za uzorke s dodatkom ekstrakta moringe smanjuju kako se povećava koncentracija dodanog ekstrakta moringe u jogurt.

Panelisti su opisali da uzorci s dodatkom ekstrakta moringe imaju miris na zeleni čaj, a osjeti se već i kod jogurta s dodatkom ekstrakta od 1 %. Najniža ocjena za miris dodijeljena je uzorku jogurta s dodatkom ekstrakta od 5 % te iznosi 1,73.

Svim ispitivanim uzorcima dana je maksimalna ocjena za sinerezu. Unatoč dobivenim visokim vrijednostima sinereze, prikazanim u tablici 15, u ispitivanim uzorcima nije bilo pojave sinereze. Razlog tome može biti taj što kozji jogurt u pravilu ne otpušta sirutku (Božanić i sur., 1998).

Kontrolni uzorak dobio je maksimalnu ocjenu za okus, a ocjene za uzorke s dodatkom ekstrakta moringe se i za ovo svojstvo smanjuju kako raste koncentracija ekstrakta u uzorku. Panelisti su primijetili da uzorci s dodatkom ekstrakta imaju jak naknadan okus, osobito uzorci s dodatkom ekstrakta od 3 i 5 %. Također su zaključili da svi uzorci s dodatkom ekstrakta imaju kiselij i slaniji okus u odnosu na kontrolni uzorak. Kiselij okus je u skladu s rezultatima pH vrijednosti prikazanim u tablici 9, a slaniji okus jogurta može potjecati od ekstrakta moringe.

U istraživanju koje je provela Miksera (2020), ocjene okusa dodijeljene kontrolnom uzorku jogurta napravljenog od kravljeg mlijeka te uzorcima jogurta obogaćenih ekstraktom moringe kreću se između 8 i 9, dok su u ovom radu sve ocjene blizu maksimalnom broju bodova za okus. Mogući razlog tome je u različitom mlijeku korištenom u pripremi jogurta. Jogurt napravljen od kravljeg mlijeka s dodatkom ekstrakta moringe ima gorak biljni okus, dok jogurt napravljen od kozjeg mlijeka ima kiseo, osvježavajući okus.



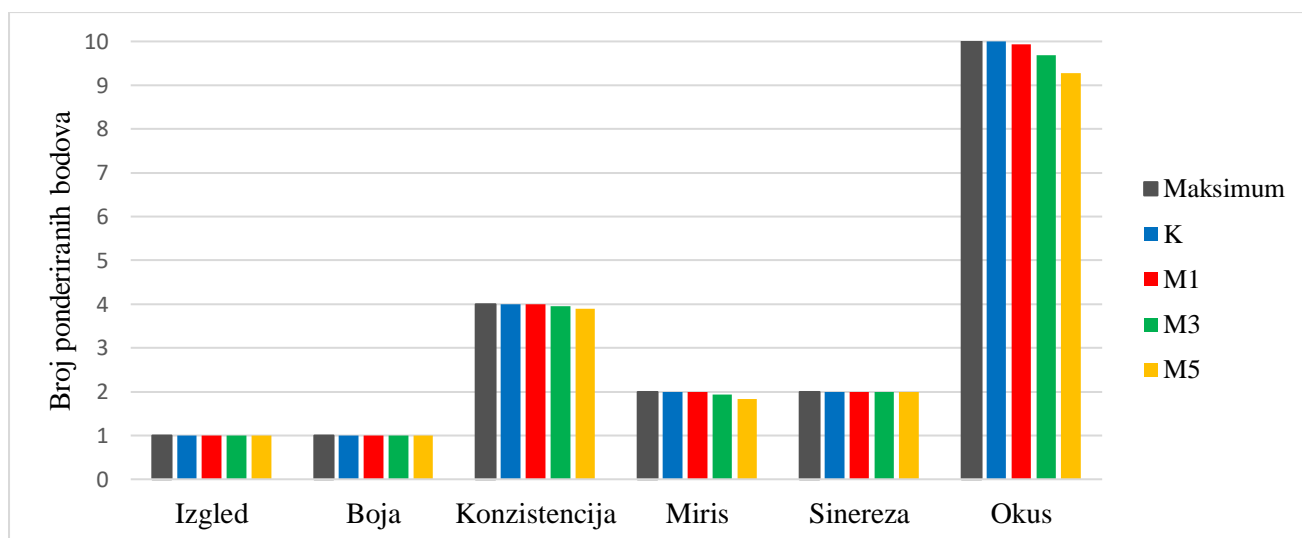
Slika 10. Senzorske ocjene kontrolnog jogurta (K) i jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1, 3 i 5 % (M1, M3 i M5) 1. dan skladištenja prema sustavu ponderiranih bodova (n = 8)

Slika 11 prikazuje senzorske ocjene uzoraka jogurta sedmog dana hladnog skladištenja, iz koje je vidljivo da su svi uzorci i sedmog dana ocijenjeni maksimalnim ocjenama za izgled i boju.

Kontrolni uzorak i dalje ima maksimalnu ocjenu za konzistenciju, a ovaj puta ima je i uzorak jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1 %. Uzorci s dodatkom ekstrakta moringe od 3 i 5 % imaju nešto niže vrijednosti konzistencije, u usporedbi s maksimalnom vrijednosti. Uzorak jogurta s dodatkom ekstrakta od 3 % je 7. dan rjeđi od ostalih ispitivanih uzoraka. Bikheet i sur. (2021) također su zabilježili niže ocjene za konzistenciju uzoraka s dodatkom ekstrakta moringe od 3 i 5 %, u odnosu na kontrolni i uzorak s dodatkom ekstrakta od 1 %.

Niti jedan uzorak nije dobio maksimalan broj bodova za miris. Kontrolni uzorak ima preslabo izražen miris koji bi trebao imati, miris svojstven kozjem mlijeku, a uzorci jogurta s dodatkom ekstrakta moringe imaju izražen nepoželjan miris svojstven za moringu. Sinereza ni 7. dan skladištenja nije prisutna niti u jednom uzorku.

Panelisti su kontrolnom uzorku 7. dana skladištenja dodijelili maksimalan broj bodova za okus (10), a uzorku jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1 % neznatno manji broj bodova (9,94). Najmanji broj bodova dodijeljen je uzorku jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 5 % (9,28), a panelisti tu ocjenu opravdavaju s previše izraženom slanoćom i kiselosti.



Slika 11. Senzorske ocjene kontrolnog jogurta (K) i jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1, 3 i 5 % (M1, M3 i M5) 7. dan skladištenja prema sustavu ponderiranih bodova (n = 8)

Na slici 12 prikazani su rezultati senzorskog ocjenjivanja uzoraka jogurta 14. dana skladištenja, koji još jednom pokazuju maksimalan broj bodova za izgled i boju svih analiziranih uzoraka.

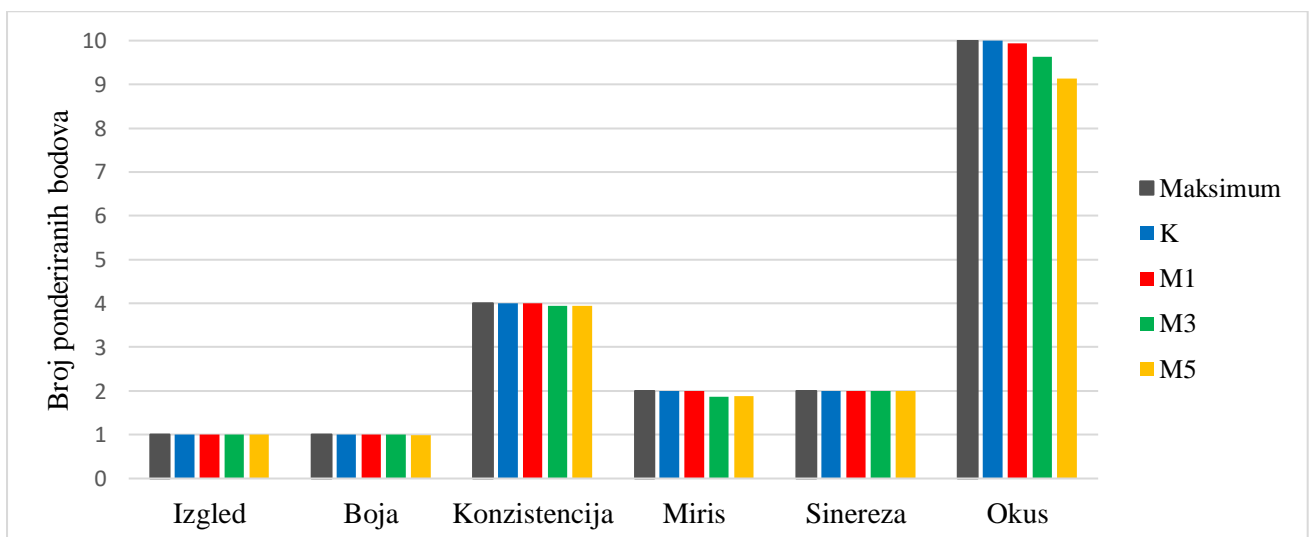
Kontrolni uzorak i uzorak jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1 % imaju maksimalnu ocjenu za konzistenciju, dok uzorci s dodatkom ekstrakta moringe od 3 i 5 % imaju nešto niže ocjene.

Panelisti su te ocjene dodijelili jer se ti uzorci razlikuju od kontrolnog uzorka i uzorka s dodatkom ekstrakta moringe od 1 %, na način da je uzorak s dodatkom ekstrakta od 3 % najgušći, a uzorak s dodatkom ekstrakta od 5 % najrjeđi. Prema El-Gammal i sur. (2017), najviše ocjene za konzistenciju dodijeljene su uzorcima s najvišom koncentracijom ekstrakta moringe, što nije u skladu s rezultatima dobivenim u ovom istraživanju. Međutim, razlika između najviših koncentracija korištenih u istraživanju El-Gammal i sur. (2017) i koncentracija korištenih u ovom istraživanju je velika.

Bikheet i sur. (2021) zabilježili su niže ocjene konzistencije za uzorke s dodatkom ekstrakta moringe od 3 i 5 %, u odnosu na kontrolni uzorak i uzorak s dodatkom ekstrakta od 1 %, što je u skladu s dobivenim rezultatima.

Kontrolnom uzorku i uzorku jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1 % dodijeljene su maksimalne ocjene za miris, a uzorcima s dodatkom ekstrakta moringe od 3 i 5 % dodijeljene su nešto niže ocjene. Sinereza nije zabilježena niti 14. dana hladnog skladištenja uzoraka.

Najviša ocjena za okus 14. dana (10) opet je dodijeljena kontrolnom uzorku, a nešto niža ocjena (9,94) dodijeljena je uzorku jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1 %. Najmanji broj bodova za okus je ponovno dodijeljen uzorku s dodatkom ekstrakta moringe od 5 % (9,13). Dobiveni rezultati u skladu su s rezultatima koje su prikazali Bikheet i sur. (2021), gdje se ocjene za okus uzoraka snižavaju povećanjem koncentracije dodatka moringe u uzorak.



Slika 12. Senzorske ocjene kontrolnog jogurta (K) i jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1, 3 i 5 % (M1, M3 i M5) 14. dan skladištenja prema sustavu ponderiranih bodova (n = 8)

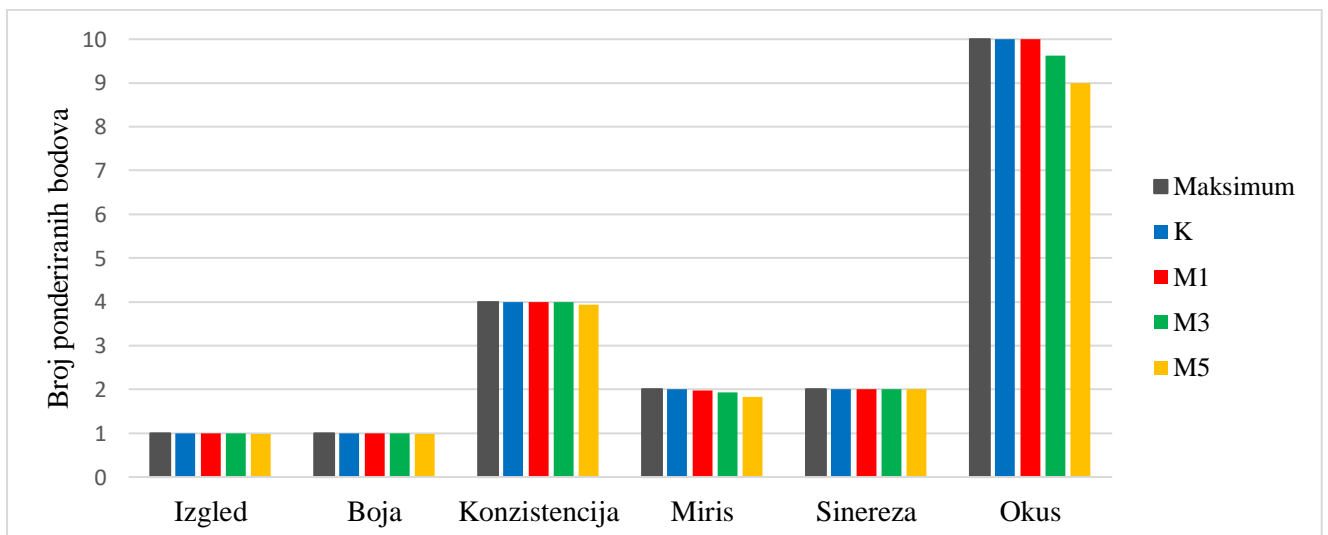
Na slici 13 prikazani su rezultati senzorske analize uzoraka jogurta 21. dana hladnog skladištenja, a iz kojih je vidljivo da su svim uzorcima dodijeljeni maksimalni bodovi za izgled i boju.

Kontrolnom uzorku te uzorcima s dodatkom ekstrakta moringe od 1 i 3 % dodijeljene su maksimalne ocjene za konzistenciju (4), dok je uzorku s dodatkom ekstrakta moringe od 5 % dodijeljena nešto niža ocjena (3,93) jer je uzorak bio rjeđi te sluzaviji u usporedbi s ostalima.

Kontrolnom uzorku dodijeljena je najviša ocjena za miris, dok su uzorcima s dodatkom ekstrakta moringe dodijeljene nešto niže ocjene, koje se snižavaju kako se povećava koncentracija ekstrakta moringe u uzorku. Iz slike 13 je vidljivo da ni 21. dan skladištenja nije primijećena sinereza.

Ocjene za okus za kontrolni uzorak i uzorak s dodatkom ekstrakta moringe od 1 % su maksimalne, ocjena za uzorak jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 3 % nešto je niža (9,63), a najniža ocjena dodijeljena je uzorku s dodatkom ekstrakta od 5 %. Panelisti su tom uzorku dodijelili najnižu ocjenu jer je imao najslaniji okus. Dobiveni rezultati nisu u skladu s rezultatima koje je opisala Miksera (2020), gdje je kontrolni uzorak ocijenjen najnižom ocjenom.

Bikheet i sur. (2021) zabilježili su rezultate koji su u skladu s rezultatima dobivenim u ovom istraživanju, odnosno, uzorak s dodatkom ekstrakta moringe od 1 % dobio je najvišu, a uzorak s dodatkom ekstrakta od 5 % najnižu ocjenu.



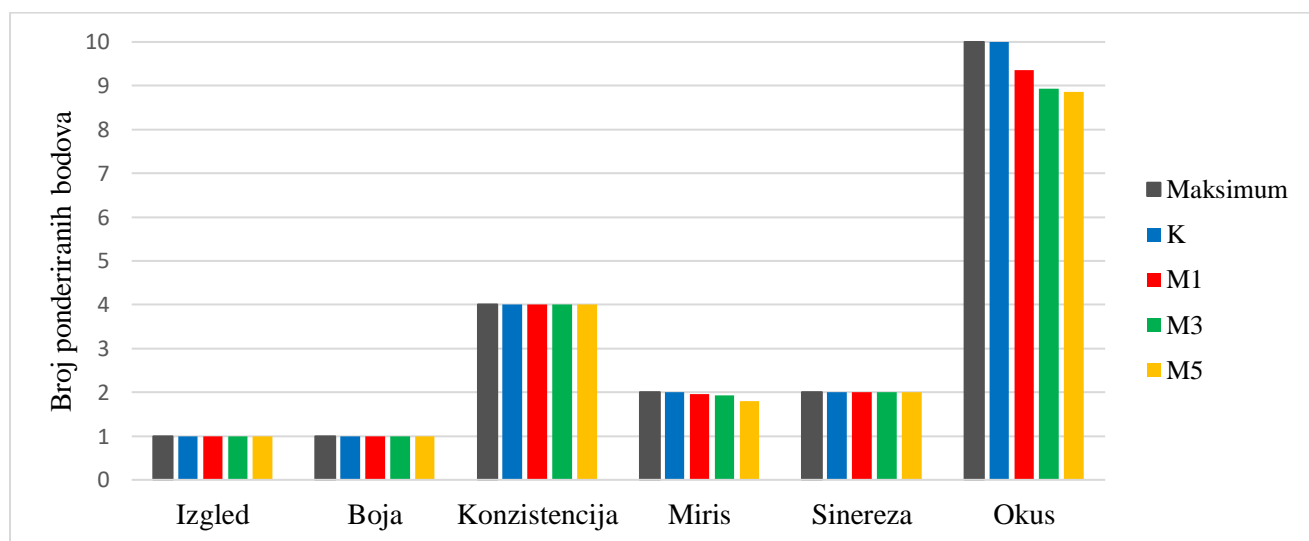
Slika 13. Senzorske ocjene kontrolnog jogurta (K) i jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1, 3 i 5 % (M1, M3 i M5) 21. dan skladištenja prema sustavu ponderiranih bodova (n = 8)

Slika 14 prikazuje rezultate senzorske analize posljednjeg dana čuvanja uzoraka jogurta. Ocjene za izgled i boju su maksimalne za sve uzorke, što je prema prethodnim rezultatima bilo i za očekivati. Ocjene za konzistenciju svih uzoraka također su maksimalne, a razlog tome je znatno gušća konzistencija uzoraka u odnosu na prethodne dane kada su uzorci bili rjeđi.

Miris kontrolnog uzorka ocijenjen je maksimalnim brojem bodova, dok su uzorci s dodatkom ekstrakta moringe ocijenjeni nešto nižim ocjenama. Broj bodova kod uzoraka s dodatkom ekstrakta se smanjuje kako raste koncentracija ekstrakta moringe u uzorku. Ti su rezultati očekivani s obzirom na to da je miris moringe izraženiji kod viših koncentracija. Sinereza nije primijećena niti posljednjeg dana skladištenja.

Posljednjeg dana čuvanja niti jedan uzorak nije dobio maksimalan broj bodova za okus. Najvišu ocjenu dobio je kontrolni uzorak, a ocjene se snižavaju kako se povećava koncentracija ekstrakta moringe u uzorku.

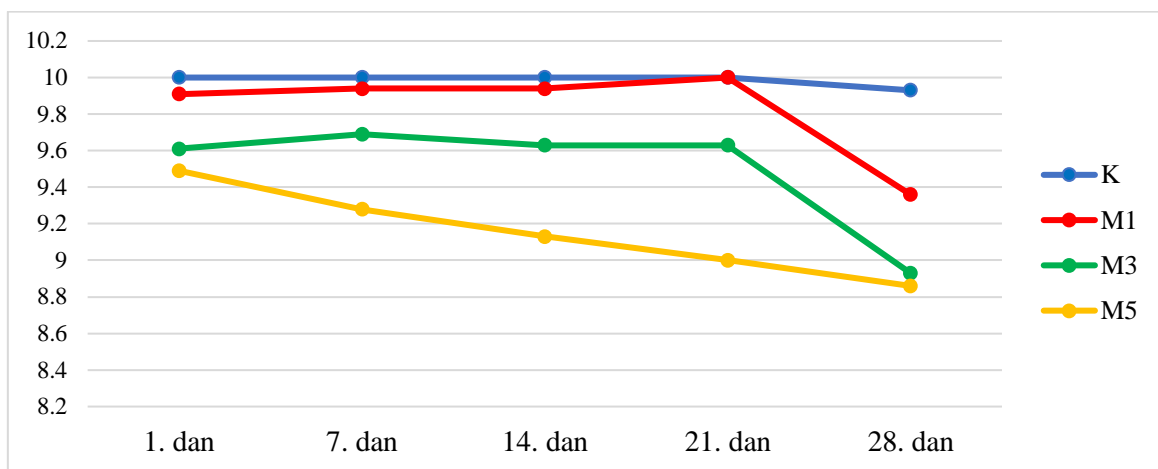
Panelisti su primijetili da su uzorci s dodatkom ekstrakta moringe s vremenom postali slaniji i kiseliji te su imali intenzivniji okus. Najkiseliji uzorci su bili uzorci s dodatkom ekstrakta moringe od 3 i 5 %.



Slika 14. Senzorske ocjene kontrolnog jogurta (K) i jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1, 3 i 5 % (M1, M3 i M5) 28. dan skladištenja prema sustavu ponderiranih bodova (n = 8)

Na slici 15 prikazano je kako su se ocjene okusa uzoraka jogurta mijenjale tijekom perioda čuvanja. Iz slike je vidljivo da su tijekom perioda čuvanja najviše ocjene dodijeljene kontrolnom uzorku, a nešto niže ocjene dodijeljene su uzorku jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1 %. Najniže ocjene dodijeljene su uzorku jogurta s dodatkom ekstrakta od 5 %. Tijekom perioda skladištenja ocjene kod svih uzoraka jogurta linearno padaju, a ocjene se snižavaju kako se povećava udio ekstrakta moringe u jogurtu.

Od uzoraka koji su obogaćeni ekstraktom moringe, najviše ocjene dobio je uzorak s dodatkom ekstrakta od 1 % jer je imao najblaži okus svojstven moringi. Također je bio i najmanje kiseo i slan, u usporedbi s uzorcima s dodatkom ekstrakta od 3 i 5 %.



Slika 15. Analiza okusa kontrolnog jogurta (K) i jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 1, 3 i 5 % (M1, M3 i M5) prema sustavu ponderiranih bodova za vrijeme hladnog skladištenja tijekom 28 dana (n = 8)

5. ZAKLJUČCI

Na osnovu provedenih postupaka i dobivenih rezultata izvedeni su sljedeći zaključci:

1. Dodatak ekstrakta lista moringe u kozje mlijeko prije fermentacije u prosjeku je skratio vrijeme fermentacije za 1 h.
2. Dodatak ekstrakta lista moringe u kozje mlijeko uzrokovao je neznatno niže pH vrijednosti te više vrijednosti °SH tijekom perioda čuvanja u odnosu na kontrolni uzorak, što je rezultat naknadnog zakiseljavanja mlijeka.
3. Boja jogurta s dodatkom ekstrakta moringe znatno se razlikovala od kontrolnog uzorka, a najviše razlike od kontrolnog uzorka zabilježene su kod jogurta s dodatkom ekstrakta moringe od 5 %.
4. Dodatak ekstrakta lista moringe u kozje mlijeko uzrokovao je malo povećanje viskoznosti tijekom perioda čuvanja u odnosu na kontrolni uzorak, a najveću viskoznost imao je uzorak s dodatkom ekstrakta moringe od 3 %.
5. Senzorske ocjene za izgled, boju i sinerezu svih uzoraka nisu se razlikovale. Ocjene su se razlikovale prilikom ocjenjivanja konzistencije, mirisa i okusa. Dodatak moringe u pravilu je snizio ocjene, a ocjene su bile niže što je više ekstrakta dodano. Razlike između kontrolnog uzorka i uzorka s dodatkom ekstrakta moringe od 1 % su zanemarive.

6. LITERATURA

Abdul Razis AF, Ibrahim MD, Kntayya SB (2014) Health Benefits of *Moringa oleifera*. *Asian Pac J Cancer Prev* **15**, 8571-8576. <http://dx.doi.org/10.7314/APJCP.2014.15.20.8571>

Adepoju FO, Selezneva IS (2020) Comparative study of yoghurt enriched with Moringa powder in different concentrations. *AIP Conf Proc* **2280**, 030001. <https://doi.org/10.1063/5.0018035>

Al- Ahwal RIH, Saleh AE, Moussa MAM (2017) The Importance of Using *Moringa Oleifera* Extract on the Quality and Nutritive Value of Yoghurt. *J Food and Dairy Sci* **8**, 237-241.

Ali Redha A, Perna S, Riva A, Petrangolini G, Peroni G, Nichetti M, i sur. (2021) Novel insights on anti-obesity potential of the miracle tree, *Moringa oleifera*: A sistematic review. *J Funct Foods* **84**, 104600. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104600>

Anonymous 1 <<https://krenizdravo.dnevnik.hr/prehrana/dodaci-prehrani/moringa-oleifera-hranjive-vrijednosti-i-ljekovita-svojtva>> Pristupljeno 12. prosinca 2021.

Anonymous 2 <<https://www.biobio.hr/moringa-prah-proizvod-24069/>> Pristupljeno 13. listopada 2021.

Antunac N, Samaržija D (2000) Proizvodnja, sastav i osobine kozjeg mlijeka. *Mljekarstvo* **50**, 53-66.

Antunac N, Samaržija D, Lukač Havranek J (2000) Hranidbena i terapijska vrijednost kozjeg mlijeka. *Mljekarstvo* **50**, 297-304.

Anwar F, Latif S, Ashraf M, Gilani AH (2006) *Moringa oleifera*: A Food Plant with Multiple Medicinal Uses. *Phytother Res* **21**, 17-25. <https://doi.org/10.1002/ptr.2023>

Bikheet MM, Yasien EE, Galal SM (2021) Preparation of Functional Yoghrt Drink Fortified with *Moringa olifera*. *J Food and Dairy Sci* **12**, 217-223. <https://doi.org/10.21608/JFDS.2021.201813>

Božanić R, Jeličić I, Bilušić T (2010) Analiza mlijeka i mliječnih proizvoda (urednik: Ranić, I.), Plejada, Zagreb.

Božanić R, Lisak Jakobović K, Barukčić I (2018) Vrste mlijeka, Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb, str. 16-33.

Božanić R, Tratnik Lj, Marić O (1998) Utjecaj kozjeg mlijeka na viskoznost i mikrobiološku kakvoću jogurta tijekom čuvanja. *Mljekarstvo* **48**, 63-74.

Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske (2021) Proizvodnja mlijeka i mliječnih proizvoda. Priopćenje 1.1.25.

Dubey DK, Dora J, Kumar A, Kumar Gulsan R (2013) A Multipurpose Tree-*Moringa oleifera*. *Int J Pharm Chem Sci* **2**, 415-423.

El-Gammal RE, Abdel-Aziz ME, Darwish MS (2017) Utilization of Aqueous Extract of *Moringa oleifera* for Production of Functional Yogurt. *J Food and Dairy Sci* **8**, 45–53.

Fahey JW (2005) *Moringa oleifera*: A Review of the Medical Evidence for Its Nutritional, Therapeutic, and Prolaphylactic Properties. Part 1. *Trees for Life Journal*. <https://www.tfljournal.org/article.php/20051201124931586>. Pristupljeno 12. prosinca 2021.

Feldhofer S, Banožić S, Antunac N (1994) Uzgoj i hranidba koza, Hrvatsko mljekarsko društvo, Zagreb, str. 195.

Filajdić M, Ritz M, Vojnović V (1988) Senzorska analiza mliječnih proizvoda. *Mljekarstvo* **38**, 295-301.

Filipović Dermit Z, Mikulec N, Bendelja Ljoljić D, Antunac N (2014) Terapijska i zdravstvena svojstva kozjeg mlijeka. *Mljekarstvo* **64**, 280-286. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2014.0407>

Gopalakrishnan L, Doriya K, Kumar DS (2016) *Moringa oleifera*: A Review on Nutritive Importance and its Medicinal Application. *Food Sci Hum Wellness* **5**, 49-56. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fshw.2016.04.001>

Konieczny P, Biadała A (2018) Goat's milk-derived bioactive components. *Mljekarstvo* **68**, 239-253. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2018.0401>

Kwasi Kpodo FM, Afoakwa EO, Amoa BB, Budu AS, Saalia FK (2014) Effect of Ingredient Variation on Microbial Acidification, Susceptibility to Syneresis, Water Holding Capacity and Viscosity of Soy-Peanut-Cow Milk Yoghurt. *J Nutri Health Food Eng* **1**, 00012.

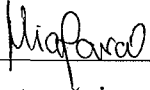
Ma ZF, Ahmad J, Zhang X, Khan I, Muhammad S (2018) Evaluation of phytochemical and medicinal properties of *Moringa oleifera* as a potential functional food. *S Afr J Bot* **129**, 40-46. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.12.002>

Mazinani M, Rude B (2020) Population, World Production and Quality of Sheep and Goat Products. *Am J of Anim Vet Sci* **15**, 291-299. <https://doi.org/10.3844/ajavsp.2020.291.299>

- McKinley MC (2005) The nutrition and health benefits of yoghurt. *Int J of Dairy Technol* **58**, 1-12. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2005.00180.x>
- Miksera I (2020) *Utjecaj moringe na fizikalno-kemijske karakteristike i fermentaciju kravljeg mlijeka* (diplomski rad), Prehrambeno-biotehnoški fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
- Mioč B, Pavić V (1991) Proizvodnja i sastav kozjeg mlijeka u usporedbi s kravljim i ovčjim. *Stočarstvo* **45**, 351-358.
- Mokrzycki W, Tatol M (2011) Color difference Delta E – A survey. *Mach Graph Vis* **20**, 403.
- Oyeyinka AT, Oyeyinka SA (2016) *Moringa oleifera* as a food fortificant: Recent trends and prospects. *J Saudi Soc Agric Sci* **17**, 127-136. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.02.002>
- Parrotta JA (2014) *Moringa oleifera*. U: Stimm B, Roloff A, Lang UM, Weisgerber H (ured.) *Enzyklopädie der Holzgewächse: Handbuch und Atlas der Dendrologie*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Petrović V, Milković M, Valdec D (2013) Komparacija karakteristika ink-jet otisaka dobivenih vodenim, solventnim i UV bojilima. *Tehnički glasnik* **7**, 191-197.
- Pravilnik (2007) Pravilnik o mlijeku i mliječnim proizvodima. Narodne novine 133, Zagreb. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2007_12_133_3798.html Pristupljeno 12. prosinca 2021.
- Pravilnik (2017) Pravilnik o utvrđivanju sastava sirovog mlijeka. Narodne novine 27, Zagreb. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_03_27_613.html Pristupljeno 4. siječnja 2022.
- Saad MA, Elkhtab ES (2019) Antimicrobial activity of *Moringa oleifera* leaves extract and its effect on the shelf life and quality of yoghurt. <https://doi.org/10.21608/JFDS.2017.38684>
- Samaržija D (2015) *Fermentirana mlijeka*, Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb
- Tratnik Lj, Božanić R (2012) *Mlijeko i mliječni proizvodi*, Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb.
- Zhang T, Jeong CH, Cheng WN, Bae H, Seo HG, Petriello MC, Han SG (2018) Moringa extract enhances the fermentative, textural, and bioactive properties of yogurt. *LWT-Food Sci Technol* **101**, 276-284. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.11.010>
- Zonji Đ (1971) Mane i nedostaci jogurta i kiselog mlijeka. *Mljekarstvo* **21**, 35-39.

IZJAVA O IZVORNOSTI

Ja (MIA PARAC) izjavljujem da je ovaj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u njegovoj izradi nisam koristila drugim izvorima, osim onih koji su u njemu navedeni.


Vlastoručni potpis