



Gimnazija Franca Miklošiča Ljutomer

PRIMERJAVA LASTNOSTI JOGURTA IZ SUROVEGA SENEGA MLEKA IN SUROVEGA KONVENCIONALNEGA MLEKA

Raziskovalna naloga iz drugih področij (prehrana)

Avtorja: **Jernej Baša in Jana Agg**
Mentorica: **Mateja Godec, prof.**
Zunanja mentorica: **Mira Domjan, univ. dipl. inž. živil. tehnol.**

Ljutomer, februar 2025

ZAHVALA

Zahvaljujeva se svoji mentorici Mateji Godec, prof. kem., za podporo, motivacijo, predanost in pomoč pri organizaciji dela ter za vse koristne nasvete med izdelavo raziskovalne naloge.

Zahvaljujeva se tudi svoji somentorici Miri Domjan, univ. dipl. inž. živil. tehnol., ki nama je pomagala s koristnimi napotki glede dela z mikrobiološkimi starter kulturami in nasveti med celotnim nastajanjem raziskovalne naloge. Hvaležna sva ji tudi za pomoč pri navezavi stika z obratom Pomurskih mlekarn v Ljutomeru.

Iskrena zahvala gre gospodu Boštjanu Koscu, ki nama je priskrbel in dostavil seneno mleko, ter ekološki kmetiji Kukenberger, ki je bila pripravljena prispevati seneno mleko za raziskovalne namene.

Prav tako sva hvaležna Lidiji Štefanec, univ. dipl. ing., ki nama je priskrbel mikrobiološke starter kulture in ponudila nadaljnjo pomoč pri delu.

Posebna zahvala gre laborantki Sonji Koroša, ki nama je vedno priskočila na pomoč pri uporabi inventarja in izvajanju eksperimentalnega dela naloge.

Hvaležna sva mag. Sašu Pergarju, prof., za lektoriranje najine raziskovalne naloge.

Zahvaljujeva se tudi ljutomerskemu obratu Pomurskih mlekarn in gospodu Dejanu Robu za prijazen sprejem in pripravljenost pomagati pri analiziranju začetnih vzorcev.

Hvala vsem okuševalcem, ki so se odzvali na najino povabilo in bili pripravljeni prispevati k natančnejšim rezultatom organoleptične analize.

Na koncu pa bi se rada zahvalila tudi vsem ostalim prijateljem ter svojim družinam za podporo in vzpodbudne besede med najinim raziskovalnim delom.

POVZETEK

V raziskovalni nalogi sva ugotavljala, kakšne so razlike med surovim senenim in surovim konvencionalnim mlekom ter med jogurtom iz senenega in konvencionalnega mleka. Po izdelavi vzorcev jogurta sva opravila meritve v šolskem laboratoriju in pri drugi meritvi organizirala organoleptično analizo vseh vzorcev jogurta s 30 prostovoljci. Vse meritve (razen organoleptične) sva ponovila dvakrat (decembra in januarja). Z različnimi laboratorijskimi analizami sva izmerila pH-vrednosti, viskoznost, vsebnosti laktoze, maščob in prisotnih kislin. Z januarsko analizo sva dobila tudi podatke o beljakovinah in suhi snovi ter dodatne informacije o maščobi in laktozi v posameznih vzorcih surovega mleka. Pri senzorični analizi so se morali okuševalci osredotočiti na aromatičnost, vonj, teksturo, kremavost, čvrstost in barvo. Jogurt iz senenega mleka se je med potrošniki izkazal za boljšega, saj so mu pri skoraj vseh kriterijih dodelili več točk. Pri laboratorijski analizi sva sicer odkrila nekaj razlik, ki pa morda niso toliko pomembne kot razlike pri organoleptični analizi. Najine ugotovitve bi lahko v prihodnosti podkrepili z dodatnimi raziskavami in širšo javnost bolj ozaveščali o izdelkih iz senenega mleka.

KLJUČNE BESEDE: surovo konvencionalno mleko, surovo seneno mleko, jogurt, laboratorijska analiza, organoleptična analiza

ABSTRACT

In our research project, we investigated the differences between raw hay milk and raw conventional milk, as well as those between yoghurt made from hay milk and conventional milk. After producing yoghurt samples, we conducted measurements in the school laboratory and, during the second measurement, organised an organoleptic analysis of all yoghurt samples including 30 volunteers. All measurements (except the organoleptic analysis) were repeated twice (in December 2024 and January 2025). Using various laboratory analyses, we measured pH values, viscosity, lactose content, fat content, and the presence of acids. The January analysis also provided data on proteins and dry matter, along with additional information on fat and lactose in individual raw milk samples. During the sensory analysis, tasters focused on aroma, smell, texture, creaminess, firmness, and colour. The yoghurt made from hay milk was rated better by consumers, as it received higher scores in almost all criteria. Although the laboratory analyses revealed some differences, they may not be as significant as those found in the organoleptic evaluation. Our findings could be further supported by additional research in the future, and greater public awareness of hay milk products could be encouraged.

KEY WORDS: raw conventional milk, raw hay milk, yoghurt, laboratory analysis, organoleptic analysis

KAZALO

ZAHVALA.....	2
POVZETEK.....	3
1. UVOD.....	8
2. TEORETIČNI DEL.....	9
2.1. Mleko.....	9
2.1.1. Kemijska sestava mleka.....	9
2.1.2. Voda.....	9
2.1.3. Beljakovine.....	10
2.1.4. Maščobe.....	12
2.1.5. Laktoza.....	14
2.1.6. Mineralne snovi.....	15
2.2. Seneno mleko.....	15
2.2.1. Značilnosti senenega mleka.....	16
2.3. Mlečnokislinska fermentacija.....	17
2.4. Jogurt.....	17
2.4.1. Značilne lastnosti čvrstega jogurta.....	18
2.4.2. Pogoste napake jogurta.....	19
2.4.3. Dejavniki ki vplivajo na kakovost jogurta.....	20
2.4.4. Proces izdelave jogurta.....	20
2.5. Bakterijske kulture.....	22
3. METODE DELA.....	23
3.1. Uporabljeni materiali in pripomočki.....	23
3.1.1. Materiali.....	23
3.1.2. Pripomočki.....	23
3.2. Potek dela priprave jogurta.....	24
3.2.1. Raztehtanje mikrobiološke kulture.....	24
3.2.2. Analiza mleka pred obdelavo.....	24
3.2.3. Pasterizacija mleka.....	25
3.2.4. Dodajanje mikrobiološke starter kulture.....	26
3.2.5. Inkubacija.....	26
3.3. Eksperimentalna analiza jogurta.....	28

3.3.1.	Titracija.....	28
3.3.2.	Viskoznost.....	29
3.3.3.	Tehtanje maščobe	29
3.3.4.	Organoleptična analiza.....	30
4.	MERITVE IN REZULTATI.....	31
4.1.	Začetne meritve v mleku	31
4.1.1.	Meritve v šolskem laboratoriju	31
4.1.2.	Meritve v laboratoriju ljutomerskega obrata Pomurskih mlekarn	31
4.2.	Rezultati eksperimentalnega dela	32
4.2.1.	pH-meter in pH-lističi	32
4.2.2.	Maščoba	34
4.2.3.	Laktoza	34
4.2.4.	Viskoznost.....	35
4.2.5.	Titracija.....	36
4.3.	Rezultati organoleptične analize	37
4.3.1.	Spol in starost	38
4.3.2.	Aromatičnost	38
4.3.3.	Vonj.....	39
4.3.4.	Tekstura	39
4.3.5.	Kremavost.....	40
4.3.6.	Čvrstost.....	40
4.3.7.	Barva.....	41
4.3.8.	Ocenjevalna lestvica	41
5.	SKLEPI.....	43
6.	VIRI IN LITERATURA.....	45
7.	PRILOGE	47

KAZALO SLIK

Slika 1: Zgradba aminokislin [3].....	10
Slika 2: Zgradba kazeinskega micela [14].....	11
Slika 3: Naravna in denaturirana oblika serumproteina [10].....	12
Slika 4: Maščobne kroglice v mleku [10].....	12
Slika 5: Razmerje sestavin mleka [14].....	13
Slika 6: Prerez maščobne kroglice [10].....	13
Slika 7: Kemijska formula triglicerida [13]	14
Slika 8: Sestava laktoze [14].....	14
Slika 9: Postopek izdelave jogurta [14]	20
Slika 10: Refraktometer	23
Slika 11: Vrečka z mikrobiološkimi starter kulturami.....	23
Slika 12: Raztehtavanje mikrobiološke starter kulture.....	24
Slika 13: Analiza mleka v ljutomerski mlekarni.....	25
Slika 14: Pasterizacija mleka	25
Slika 15: Dodajanje mikrobiološke starter kulture	26
Slika 16: Inkubacija jogurta.....	27
Slika 17: Merjenje pH s pH metrom	27
Slika 18: Inventar pred titracijo	28
Slika 19: Titracija	28
Slika 20: Lij za merjenje viskoznosti	29
Slika 21: Maščoba iz posameznih vzorcev	29
Slika 22: Pripravljeni prostor organoleptične analize.....	30
Slika 23: Potek organoleptične analize	30

KAZALO TABEL

Tabela 1: Povprečna kemijska sestava kravjega mleka [3]	9
Tabela 2: Značilne lastnosti čvrstega jogurta [3]	18
Tabela 3: Pogoste napake jogurta [3]	19
Tabela 4: Začetne meritve v šolskem laboratoriju, 1. poskus	31
Tabela 5: Začetne meritve v šolskem laboratoriju, 2. poskus	31
Tabela 6: Meritve v mlekarni, 2. poskus	31

KAZALO PRIKAZOV

Graf 1: Delež mlečne kisline v odvisnosti od časa inkubacije pri različnih kulturah [3]	17
Graf 2: pH-vrednost v odvisnosti od časa inkubacije	32
Graf 3: pH-vrednost v odvisnosti od časa inkubacije	33
Graf 4: Delež laktoze na začetku in koncu fermentacije.....	35
Graf 5: Kislinska stopnja za vse vzorce mleka	37
Graf 6: Aromatičnost – skupaj.....	38
Graf 7: Vonj – skupaj	39
Graf 8: Tekstura – skupaj.....	39
Graf 9: Kremavost – skupaj	40
Graf 10: Čvrstost – skupaj	40
Graf 11: Barva – skupaj	41
Graf 12: Povprečno število doseženih točk po kriterijih za posamezni vzorec.....	41
Graf 13: Povprečno število doseženih točk za posamezni vzorec.....	42
Infograf 1: Maščoba v gramih na 100 mL jogurta, 1. in 2. meritev [14].....	34
Infograf 2: Pretočni čas posameznih vzorcev jogurta [14].....	35
Infograf 3: Spolna sestava vseh anketirancev [14].....	38

1. UVOD

V zadnjem času je vse več pozornosti namenjene senenemu mleku, ki izvira iz govedoreje, pri kateri so krave molznice krmljene s svežo ali suho travo in določenimi krmnimi mešanicami, a brez uporabe kisane krme oz. silaže. Zaradi specifične prehrane krav ima seneno mleko drugačne kemijske in senzorične lastnosti, ki so zaželeni pri proizvodnji mlečnih izdelkov. Ker naju področje govedoreje in prireje mleka zanima, sva si zadala cilj, da preveriva razlike med mlekom iz ekološke senene reje in mlekom iz konvencionalne reje.

Za ugotavljanje razlik v mleku bova izdelala jogurt, ki je najenostavnejši fermentirani mlečni izdelek. Njegovo izdelavo nama omogoča šolski laboratorij, vzorce konvencionalnega mleka pa bova pridobila s svojih domačih kmetij. Pred izdelavo jogurta nameravamo analizirati vzorce mleka iz konvencionalne in senene reje. Iz mleka bova poskušala pripraviti vzorce jogurta, ki jih bova uporabila v svoji nadaljnji raziskavi. Želiva preveriti tudi senzorične lastnosti posameznih vzorcev in s pomočjo organoleptične ankete raziskati razlike.

Cilj najine naloge je ugotoviti razlike med konvencionalnim in senenim mlekom oz. razlike v jogurtu iz senenega in konvencionalnega mleka. Na podlagi zastavljenega cilja sva si postavila spodnje hipoteze.

- 1. Seneno mleko bo vsebovalo več laktoze kakor konvencionalno mleko.**
- 2. Mlečnokislinska fermentacija bo v senenem mleku potekala počasneje kot v konvencionalnem mleku.**
- 3. Jogurt iz senenega mleka bo imel večjo viskoznost kot jogurt iz konvencionalnega mleka.**
- 4. Jogurt iz senenega mleka bo imel drugačen okus, vonj in barvo kot jogurt iz konvencionalnega mleka.**

2. TEORETIČNI DEL

2.1. Mleko

Osnovna definicija surovega mleka pravi, da je to mleko, ki je pridobljeno z izločanjem mlečnih žlez farmsko gojenih živali in ki ni segreto na več kot 40 °C ali obdelano po drugem postopku z enakim učinkom. [1]

Z besedo mleko označujemo kravje mleko, vse druge vrste je treba dodatno poimenovati (npr. kozje, kobilje ali ovčje). Vse vrste mleka vsebujejo iste sestavine, vendar se razlikujejo po prehranskih, fizikalno-kemijskih in tehnoloških lastnostih. [2]

2.1.1. Kemijska sestava mleka

Sestava mleka niha in je odvisna od več dejavnikov, kot so npr. pasma, zdravstveno stanje, starost, dedne lastnosti in laktacijska doba goveda ter krma in letni čas. V mleku je več kot 200 različnih sestavin, med katerimi prevladujejo voda, beljakovine, maščobe, laktoza oz. mlečni sladkor in mineralne snovi. Ostale sestavine se pojavljajo v bistveno manjših deležih, kljub temu pa vplivajo na senzorične in hranilne vrednosti mleka. To so npr. vitamini, organske kisline, soli, encimi, plini, barvila in aromatične snovi. Za vse sestavine mleka razen vode in plinov uporabljamo izraz suha snov. [2]

Voda	Suha snov	Beljakovine	Maščobe	Laktoza	Mineralne snovi
87,5 %	12,5 %	3,3 %	3,8 %	4,7 %	0,7 %

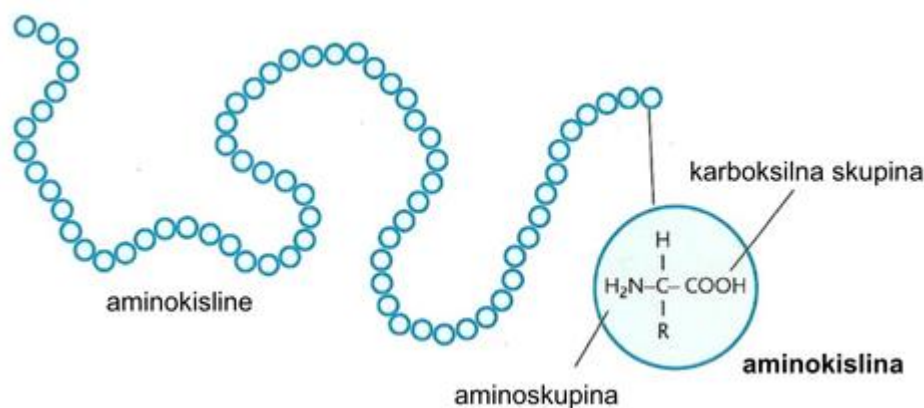
Tabela 1: Povprečna kemijska sestava kravjega mleka [3]

2.1.2. Voda

Voda predstavlja glavnino mleka, saj se njen delež v njem giblje med 86 % in 89 %. Lahko se nahaja v prosti ali vezani obliki. Večino predstavlja prosta voda, v kateri so raztopljeni mlečni sladkor, minerali in druge sestavine mleka. Od 2 % do 4 % predstavlja vezana voda, ki v obliki tankega sloja obdaja beljakovine in maščobne kroglice. Ko se ta sloj iz različnih vzrokov odstrani, se vsem omenjenim snovem spremenijo lastnosti. Beljakovine lahko koagulirajo, maščobne kroglice pa se začenejo povezovati v grozdaste strukture. [3]

2.1.3. Beljakovine

Vse beljakovine so sestavljene iz aminokislin, ki se med seboj povezujejo v dolge verige beljakovinskih molekul. Vse aminokisliline v mleku so α -aminokisliline. To pomeni, da sta na prvi ogljikov atom vedno vezani aminoskupina ($-\text{NH}_2$) in karboksilna skupina ($-\text{COOH}$). Preostali dve vezi zapolnjujeta vodik in del molekule, ki se imenuje radikal. Aminokisliline se med seboj razlikujejo samo po radikal. [4]



Slika 1: Zgradba aminokislin [3]

Beljakovine so najpomembnejša sestavina mleka. So zelo občutljive na kemijske in fizikalne vplive, zato se lahko njihova zgradba in lastnosti hitro spremenijo. V molekulah beljakovin najdemo ogljik, vodik, dušik in kisik, v nekaterih pa tudi fosfor, žveplo in druge elemente. [5]

Aminokisliline so lahko esencialne ali neesencialne. Človeško telo potrebuje obe vrsti aminokislin, le da esencialnih ni sposobno sintetizirati samo, pač pa jih mora dobiti s hrano. Zaradi mlečnih beljakovin, ki vsebujejo veliko količino teh esencialnih aminokislin, je mleko biološko visokovredno živilo. [6]

Izmed več kot 20 različnih vrst α -aminokislin so jih v mleku dokazali 18. Od tega jih je 8 esencialnih. Vključevanje mleka in mlečnih izdelkov v prehrano je torej zelo dobra rešitev, da pokrijemo potrebe organizma po teh življenjsko pomembnih aminokislinah. [5]

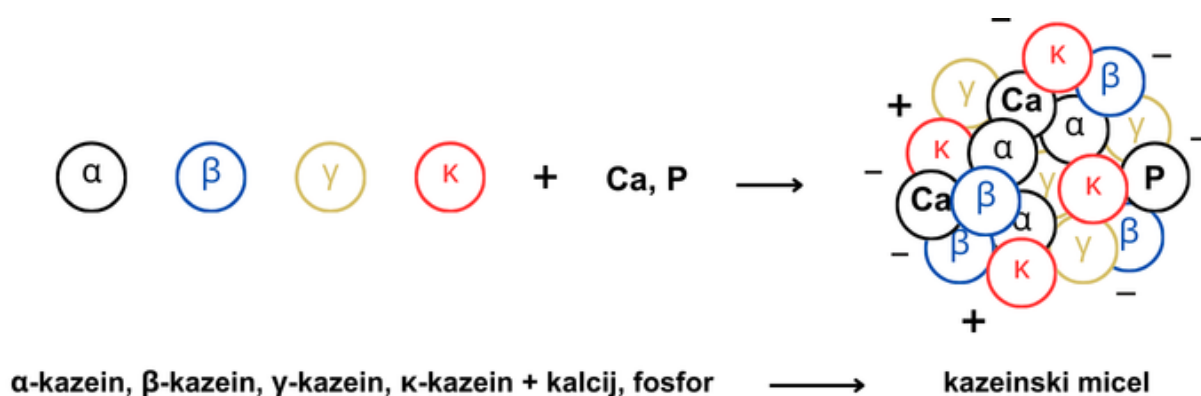
V mleku razlikujemo dve vrsti mlečnih beljakovin: kazein, ki ga je v mleku največ (približno 80 %) in sirotkine beljakovine oz. serumproteine (približno 20 %). Ti dve beljakovini se po svojih lastnostih zelo razlikujeta. [6]

Razlike se odražajo predvsem v vzroku koagulacije, torej izgube plasti vezane vode okoli beljakovinskih molekul. Vzrok za koagulacijo pri kazeinih je dodatek sirišča ali kisline, pri sirotkinih beljakovinah pa segrevanje nad 80 °C. [3]

Mleko vsebuje več kot 100 različnih beljakovin, a se jih večina pojavlja le v sledovih, zato jih ne omenjamo tako pogosto. [5]

2.1.3.1. Kazein

Sestavljen je iz več komponent, ki jih poimenujemo z grškimi črkami. Najpomembnejši so alfa, beta, gama in kapa kazein. Ko se te beljakovine med seboj povežejo, nastanejo kroglaste strukture, ki jih imenujemo kazeinski miceli. Njihov premer se giblje med 10 in 15 nm. [6]

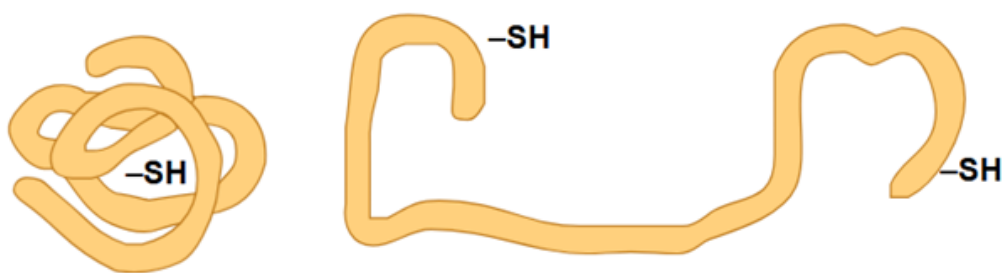


Slika 2: Zgradba kazeinskega micela [14]

Beljakovine se v kroglaste strukture povežejo s pomočjo kalcijevega fosfata ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$). Na površini kazeinskih micelov prevladuje negativen električni naboj, obdaja pa jih sloj vezane vode, ki se kasneje odlušči. Imajo rahlo kisel značaj, zato je mleko takoj po molži rahlo kislo. [3]

2.1.3.2. Sirotkine beljakovine ali serumproteini

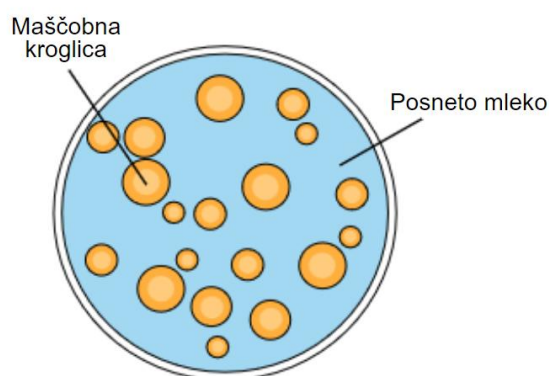
Predstavljajo 20 % vseh beljakovin v mleku in 0,6 % vseh sestavin mleka ter se pri 70 °C začnejo izločati iz sirotke. Čas izločanja se z višanjem temperature niža. Izločene beljakovine imajo veliko sposobnost vezave vode, kar izkoriščamo pri pripravi fermentiranih mlečnih izdelkov. Zaradi vezane vode bodo fermentirani mlečni izdelki čvrstjeji in sirotka se ne bo izločala. [6]



Slika 3: Naravna in denaturirana oblika serumproteina [10]

2.1.4. Maščobe

Maščoba je v mleku in mlečnih izdelkih nosilec arome in okusa. Vpliva tudi na konsistenco in teksturo mlečnih izdelkov. Takoj po molži se maščobne kapljice v mleku nahajajo v obliki emulzije. Med hlajenjem pa se te kapljice začnejo krčiti in spreminjati v maščobne kroglice, ki so lahko premera od 0,1 do 20 μm , iz emulzije pa nastaja suspenzija. Zaradi takšne velikosti maščobnih kroglic spada mlečna maščoba med najbolj spremenljive sestavine mleka. [6]



Slika 4: Maščobne kroglice v mleku [10]

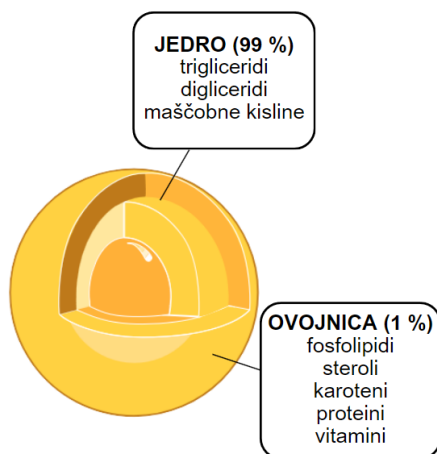
Maščobne kroglice so v primerjavi z drugimi sestavinami mleka zelo velike in predstavljajo od 2,5 % do 6 % mlečnih sestavin. Delež maščobe služi kot pomemben parameter za vrednotenje surovega mleka. Maščobne kroglice so obdane z membrano – adsorpcijskim plaščem, zaradi katerega so v mleku stabilizirane. [2]



Slika 5: Razmerje sestavin mleka [14]

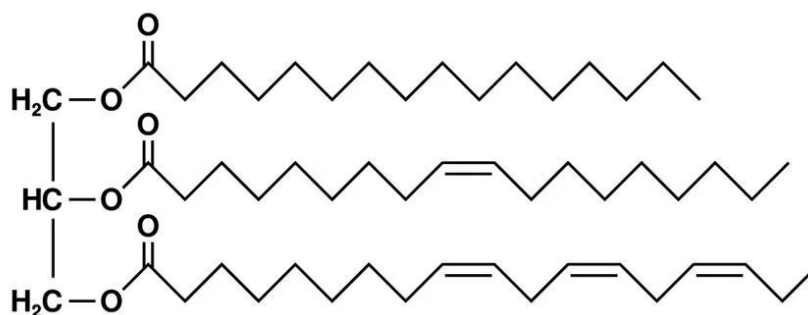
Ovojnica predstavlja 1 % vseh maščob in delno varuje maščobo pred kvarjenjem. Sestavljena je iz fosfolipidov, sterolov, karotenov ter tudi iz beljakovin in v maščobi topnih vitaminov (A, D, E in K). [3]

Membrana je lepljiva in preprečuje zlivanje posameznih maščobnih kroglic med seboj ter varuje njihovo vsebino pred encimsko razgradnjo in oksidacijo. [8]



Slika 6: Prerez maščobne kroglice [10]

V notranjosti maščobne kroglice se nahajajo gliceridi. Največ je trigliceridov, ki so estri glicerola in treh maščobnih kislin, najdemo pa tudi nekaj digliceridov in monogliceridov. [3]



Slika 7: Kemijska formula triglicerida [13]

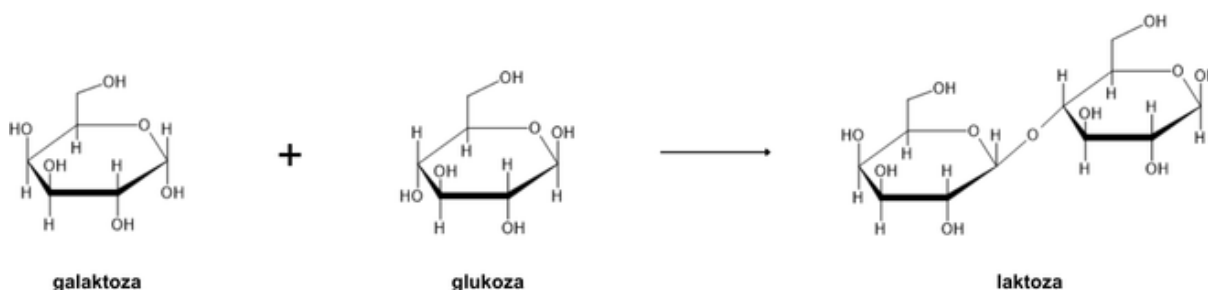
Mlečna maščoba je hitro pokvarljiva sestavina mleka. Pravimo, da postane žarka. Vzrokov za to je več, med najpogostejše pa spadajo svetloba, povišana temperatura, oksidacija in prisotnost lipaz – lipolitičnih encimov. [3]

Lipaze razgradijo trigliceride na glicerol in posamezne maščobne kisline, kar povzroči neprijeten vonj po masleni kislini in okus po žarkem. [6]

2.1.5. Laktoza

Laktoza oz. mlečni sladkor je disaharid, ki je sestavljen iz dveh enostavnih sladkorjev oz. monosaharidov, glukoze in galaktoze. Ker je mlečni sladkor petkrat manj sladek od kristalnega, mleko nima izrazito sladkega okusa. Pri predelavi mleka je vir hrane in energije za tehnološko koristne mikroorganizme, predvsem za mlečnokislinske bakterije, ki jo razgradijo. [3]

Je toplotno občutljiva sestavina mleka, ki pri višjih temperaturah delno karamelizira. Posledično laktoza vpliva na vonj, okus in barvo mleka in mlečnih izdelkov. [4]



Slika 8: Sestava laktoze [14]

2.1.6. Mineralne snovi

Mleko vsebuje več kot 40 mineralov, ki se v njem nahajajo v obliki makro- ali mikroelementov. Makroelementi so npr. kalcij, fosfor, magnezij, kalij, natrij in klor, mikroelementi pa železo, mangan, baker, cink, fluor in jod. Njihova količina je močno odvisna od krme. Največ mineralov je raztopljenih v obliki kalcijevih, kalijevih in drugih soli. Lahko se nahajajo tudi v encimih, vitaminih in ovojnicah maščobnih kroglic. [6]

2.1.6.1. Kalcij

Je najpomembnejša mineralna snov v mleku ter je pomemben za pravilno izgradnjo kosti in zob. Človek kalcij najbolje absorbira iz mleka in mlečnih izdelkov. Čvrstost koaguluma¹ pri encimski koagulaciji je odvisna od deleža v mleku raztopljenega kalcija. [3]

Kalcij je nujno potreben pri siriščnem usirjanju, zato zaradi njegovega pomanjkanja v mleku nastanejo težave pri predelavi mleka v sir. [6]

2.2. Seneno mleko

Z industrializacijo kmetijstva se je zaradi mehanizacije proizvodnja silaže (kisane krme) od 60. let prejšnjega stoletja vse bolj razširila. Tako dandanes pri proizvodnji konvencionalnega mleka večinoma srečujemo uporabo silaže, hkrati pa prihaja do krčenja kmetijstva, ki temelji na uporabi sena. Seneno mleko se proizvaja pod tradicionalnimi oz. starodavnimi pogoji prireje mleka. Za tovrstno pridelavo sta namreč značilni prepoved uporabe kisane krme, kot je silaža, ter prepoved uporabe živali in krmil, ki so v skladu z veljavno zakonodajo opredeljeni kot gensko spremenjeni. Prehrana živali se sezonsko spreminja. V zimskem času prevladuje seno, v obdobju zelene krme pa prednjačijo sveža trava in metuljnice. [1]

Dovoljena krmila pri prireji senenega mleka:

- Živali se v glavnem krmijo s svežo travo, metuljnicami in zelišči v obdobju zelene krme ter s senom v zimskem obdobju.
- Kot dopolnilna voluminozna krma se štejejo in so dopustni tudi: zelena oljna ogrščica, zelena koruza, zelena rž in krmna pesa, peleti iz sena, lucerne in koruze ter podobna krmila.
- Voluminozna krma mora v letnem obroku predstavljati vsaj 75 % suhe snovi.

¹ koagulom – snov, ki se izloča iz mleka s pomočjo snovi za usirjenje mleka

- V svoji konvencionalni tržni obliki ter v mešanica z mineralnimi snovmi, na primer otrobi, peleti itd., se lahko uporabljajo tudi naslednja žita: pšenica, ječmen, oves, tritikala, rž in koruza.
- V krmnem obroku se lahko uporabljajo tudi konjski bob, navadni grah, bel volčji bob, plodovi oljnic in moka oz. pogača, pridobljena z ekstrakcijo.

Prepovedana krmila pri prireji senenega mleka:

- Prepovedano je krmljenje s silažo (kisano krmo), vlažnim ali kisanim senom.
- Prepovedano je krmljenje s stranskimi proizvodi pivovarn, destilarn in stiskalnic sadja ter z drugimi stranskimi proizvodi živilskopredelovalne industrije, npr. z mokrimi pivskimi tropinami ali mokro pulpo. Izjema so posušena pulpa in melasa kot stranski proizvod proizvodnje sladkorja in posušena beljakovinska krma, pridobljena pri predelavi žit.
- Prepovedano je krmljenje molznic z namočenimi krmili.
- Prepovedano je krmljenja s krmili živalskega izvora (mleko, sirotka, mesno-kostna moka itd.), razen krmljenja mladih živali z mlekom in sirotko.
- Prepovedano je krmljenje z vrtnimi odpadki, odpadlim sadjem, krompirjem in sečnino. [1]

2.2.1. Značilnosti senenega mleka

Krmni obroki krav molznic do določene mere vplivajo na sestavo surovega mleka. Slednja je razvidna predvsem v sestavi maščobnih kislin in populacije mikroorganizmov. Pasterizacija mleka razlike med senenim in konvencionalnim surovim mlekom v mikrobioti izenači, kar zmanjša razlike v okusu. [11]

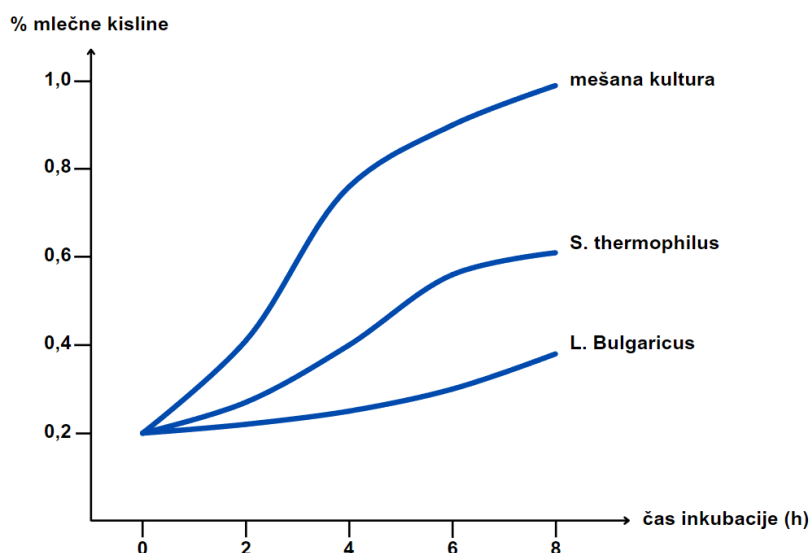
Seneno mleko vsebuje približno dvakrat več omega-3-maščobnih kislin in linolne kisline kot konvencionalno mleko. Prav tako ima boljše razmerje med omega-3- in omega-6-maščobnimi kislinami, ki so nujno potrebne in jih moramo za normalno delovanje našega telesa vnašati s hrano. V senenem mleku je prav tako ugodnejša mikrobiota za izdelovanje mlečnih izdelkov. Mleko krav, krmljenih izključno s senom in pašo, vsebuje do 300 spor bakterij Clostridium na liter, kar povzroča pozno napihovanje sirov v primerjavi s konvencionalnim mlekom, v katerem je število spor bakterij Clostridium več kot petkrat višje (več kot 1000 spor na liter mleka). Zaradi nižje vsebnosti bakterij, ki povzročajo pozno napihovanje sira, je seneno mleko cenjeno v sirarski industriji, saj se sir iz senenega mleka ne napihuje. [12]

2.3. Mlečnokislinska fermentacija

Je posledica delovanja mlečnokislinskih bakterij, ki s pomočjo svojih encimov razgradijo laktozo v mlečno kislino. Posledično so za proizvodnjo fermentiranih mlečnih izdelkov iz toplotno obdelanega mleka nujno potrebna mikrobiološka cepiva. Če uporabljamo surovo mleko, lahko računamo na to, da je nekaj bakterij že naravno prisotnih. Mlečna kislina, ki nastane, ima vpliv na:

- upočasnjeno delovanje škodljivih mikroorganizmov;
- senzorične lastnosti mleka – oblikujeta se značilen vonj in okus;
- lastnosti beljakovin mleka, ki koagulirajo in tako oblikujejo značilno strukturo končnih fermentiranih mlečnih izdelkov.

[3]



Graf 1: Delež mlečne kisline v odvisnosti od časa inkubacije pri različnih kulturah [3]

2.4. Jogurt

Je najstarejši in najbolj priljubljen fermentirani mlečni izdelek, ki ga lahko izdelamo iz vseh vrst toplotno obdelanega mleka. Dobimo ga z mlečnokislinsko fermentacijo, pri kateri se uporabljajo naslednje starterske kulture: *Lacobacillus bulgaricus* in *Streptococcus thermophilus*. Te bakterije pretvorijo mlečni sladkor v mlečno kislino in aromatične snovi, ki oblikujejo značilno strukturo, vonj in okus jogurta. [3]

Jogurt je lahko čvrsti ali tekoči. Če mu dodamo še dodatne sestavine, je lahko tudi sadni ali aromatizirani. Sadni jogurt izdelujemo iz tekočega, aromatiziranega pa bodisi iz tekočega bodisi iz čvrstega. [6]

2.4.1. Značilne lastnosti čvrstega jogurta

Glede na sestavine mleka in potek izdelave jogurta lahko pričakujemo določene senzorične lastnosti izdelka. Z njimi lahko primerjamo lastnosti svojega izdelka in ugotovimo morebitne napake oz. odstopanja. [3]

Lastnost	Opis
Videz	Lahko je čvrst ali tekoč. Površina mora biti gladka, brez zračnih mehurčkov in izstopajoče sirotke.
Barva	Mora biti bela do belo rumenkasta.
Konsistenca ²	Pri čvrstem jogurtu mora biti gladka, trdno homogena in brez izločene sirotke.
Vonj	Je značilno mlečno kiselkast po mlečni kislini in diacetilu.
Okus	Je značilen, poln in zaokrožen, kot ga oblikujeta mlečna kislina in diacetil.

Tabela 2: Značilne lastnosti čvrstega jogurta [3]

² konsistenca – gostota, sprejemljivost snovi, odvisna od razmerja tekočih in trdnih sestavnih delov

2.4.2. Pogoste napake jogurta

Vzrokov za različne napake jogurta je veliko, v spodnji preglednici so naštetje najpogostejše napake in vzroki zanje.

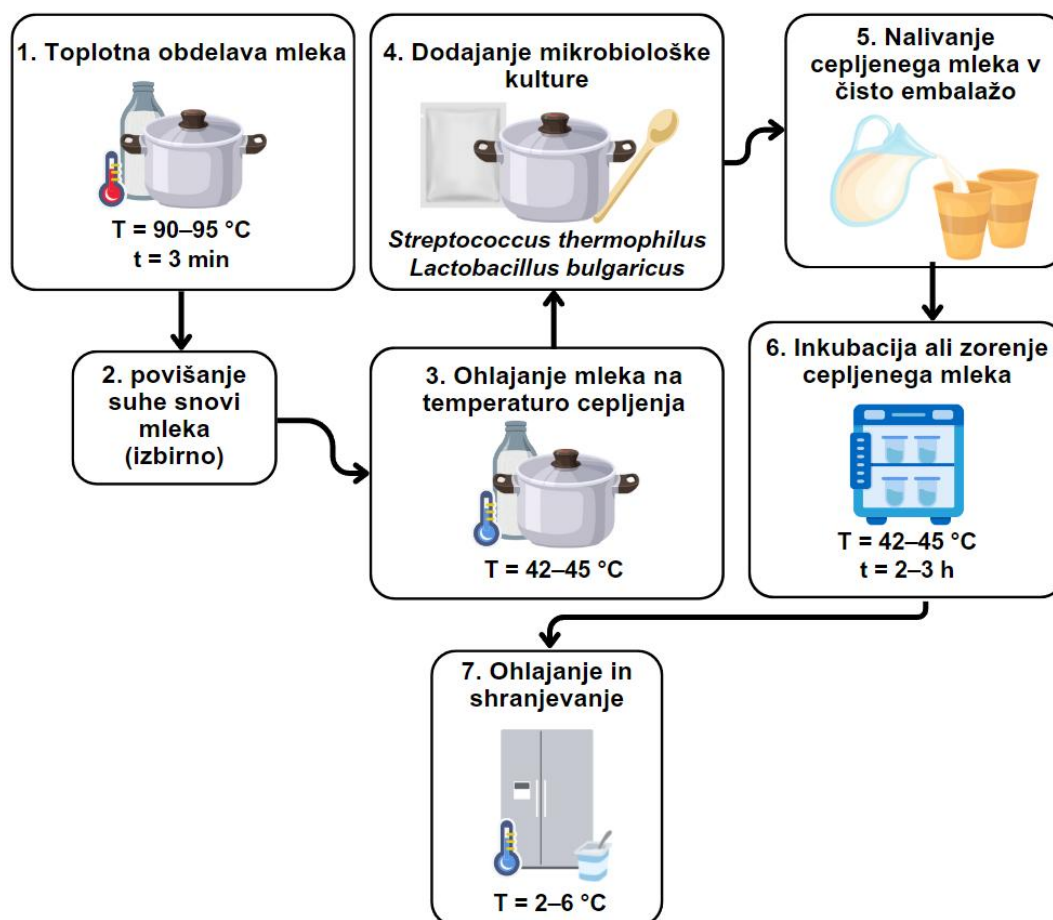
NAPAKE JOGURTA	VZROKI
Odpuščanje sirotke	<ul style="list-style-type: none">– prenizka temperatura toplotne obdelave mleka– prenizek delež suhe snovi v mleku– previsoka temperatura inkubacije– sunkoviti premiki med inkubacijo in skladiščenjem
Prepočasno naraščanje kislosti	<ul style="list-style-type: none">– prisotnost zaviralnih snovi– stare, neaktivne kulture– prenizka temperatura zorenja
Redka, tekoča konsistenca	<ul style="list-style-type: none">– prenizka temperatura toplotne obdelave mleka– prenizka temperatura inkubacije– neaktivne kulture– prenizek delež maščobe v mleku
Zrnat, grudičast jogurt	<ul style="list-style-type: none">– prehitro zakisan koagulum (preveč dodane mikrobiološke kulture ali previsoka temperatura zorenja)
Neprimerno zakisanje	<ul style="list-style-type: none">– predelava mleka s previsoko začetno okužbo (zaradi molznih strojev, neprimerne temperature itd.)
Rezek, kisel, zatrohel okus	<ul style="list-style-type: none">– stare, neaktivne kulture
Plehek, prazen okus	<ul style="list-style-type: none">– neprimerne kulture– prenizka temperatura inkubacije
Moknat, peskast okus	<ul style="list-style-type: none">– prevelika količina mleka v prahu– mleko v prahu se ni do konca raztopilo
Previsoka kislost	<ul style="list-style-type: none">– predolga inkubacija– previsoka temperatura skladiščenja– sodatno kisanje
Kvasast okus	<ul style="list-style-type: none">– okužba s kvasovkami zaradi pomanjkljivega čiščenja in razkuževanja opreme– uporaba okuženih kultur– sekundarna okužba iz zraka

Tabela 3: Pogoste napake jogurta [3]

2.4.3. Dejavniki ki vplivajo na kakovost jogurta

Na kakovost in obstojnost jogurta vpliva veliko dejavnikov, zato moramo med proizvodnim postopkom posebej nadzorovati naslednje: odbiranje mleka, standardizacijo mleka, aditive, dezodorizacijo³, homogenizacijo, toplotno obdelavo, izbiro in pripravo kulture ter opremljenost prostora, v katerem jogurt izdelujemo. [5]

2.4.4. Proces izdelave jogurta



Slika 9: Postopek izdelave jogurta [14]

2.4.4.1. Toplotna obdelava mleka – pasterizacija

Traja približno 3 minute na temperaturi od 90 do 95 °C. Med procesom fermentacije je treba mleko ves čas mešati, da mlečna maščoba ostane razporejena po celotnem mleku in da se

³ dezodorizacija – odstranjevanje neprijetnih vonjav mleka

sirotkine beljakovine ne usedejo na dno. Če je mešanje prehitro, se lahko vnese preveč zračnih mehurčkov, ki se kasneje pri jogurtu dvignejo na površino v obliki pene. [3]

S takšno temperaturo in časom uničimo patogene mikroorganizme in večino drugih mikroflor, inaktiviramo nekatere encime, izboljšamo razmere za delovanje mikrobiološke kulture, ker uničimo veliko konkurenčnih mikroorganizmov, zagotovimo večjo čvrstost koaguluma in zmanjšamo možnost izločanja sirotke. [5]

2.4.4.2. Povišanje deleža suhe snovi mleka

To je postopek, ki ga lahko izpustimo, saj ni ključen za nastanek jogurta. Bistvo je, da z dodajanjem od 2 do 3 % mleka v prahu dosežemo končni izdelek z čvrstejšim koagulumom. Mleko v prahu je treba dodati v vroče mleko (70 °C), da se to popolnoma raztopi. [3]

V tej raziskovalni nalogi je bila ta faza izdelave izpuščena.

2.4.4.3. Ohlajanje mleka na temperaturo cepljenja

Mleko je po pasterizaciji treba ohladiti na optimalno temperaturo termofilnih mlečnokislinskih bakterij za jogurt. Ta se giblje med 42 in 45 °C. To najlažje storimo s pomočjo hladne vode in z občasnim mešanjem. [3]

2.4.4.4. Dodajanje in vmešanje mikrobiološke kulture

V pripravku mikrobiološke kulture sta zastopani dve vrsti bakterij: *Lacobacillus bulgaricus* in *Streptococcus thermophilus*. Pri optimalni temperaturi in stalnem mešanju dodamo mešanico kulture. [3]

Mešamo po navodilih proizvajalca kulture tako dolgo, da se v celoti razporedi po mleku.

Lahko uporabimo tudi kupljen svež čvrsti jogurt. Pred dodatkom ga dobro premešamo in temperiramo na sobno temperaturo. Primerna količina, ki jo dodamo mleku, je od 2 do 3 %. [3]

2.4.4.5. Zorenje ali inkubacija cepljenega mleka

Po dodajanju starterske kulture cepljeno mleko nalijemo v plastični lonček, ga pokrijemo z aluminijasto folijo in prenesemo v zorilno komoro. [5]

Zorenje traja 2–3 ure na stalni temperaturi med 42 in 45 °C. Primerni prostori za ta del izdelave jogurta so inkubator, pečica, vodna kopel ipd. To fazo spremljamo vsaj z opazovanjem, najboljše

pa je, če merimo pH-vrednost. Ko dosežemo pH-vrednost 5 ali manj, je zorenje končano. Ker se koagulum do konca oblikuje še med ohlajanjem, moramo zorenje na tej točki prekiniti. [3]

2.4.4.6. Ohlajanje in shranjevanje

Med prenašanjem lončkov v hladilnik moramo paziti, da jih ne premikamo sunkovito. Da prekinemo delovanje mlečnokislinskih bakterij in s tem naraščanje kislosti, moramo lončke čim prej prenesti v hladilnik oz. na temperaturo med 2 in 6 °C. Med ohlajanjem se bodo do konca oblikovale senzorične lastnosti jogurta. [3]

2.5. Bakterijske kulture

Ker pri pasterizaciji mleka poleg patogenih uničimo tudi tehnološko koristne mikroorganizme, jih moramo za proizvodnjo fermentiranih mlečnih izdelkov dodati v obliki mikrobioloških starterskih kultur. Če proizvajamo majhno količino fermentiranega izdelka, običajno dodamo del predhodno narejenega izdelka (npr. jogurta). Pri večjih količinah mleka uporabimo industrijska mikrobiološka cepiva, ki so običajno sušene in zamrznjene mikrobiološke kulture. Če želimo dobiti kakovosten fermentiran mlečni izdelek moramo:

- mleku dodati preračunano količino starter kultur;
- po dodatku le-teh mleko vzdržujemo pri predpisani temperaturi brez nihanj (za jogurt je to od 42 do 45 °C)
- ko je izdelek narejen, ga čim prej prenesemo v hladilnik in ga ohladimo ter shranimo. Tako upočasnimo rast in delovanje starter kultur.

Ker se mlečnokislinske bakterije pri ugodnih pogojih intenzivno razmnožujejo, pretvarjajo sestavine mleka, mlečno kislino in tudi druge aromatične spojine. Te vplivajo na senzorične lastnosti izdelka. Oblikujeta se koagulum in značilna kiselkasta aroma. Mlečna kislina in visoka koncentracija mlečnokislinskih bakterij preprečita rast in delovanje patogenih mikroorganizmov. Glede na optimalno temperature delovanja razlikujemo tri vrste mlečnokislinskih bakterij.

- Mezofilne mlečnokislinske bakterije so značilne za kislo mleko in delujejo med 20 in 30 °C.
- Termofilne mlečnokislinske bakterije so primerne za izdelavo jogurta, optimalna temperatura zanje pa je 40–45 °C.
- Probiotične mlečnokislinske bakterije se uporabljajo za pripravo acidofilnega (kislega) in bifidogenega mleka ter delujejo pri temperaturi 37 °C.

Za proizvodnjo jogurta sta potrebni dve starter kulturi: *Streptococcus thermophilus* in *Lactobacillus bulgaricus* [3]

3. METODE DELA

3.1. Uporabljeni materiali in pripomočki

3.1.1. Materiali

- surovo konvencionalno mleko
- surovo seneno mleko z ekološke kmetije
- jogurtne starter kulture CHR Hansen
- 0,1 M raztopina NaOH
- indikator fenolftalein
- etanol

3.1.2. Pripomočki

- analizna tehtnica
- čaša
- plinski gorilnik
- štoparica
- pH-meter
- pH-lističi
- pipeta
- bireta
- puhalka z destilirano vodo
- trinožno stojalo
- prižema
- lij
- kapalka
- steklena palčka za mešanje
- kuhinjski valj
- spatula
- rokavice
- magnetno mešalo z grelno ploščo
- mešalni magnetki
- urno steklo
- ročni refraktometer s skalo za laktozo



Slika 10: Refraktometer



Slika 11: Vrečka z mikrobiološkimi starter kulturami

3.2. Potek dela priprave jogurta

3.2.1. Raztehtanje mikrobiološke kulture

Zaradi uporabe manjših količin mikrobioloških kultur v analizi sva morala vsebino vrečke raztehtati na manjše količine, primerne za 1 liter mleka. Vsebnost vrečke je zadostovala za 200 litrov mleka, zato sva uporabila analizno tehtnico. Kulture so bile v večjih zrnih, ki sva jih sprva zdrobila s pomočjo kuhinjskega valja. Pred odprtjem vrečke sva območje ob tehniци ustrezno sterilizirala s plinskim gorilnikom. Škarje, vrh vrečke s starter kulturo in sterilne vrečke za raztehtano količino starter kultur sva sproti razkuževala z etanolom in pri delu uporabljala rokavice. Bakterije sva tehtala na papirnatih lističih. Glede na skupno maso kultur 12,8334 g, sva za 1 liter mleka potrebovala 0,0513 g. Na koncu sva raztehtane kulture shranila v zamrzovalno skrinjo, in sicer pri temperaturi $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Slika 12: Raztehtavanje mikrobiološke starter kulture

3.2.2. Analiza mleka pred obdelavo

Pred obdelavo mleka sva preverila začetno pH-vrednost in sestavo treh vzorcev mleka, 2 vzorca surovega konvencionalnega mleka z dveh kmetij in en vzorec senenega mleka iz ekološke pridelave. Raven laktoze sva izmerila v šolskem laboratoriju z refraktometrom s skalo za laktozo v %. Zaradi pomanjkljive opreme sva mleko odnesla še na analizo v obrat Pomurskih mlekarn v Ljutomeru in tam sva dobila natančnejše podatke o ravni maščobe, beljakovin, suhe snovi in laktoze v mleku, izmerjene z napravo Milkoscan.



Slika 13: Analiza mleka v ljutomerski mlekarni

3.2.3. Pasterizacija mleka

Najprej sva pripravila tri čaše in v vsako odmerila natanko 1 l posameznega tipa mleka. Čaše z mlekom sva postavila na magnetne mešalnike z grelci in v čaše dodala mešalne magnetke, da se je mleko stalno enakomerno mešalo. Med procesom sva imela v vsakem vzorcu nastavljen termometer za sprotno spremljanje temperature. Mleko sva segrela na 90–95 °C in to temperaturo vzdrževala 5 minut. Zatem sva s pomočjo hladne vodne kopeli čaše z mlekom ohladila na temperaturo 42 °C, ki je primerna za dodajanje mikrobiološke starter kulture.



Slika 14: Pasterizacija mleka

3.2.4. Dodajanje mikrobiološke starter kulture

Čaše sva ponovno postavila na magnetne mešalnike, ki sva jih predhodno ohladila na sobno temperaturo. Pred dodajanjem kulture sva okolje ustrezno sterilizirala, škarje pa razkužila z etanolom. Po odprtju vrečke sva vsebino med stalnim mešanjem stresla v mleko. Pazila sva, da mešanje ni bilo prehitro, ker bi s tem povzročila zračne mehurčke na vrhu končnega izdelka. Z reguliranjem temperature sva ohranjala temperaturo mleka med 40 in 45 °C. Postopek je pri ustreznih pogojih trajal 45 minut.



Slika 15: Dodajanje mikrobiološke starter kulture

3.2.5. Inkubacija

Po 45 minutah sva mleko z bakterijami raztočila v lončke po 100 mL in 200 mL. Posodice sva pokrila z aluminijasto folijo, ki omogoča zatesnitev. Vse vzorce sva nato razporedila v zorilno komoro, ki je imela stalno temperaturo okoli 42 °C. Po petih urah oz. ko se je pH-vrednost spustila pod 5, sva vse vzorce prenesla v hladilnik s temperaturo 4 °C.



Slika 16: Inkubacija jogurta

3.2.5.1. Merjenje pH-vrednosti

Prvo meritev pH-vrednosti sva izvedla 45 minut po dodajanju mikrobiološke starter kulture, torej pred tem, ko sva mleko raztočila v plastične lončke. Od vsakega tipa mleka sva označila en lonček in v njem merila pH-vrednost v nadaljevanju inkubacije. Vzorce sva analizirala s pH-lističi in pH-metrom. Meritve sva izvedla enkrat po 90 minutah inkubacije in nato trikrat v razmaku 45 minut. Končno meritev sva opravila po treh dneh, ko je jogurt že popolnoma dozorel. Vse analize pH-vrednosti sva poskusila opraviti v čim krajšem času, ker je bilo pomembno, da čim boljše ohraniva ustaljeno temperaturo.



Slika 17: Merjenje pH s pH metrom

3.3. Eksperimentalna analiza jogurta

3.3.1. Titracija

Za titracijo sva iz jogurtov najprej pripravila ustrezne raztopine. V erlenmajerico sva z analizno tehtnico zatehtala 20,000 g jogurta. V vsako erlenmajerico z jogurtom sva odpipetirala 20,0 mL destilirane vode in zmes premešala s stekleno palčko. Iz vsakega vzorca jogurta sva pripravila štiri takšne raztopine in v vsako dodala tri kapljice indikatorja – fenolftaleina. Za titracijo sva uporabila 0,1 M raztopino natrijevega hidroksida in titrirala tako dolgo, da je bila rožnata barva obstojna vsaj 10 sekund. Na koncu sva izračunala povprečje štirih meritev in to uporabila tudi pri računanju kislinske stopnje po enačbi:

$$SH = a \cdot F \cdot 2$$

SH – kislinska stopnja

a – mL 0,1 M NaOH, porabljeni za nevtralizacijo 20,000 g vzorca

F – faktor raztopine NaOH s koncentracijo 0,1 mol/l



Slika 18: Inventar pred titracijo



Slika 19: Titracija

3.3.2. Viskoznost

Za merjenje viskoznosti posameznih vzorcev jogurta sva uporabila lij, ki sva ga s prižemo pritrdila na trinožno kovinsko stojalo. Z žličko sva v lij dodala eno čajno žličko jogurta in s štoparico merila pretočni čas. Lij sva po poskusu oprala, posušila in uporabila za naslednji vzorec. Pretočni čas za posamezni vzorec je bil izveden trikrat. Iz teh meritev sva izračunala povprečje, s katerim sva primerjala različne tipe jogurta.



Slika 20: Lij za merjenje viskoznosti

3.3.3. Tehtanje maščobe

Poglavitna značilnost senenega mleka je tudi drugačna sestava maščobnih kislin in s tem tudi količina maščobe. To sva z analizo pri jogurtu z lahkoto ugotovila, ker se pri mlečnokislinski fermentaciji maščoba dvigne na vrh lončka. Iz vsakega od treh vzorcev sva odstranila maščobo in jo stehtala na urnem steklu. To sva naredila za tri vzorce, da bi bile najine ugotovitve čim natančnejše. Izračunala sva povprečje meritev in jih primerjala.



Slika 21: Maščoba iz posameznih vzorcev

3.3.4. Organoleptična analiza

Zaradi drugačne vsebnosti mikrobiote in maščob je za seneno mleko značilen drugačen okus. To sva v najini raziskavi preverjala z organoleptično analizo jogurtov. Izdelala sva anketni vprašalnik, ki se nahaja v prilogi. Pripravila sva tri vzorce, ki sva jih oštevilčila. Jogurte je preizkusilo in ocenilo 30 kandidatov obeh spolov in različne starosti. Skrbela sva za uporabo vedno čistih žlic, tako da sva preizkušancem nastavila eno posodo s čistimi žlicami in drugo za odlaganje umazanih žlic. Prav tako sva jim ponudila lončke z vodo za nevtralizacijo okusa posameznega vzorca.



Slika 22: Pripravljeni prostor organoleptične analize

Pred okušanjem je vsak kandidat prejel anketni vprašalnik, ki ga je pred začetkom pregledal. Nato je dobil kozarec vode in tri žlice, ker je bilo treba za vsak vzorec jogurta uporabiti drugo žlico. Po vsakem okušanju je bilo treba nevtralizirati okus z vodo za čim večjo natančnost rezultatov. Proces sva ves čas spremljala, da ne bi prišlo do mešanja med vzorci.



Slika 23: Potek organoleptične analize

4. MERITVE IN REZULTATI

Vse poskuse in meritve sva izvedla dvakrat. Med prvo izvedbo decembra 2024 sva primerjala en vzorec konvencionalnega mleka in en vzorec senenega mleka. V meritvah in rezultatih v nadaljevanju sta vzorca označena kot »konvencionalno 1« in »seneno 1«. Ob ugotavljanju razlik med obema vrstama mleka sva želela preveriti tudi ustreznost zastavljenih poskusov. Drugič sva poskuse in meritve izvedla januarja 2025, in sicer sva pripravo jogurt in vse meritve ponovila z dvema različnima vzorcema konvencionalnega mleka in enim vzorcem senenega mleka, ki so v nadaljevanju označeni kot »konvencionalno 2«, »konvencionalno 3« in »seneno 2«. Zavedava se, da bi meritve za natančnejše rezultate morala ponoviti večkrat, vendar nama je to onemogočala težka dostopnost svežega senenega mleka. V našem okolišu se namreč nobena senena kmetija ne ukvarja z rejo z namenom pridobivanja mleka, temveč samo za meso. Vzorce senenega mleka sva prejela z ekološke kmetije Kukenberger iz Trebnjega.

4.1. Začetne meritve v mleku

4.1.1. Meritve v šolskem laboratoriju

	konvencionalno 1	seneno 1
pH-lističi	7	7
pH-meter	6,908	6,980
Delež laktoze v %	5,0	5,1

Tabela 4: Začetne meritve v šolskem laboratoriju, 1. poskus

	konvencionalno 2	konvencionalno 3	seneno 2
pH-lističi	7	7	7
pH-meter	6,811	6,792	6,900
Delež laktoze v %	4,6	4,3	4,7

Tabela 5: Začetne meritve v šolskem laboratoriju, 2. poskus

4.1.2. Meritve v laboratoriju ljutomerskega obrata Pomurskih mlekar

	konvencionalno 2	konvencionalno 3	seneno 2
Delež maščob v %	4,85	3,30	4,16
Delež beljakovin v %	3,55	3,40	3,69
Delež laktoze v %	4,72	4,31	4,87
Delež suhe snovi v %	8,46	8,33	8,94

Tabela 6: Meritve v mlekarji, 2. poskus

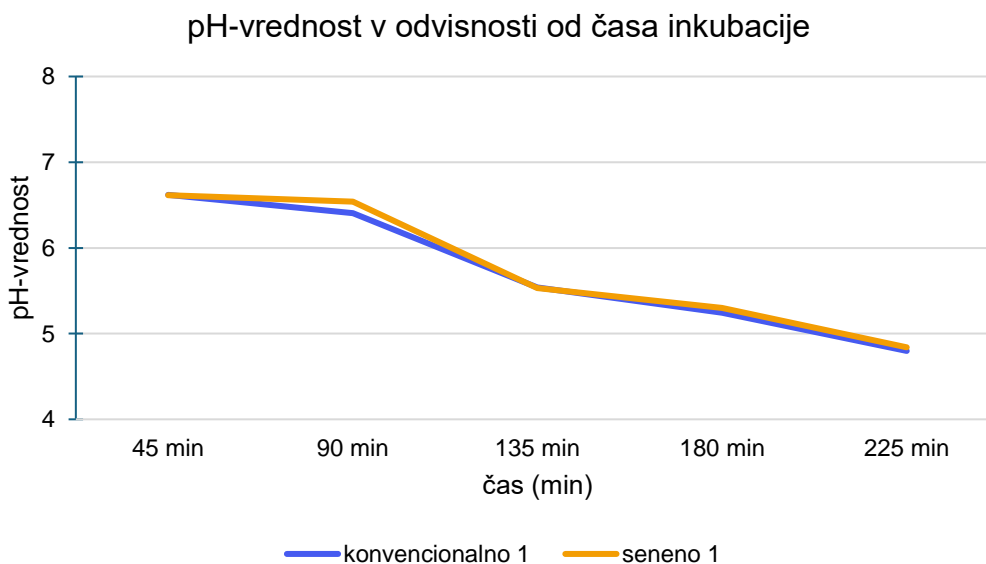
Z meritvami, izvedenimi v laboratoriju ljutomerskega obrata Pomurskih mlekarn, sva želela preveriti verodostojnost meritev šolskega refraktometra. Iz danih rezultatov lahko vidimo, da so meritve deleža laktoze, dobljene s šolskim refraktometrom, pričakovano manj natančne (natančnost refraktometra je 0,1 %) kakor meritve na napravi Milkoscan. Rezultati med meritvami v šolskem laboratoriju in meritvami na napravi Milkoscan se kljub temu ne razlikujejo bistveno, kar se sklada s teorijo. Delež laktoze v surovem senenem mleku je le malenkostno večji od deleža laktoze v vzorcih konvencionalnega mleka. Vendar se surovo seneno mleko razlikuje po deležu beljakovin in deležu suhe snovi, ki je večji od obeh vzorcev surovega konvencionalnega mleka, pa tudi delež maščob je v senenem mleku večji kakor v enem od vzorcev konvencionalnega mleka.

4.2. Rezultati eksperimentalnega dela

4.2.1. pH-meter in pH-lističi

Po dodajanju mikrobioloških starter kultur v mleko sva merila pH-vrednost v 45-minutnih intervalih.

Spodnja grafa prikazujeta spreminjanje pH-vrednosti v odvisnosti od časa inkubacije za prvo in drugo meritev posebej.

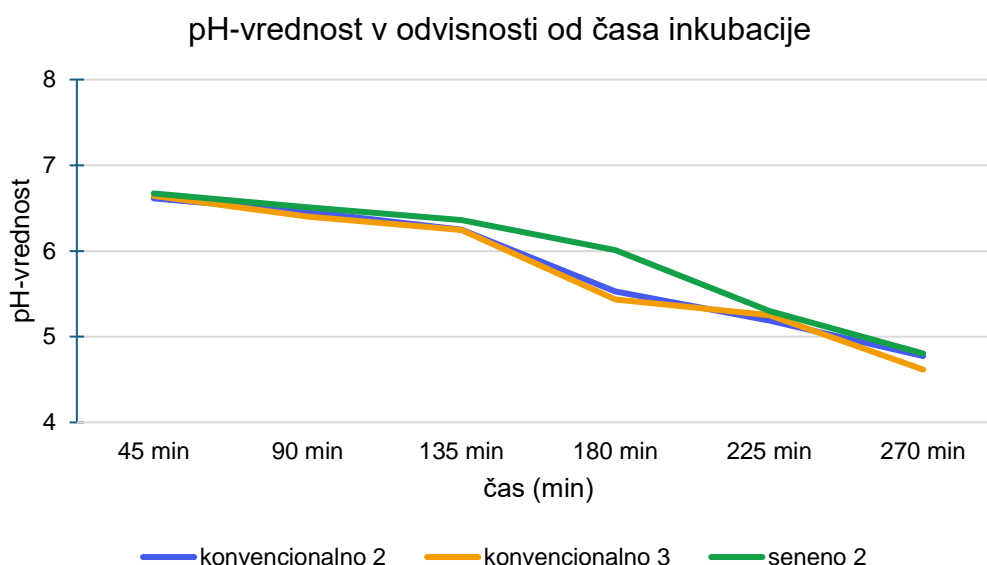


Graf 2: pH-vrednost v odvisnosti od časa inkubacije

Bistvene razlike v padanju vrednosti pH pri prvi meritvi nisva ugotovila, razen po 90 minutah inkubacije. Takrat je pH-vrednost za konvencionalno mleko znašala 4,405, za seneno pa

6,540. Pred začetkom laboratorijskih analiz sva ponovno izmerila končno vrednost pH, ki se je dokončno ustalila pri 4 °C v hladilniku. Končna vrednost pH takrat je znašala 4,753 za jogurt iz konvencionalnega mleka in 4,821 za jogurt iz senenega mleka.

Vsako meritev sva opravila tudi s pH-lističi, pri čemer so bile izmerjene vrednosti v skladu s pH-metrom, vendar so pH-lističi precej bolj natančni.



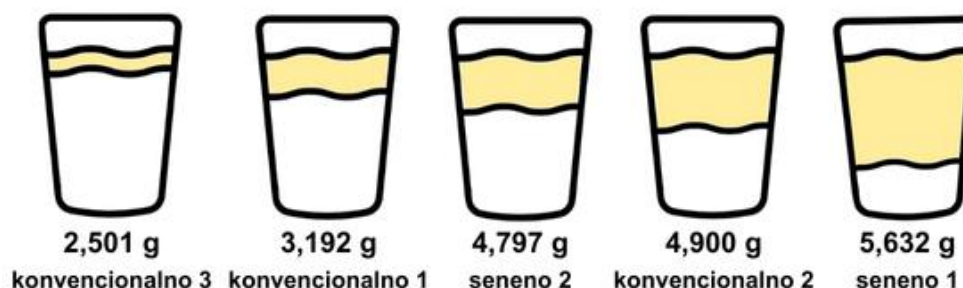
Graf 3: pH-vrednost v odvisnosti od časa inkubacije

Pri ponovitvi poskusa sva opazila različen trend padanja vrednosti pH pri senenem mleku. Ta je pri istih inkubacijskih pogojih (42 °C) padal počasneje. Po 180 minutah se je vrednost pH med konvencionalnim in senenim mlekom razlikovala za 0,484 pri prvem vzorcu konvencionalnega mleka in za 0,574 pri drugem. Kljub razlikam v sestavi vzorcev konvencionalnega mleka je pH-vrednost padala približno enako hitro, razlika po 180 minutah je bila le 0,09. Tudi pri drugi analizi sva končno pH-vrednost izmerila pred laboratorijskimi meritvami, potem ko se je ta ustalila pri 4 °C. Vrednost za prvi vzorec konvencionalnega jogurta je znašala 4,560, za drugega pa 4,493. Končna pH-vrednost za jogurt iz senenega mleka je bila 4,632. Iz tega sklepamo, da je fermentacija v senenem mleku potekala počasneje. Kljub razlikam v začetnih meritvah vzorcev iz konvencionalnega mleka razlik med padanjem vrednosti pH praktično ni bilo.

Pri drugi meritvi sva ponovno uporabila pH-lističe, tudi tokrat so bile meritve v skladu s pH-metrom.

4.2.2. Maščoba

Izmerila sva maso odbrane maščobe v vzorcu jogurta z volumnom 100 ml. Infografika prikazuje mase odbrane maščobe iz vzorcev jogurta.



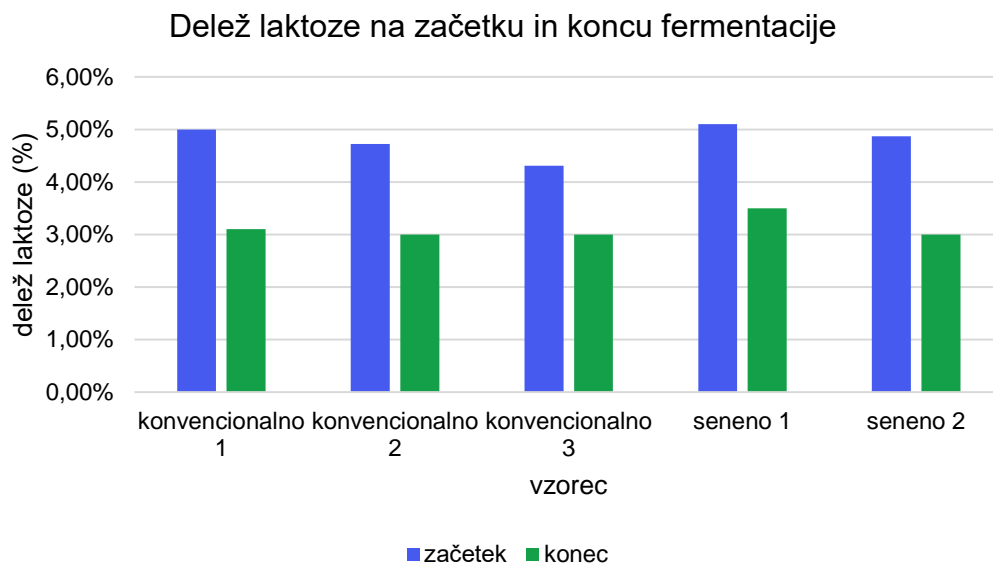
Infograf 1: Maščoba v gramih na 100 mL jogurta, 1. in 2. meritve [14]

V skladu s teorijo je imel pri večini meritev vzorec jogurta iz senenega mleka več maščobe kot jogurt iz konvencionalnega mleka. Masa maščobe prve meritve je pri jogurtu iz senenega mleka znašala 5,632 g, kar je za 2,442 g več kot pri jogurtu iz konvencionalnega mleka. Druga meritve je pokazala večje razlike med jogurtom iz konvencionalnega mleka 3 in jogurtom iz senenega mleka 2. Slednji je vseboval za 2,296 g več maščobe. Pri jogurtu iz konvencionalnega mleka 2 je bilo zaradi nadpovprečno velike vsebnosti maščobe odbranih nekaj gramov več kakor v jogurtu iz senenega mleka 2. Iz dobljenih rezultatov sklepava, da ima seneno mleko v povprečju več maščobe kot konvencionalno. Vzorec konvencionalnega mleka 2 je sicer po vseh analizah vseboval več maščobe kakor ostala dva vzorca konvencionalnega mleka. Sklepava, da na vsebnost maščobe ne vpliva izključno vrsta hrane, ampak so prisotni tudi drugi dejavniki, kot so pasma goveda, okolje, letni čas in čas odbire mleka.

Zavedava se, da je pri odbiri lahko prišlo do napak, zato sva za prikaz rezultatov vzela povprečje odbrane maščobe iz treh vzorcev jogurta.

4.2.3. Laktoza

Delež laktoze sva najprej izmerila v vseh vzorcih surovega mleka in kasneje v vzorcih jogurta po končani fermentaciji. V ljutomerskem obratu Pomurskih mlekarn sva natančneje izmerila začetni delež laktoze v vzorcih konvencionalno 2, konvencionalno 3 in seneno 2. Vse ostale meritve so bile opravljene s šolskim refraktometrom s skalo za laktozo. Spodnja grafa prikazujeta primerjavo deleža laktoze v surovem konvencionalnem in surovem senenem mleku ter vsebnost laktoze v jogurtu iz konvencionalnega in jogurtu iz senenega mleka. Graf prikazuje rezultate decembrskih in januarjskih meritev.

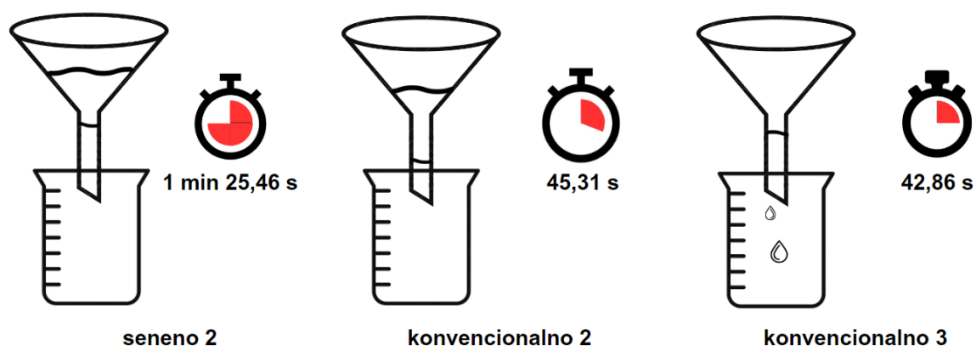


Graf 4: Delež laktoze na začetku in koncu fermentacije

Delovanje mlečnokislinskih bakterij lahko potrdiva s tem, da se je vsebnost laktoze v vseh vzorcih zmanjšala za relativno podoben delež. Končne vrednosti so bile v vseh primerih primerljive.

4.2.4. Viskoznost

Merjenje viskoznosti je bilo izvedeno tako med decembrskimi kot med januarskimi meritvami. Med decembrsko analizo sva viskoznost merila s pomočjo naklonskega kota 47 stopinj. Med opravljanjem poskusa sva ugotovila, da ta metoda dela in dobljeni rezultati niso verodostojni. Januarsko meritev sva izvedla s pomočjo merjenja pretočnega časa posameznih vzorcev skozi lij. Pri analizi sva upoštevala le rezultate druge meritve, ki jih prikazuje spodnja infografika.



Infograf 2: Pretočni čas posameznih vzorcev jogurta [14]

Med pretočnim časom drugega in tretjega vzorca jogurta iz konvencionalnega mleka ni bilo bistvenih razlik. Razlika med drugim vzorcem jogurta iz konvencionalnega mleka in jogurtom iz senenega mleka je bila 40,15 sekund. Razlika s tretjim vzorcem konvencionalnega jogurta je bila 42,60 sekunde. Jogurt iz senenega mleka je bil torej veliko bolj viskozen, kar lahko pripiševa drugačnim vrstam maščobnih kislin.

4.2.5. Titracija

V spodnjih tabelah so prikazani rezultati decembrske in januarske titracije vzorcev jogurta.

Vzorec	meritev 1	meritev 2	meritev 3	povprečje
konvencionalno 1	22,5 mL	27,0 mL	19,5 mL	23,0 mL
seneno 1	17,4 mL	19,6 mL	17,6 mL	18,2 mL

Za nevtralizacijo vzorca jogurta iz senenega mleka 1 je bilo potrebno za 4,8 mL manj baze kot za nevtralizacijo konvencionalnega vzorca jogurta 1. Jogurt iz konvencionalnega mleka 1 je torej vseboval več prostih kislin kakor vzorec iz senenega mleka 1.

vzorec	meritev 1	meritev 2	meritev 3	meritev 4	Povprečje
konvencionalno 2	23,1 mL	24,2 mL	22,5 mL	17,0 mL	23,3 mL
konvencionalno 3	18,5 mL	19,1 mL	18,8 mL	18,1 mL	18,8 mL
seneno 2	21,2 mL	21,2 mL	21,4 mL	21,7 mL	21,3 mL

Za natančnejše rezultate sva tokrat izvedla meritve s štirimi paralelkami. Pri računanju povprečja nisva upoštevala meritve z največjim odstopanjem. Poraba 0,1 M NaOH za konvencionalni vzorec 1 in 2 je bila zelo podobna. Sklepava, da je imel konvencionalni vzorec 3 manjšo porabo baze zaradi svoje sestave, ki je vidna v začetnih meritvah (predvsem zaradi manjšega deleža suhe snovi). Jogurt iz konvencionalnega mleka 2 je imel med vsemi vzorci največjo porabo baze, saj je imel tudi največ suhe snovi na začetku.

4.2.5.1. Kislinska stopnja

Spodnja grafikona ločeno prikazujeta kislinsko stopnjo decembrske in januarske meritve. Pri drugi meritvi je prikazana tudi kislinska stopnja prvega in drugega vzorca konvencionalnega mleka skupaj.



Graf 5: Kislinska stopnja za vse vzorce mleka

Kislinska stopnja jogurta iz konvencionalnega mleka 1 je bila 46 SH, kar je za 9,6 SH več kot pri jogurtu iz senenega mleka 1.

Kislinska stopnja drugega vzorca jogurta iz konvencionalnega mleka je bila, podobno kot pri decembrski meritvi, višja od kislinske stopnje jogurta iz senenega mleka. Razlika je bila 4 SH. Pri tretjem vzorcu jogurta iz konvencionalnega mleka je bila kislinska stopnja za 5 SH manjša kot pri jogurtu iz senenega mleka. Kot sva sklepala že pri titraciji, odstopanje vzorca iz konvencionalnega mleka 3 pripisujemo začetni vsebnosti suhe snovi v mleku.

4.3. Rezultati organoleptične analize

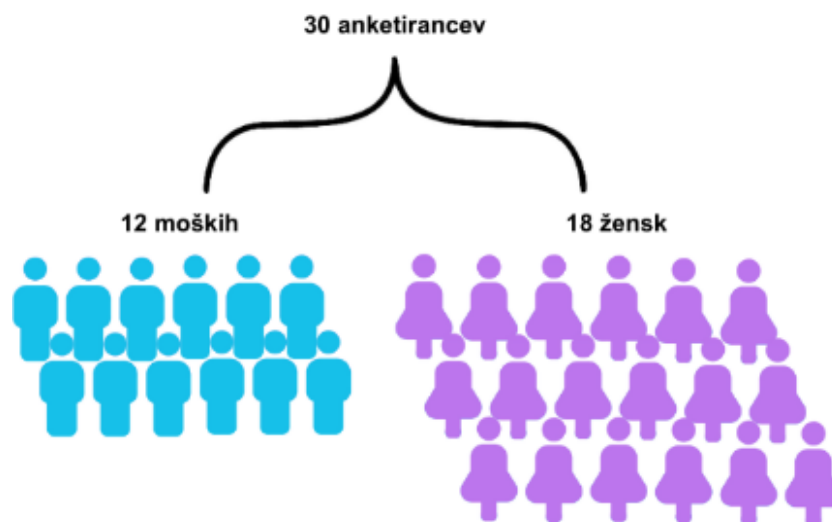
Prikazani so vzorci druge meritve, ker sva organoleptično analizo izvedla le v drugem poskusu. Na anketi za organoleptično analizo sva vzorce oštevilčila s številkami od 1 do 3, ki so predstavljale naslednje vrste jogurta:

- vzorec 1: vzorec jogurta iz konvencionalnega mleka 2;
- vzorec 2: vzorec jogurta iz konvencionalnega mleka 3;
- vzorec 3: vzorec jogurta iz senenega mleka.

Spodnji grafi prikazujejo rezultate organoleptične analize.

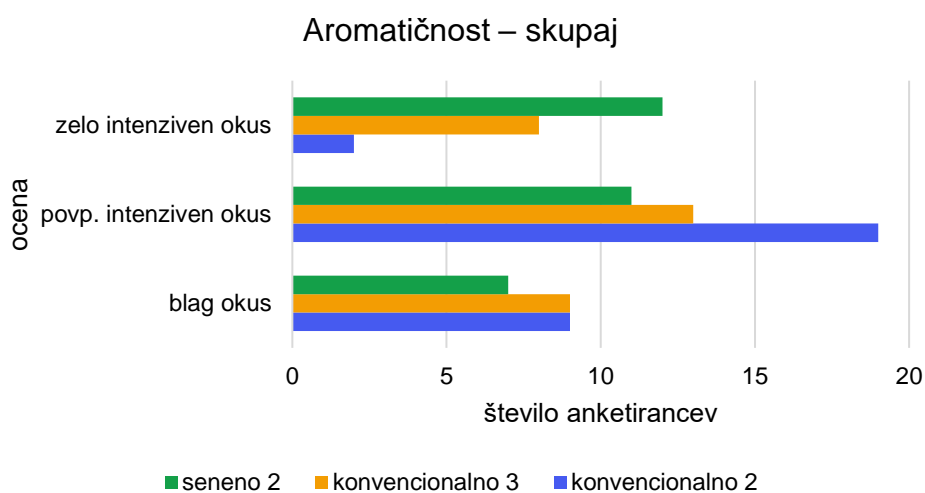
4.3.1. Spol in starost

Pri senzorični analizi je skupaj sodelovalo 30 kandidatov, od tega je bilo 40 % moških in 60 % žensk. 20 okuševalcev je bilo starih med 16 in 19 let, preostalih 10 pa je imelo 35 let ali več. Spodnji prikaz prikazuje spolno sestavo vseh anketirancev.



Infograf 3: Spolna sestava vseh anketirancev [14]

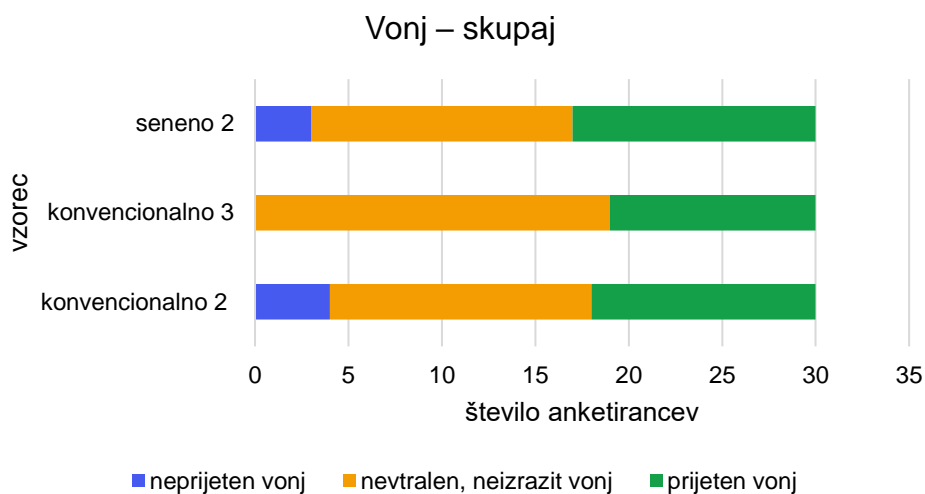
4.3.2. Aromatičnost



Graf 6: Aromatičnost – skupaj

Največ anketirancev je najintenzivnejši okus dodelilo vzorcu jogurta iz senenega mleka in najmanj jogurtu iz konvencionalnega mleka 2, ki pa mu je največ ljudi pripisalo povprečno intenziven okus.

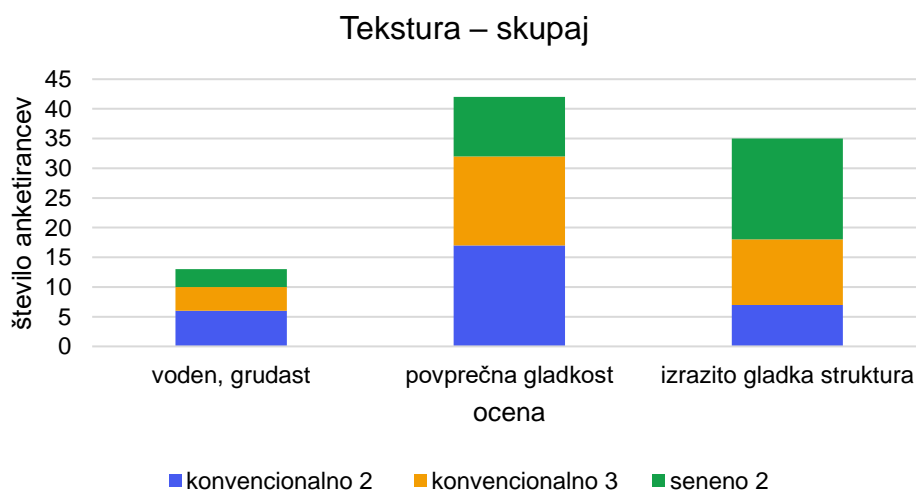
4.3.3. Vonj



Graf 7: Vonj – skupaj

Vsi vzorci mleka so večinoma imeli nevtralen, neizrazit ali prijeten vonj. Jogurtu iz konvencionalnega mleka 3 noben anketiranec ni pripisal neprijetnega vonja.

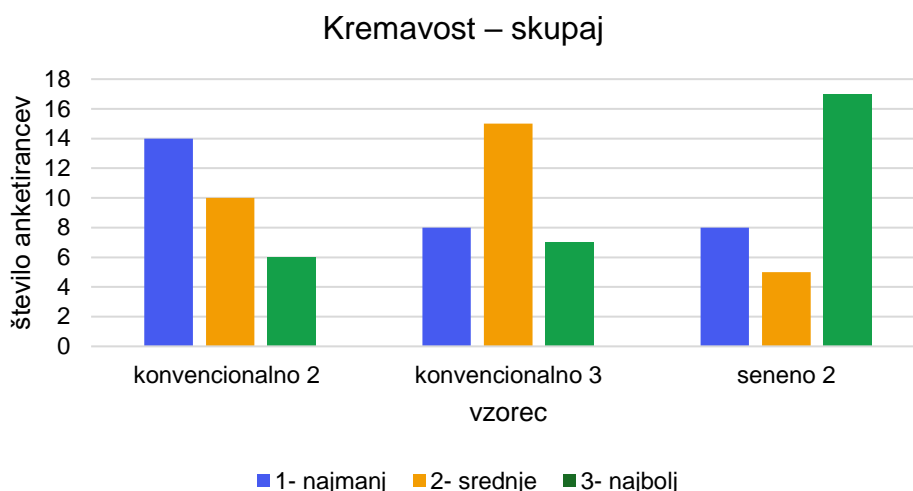
4.3.4. Tekstura



Graf 8: Tekstura – skupaj

Za vzorec jogurta iz senenega mleka 2 je največ anketirancev presodilo, da ima izrazito gladko teksturo. Preostala dva vzorca so okuševalci v večini označili kot povprečno gladka. Pri vseh treh vzorcih pa je bilo tudi nekaj anketirancev, ki so zaznali vodeno oz. grudasto teksturo.

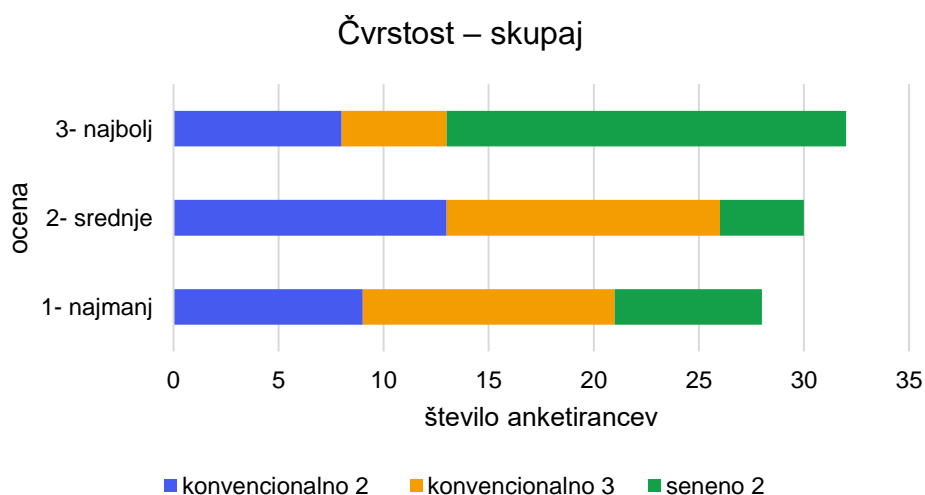
4.3.5. Kremavost



Graf 9: Kremavost – skupaj

Jogurt iz senenega mleka 2 je več kot polovica okuševalcev (57 %) označila kot najbolj kremastega. Najmanj kremast se je 47 % anketirancem zdel jogurt iz konvencionalnega mleka 2, kot srednje kremast pa je izstopal vzorec iz konvencionalnega mleka 3 s 50 %.

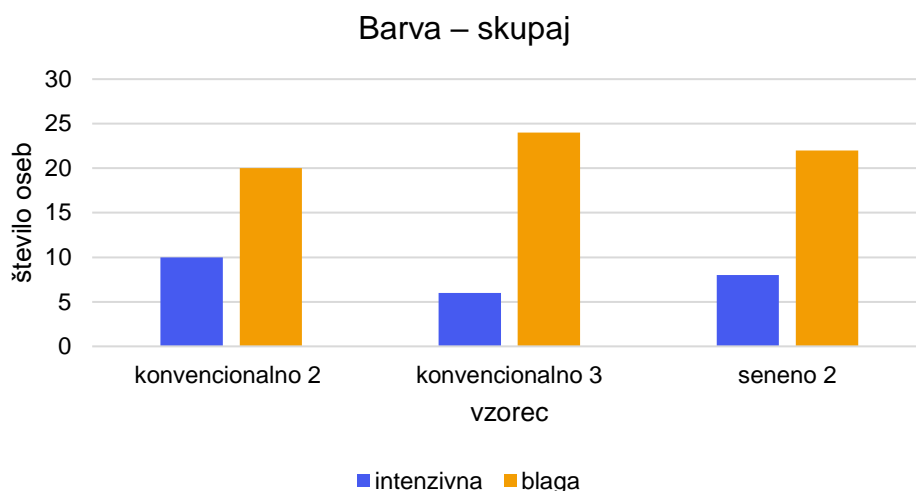
4.3.6. Čvrstost



Graf 10: Čvrstost – skupaj

Vzorec iz senenega mleka 2 je bil pri 63 % vseh anketirancev označen kot najbolj čvrst, najmanjši delež okuševalcev (17 %) pa je kot najbolj čvrst vzorec označilo jogurt iz konvencionalnega mleka 3. Najmanjšo čvrstost so okuševalci pripisali vzorcu iz konvencionalnega mleka 3 (40 %).

4.3.7. Barva



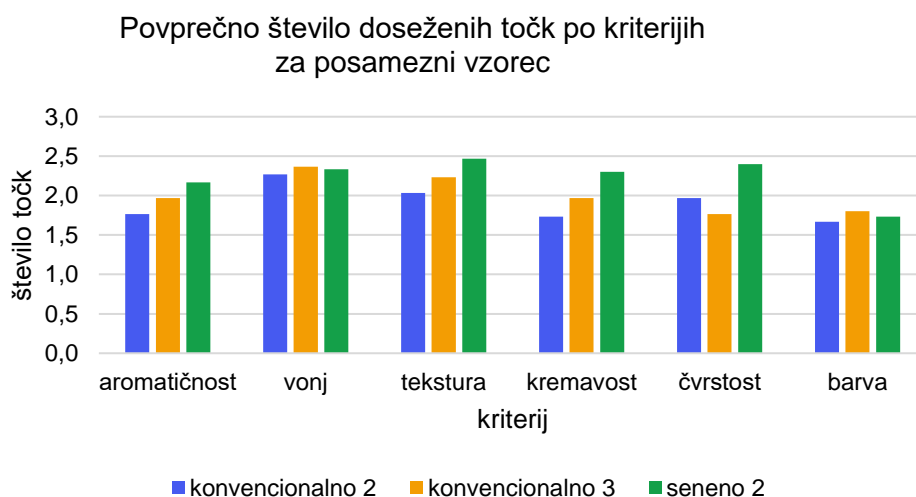
Graf 11: Barva – skupaj

Najblažja barva je bila pri 80 % anketirancev zaznana pri jogurtu iz konvencionalnega mleka 3. Med preostalima dvema vzorcema, konvencionalno 2 in seneno 2, ni bilo bistvenih razlik.

4.3.8. Ocenjevalna lestvica

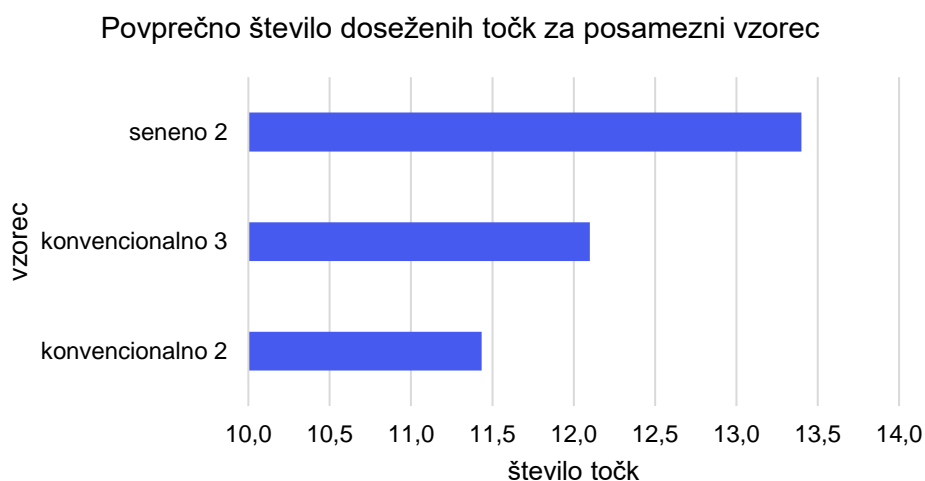
Glede na kriterije, ki jih je vsebovala organoleptična anketa, sva postavila ocenjevalno lestvico oz. točkovnik, s katerim sva določila jogurt z najugodnejšimi lastnostmi za uživanje. Posamezni vzorec je v anketi lahko dosegel največ 17 točk.

Spodnji grafi prikazujejo podatke ocenjevalne lestvice.



Graf 12: Povprečno število doseženih točk po kriterijih za posamezni vzorec

Jogurt iz senenega mleka je pri večini kriterijev dosegel najvišje povprečno število točk. Pri vonju in barvi je bila razlika z jogurtom iz konvencionalnega mleka 3 zanemarljivo majhna.



Graf 13: Povprečno število doseženih točk za posamezni vzorec

Iz števila točk, ki so jih ocenjevalci v povprečju dodelili vzorcem, lahko razberemo, da je jogurt iz senenega mleka, najugodnejši za uživanje. Vzorec iz senenega mleka je povprečno dosegel 13,4 od skupno 17 možnih točk. Za najmanj všečnega se je izkazal jogurt iz konvencionalnega mleka 2, ki je v povprečju prejel 11,4 točke.

5. SKLEPI

V raziskovalni nalogi sva želela ugotoviti bistvene razlike med fermentiranim mlečnim izdelkom iz senenega in konvencionalnega mleka. Izdelala sva jogurt, ki sva ga v šolskem laboratoriju analizirala, pri drugi meritvi pa sva pripravila tudi senzorično analizo. Spodaj so zbrani povzetki najine raziskave, ki prek hipotez pokažejo, ali se seneno in konvencionalno mleko ter jogurt, izdelan iz obeh vrst mleka, res razlikujejo.

Seneno mleko bo vsebovalo več laktoze kakor konvencionalno mleko.

HIPOTEZA JE DELNO POTRJENA.

Z raziskovanjem sva ugotovila, da je šolski ročni refraktometer s skalo za laktozo premalo natančen, da bi izmerila bistvene razlike v vsebnosti laktoze. Za natančnejše meritve sva se obrnila na obrat Pomurskih mlekarn v Ljutomeru, ki so nama laktozo izmerili na 2 decimalni mesti natančno. Hipotezo lahko le delno potrdiva, čeprav je seneno mleko vsebovalo nekaj več laktoze. Ker razlika tudi pri natančnejšem merjenju ni bila zelo velika, predpostavljava, da na vrednost koncentracije laktoze v mleku vpliva več dejavnikov, kot so pasma goveda, okolje, letni čas ipd., ne le prehrana živali.

Mlečnokislinska fermentacija bo v senenem mleku potekala počasneje kot v konvencionalnem mleku.

HIPOTEZA JE POTRJENA.

Glede na izmerjene pH-vrednosti med fermentacijo pri obeh meritvah sva dokazala, da te pri jogurtu iz senenega mleka padajo počasneje. Pri decembrskih meritvah je bila razlika precej majhna, a je bila pH-vrednost jogurta iz konvencionalnega mleka 1 celoten čas fermentacije in ob koncu kljub temu nižja od pH-vrednosti jogurta iz senenega mleka 1.

Pri januarski meritvi je bila razlika očitnejša, saj se je po 180 minutah inkubacije pH-vrednost jogurta iz senenega mleka 2 za 0,484 razlikovala od jogurta iz konvencionalnega mleka 2 in za 0,574 od jogurta iz konvencionalnega mleka 3. Končna pH-vrednost jogurta iz senenega mleka je bila v obeh primerih nižja od preostalih vzorcev jogurta.

Meniva, da sta za te razlike odgovorni različna sestava in mikrobiota v posameznih vzorcih mleka.

Jogurt iz senenega mleka bo imel večjo viskoznost kot jogurt iz konvencionalnega mleka

HIPOTEZA JE POTRJENA.

Hipotezo lahko potrdiva s pomočjo rezultatov iz januarske analize, saj je bil povprečni pretočni čas konvencionalnega mleka skoraj dvakrat krajši od senenega mleka.

Jogurt iz senenega mleka bo imel drugačen okus, vonj in barvo kot jogurt iz konvencionalnega mleka.

HIPOTEZA JE POTRJENA.

Rezultati organoleptične analize so pokazali določene razlike v okusu, vonju in barvi jogurta. Glede na zastavljeni točkovni kriterij lahko trdimo, da ima jogurt iz senenega mleka ugodnejše senzorične lastnosti, ki bolj ugajajo potrošnikom.

Kot skupek vseh opravljenih analiz lahko zaključimo, da med konvencionalnim in senenim mlekom in jogurtom iz obeh vrst mleka ni zelo bistvenih razlik. Vsekakor bi bilo smiselno narediti še nekoliko več ponovitev raznih meritev in opazovati dodatne parametre pri prireji mleka, kot so letni čas, jutranji in večerni odvzem mleka in podobno. Zaenkrat razlike, ki sva jih dokazala, kažejo v prid senenega mleka. Ker ljudje vedno bolj težijo k naravni in ekološki pridelavi živil, bi bilo smiselno, da bi se senena pridelava mleka in mlečnih izdelkov čim bolj promovirala in bi se vedenje o tem razširilo med ljudmi. V ta namen bova izsledke svoje raziskovalne naloge tudi sama poskušala čim bolj prenesti v širšo javnost. Napisala bova članek za šolsko publikacijo Raziskovalni reflektor ter posnela Minutke za raziskovanje za šolsko televizijsko oddajo Aktualno na GFML. Najina raziskava je uporabna za vse pridelovalce senenega mleka kot dokaz, da se seno mleko in mlečni izdelki razlikujejo od konvencionalnega v pozitivni smeri, saj se je jogurt iz senenega mleka izkazal kot ugodnejši za potrošnike. Najina raziskovalna naloga je nadgradljiva in lahko služi kot izhodišče za nadaljnje raziskave.

6. VIRI IN LITERATURA

Spletni viri:

[1] Uredba (ES) št. 853/2004. EUR-Lex. Pridobljeno 2. 2. 2025. Dostopno na naslovu: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0853>

[2] Bajt, N. Tehnologija mleka: gradivo za 2. letnik. Ljubljana: Zavod IRC, 2011. Pridobljeno 2. 2. 2025. Dostopno na naslovu: https://www.skupnost-vss.si/impletum/docs/Skriti_dokumenti/Tehnologija_mleka-Bajt.pdf

[11] Fretin, M. et al. The effects of low-input grazing systems and milk pasteurisation on the chemical composition, microbial communities, and sensory properties of uncooked pressed cheeses. International Dairy Journal, 2017, št. 64, str. 56-67. Pridobljeno 2. 2. 2025. Dostopno na naslovu: <https://hal.science/hal-01607900v1>

[12] Seiz, M. Fettsäureverteilung in österreichischer Heumilch – Einfluss der silagefreien Fütterung im Jahresverlauf. Dunaj, Avstrija: Univerza na Dunaju, 2012. Pridobljeno: 2. 2. 2025. Dostopno na naslovu: <https://phaidra.univie.ac.at/detail/o:1292172>

[13] NOPs from GMOs. Purpatents.com. Pridobljeno 2. 2. 2025. Dostopno na naslovu: <https://purpatents.com/2016/07/11/nops-from-gmos/>

Knjižni viri:

[3] Šubic, T. in Mavrin D. Kako izdelamo jogurt, sir, maslo. Ljubljana: Založba Kmečki glas, 2022.

[4] Šubic, T. et al. Izdelajmo jogurt, maslo, sir. Ljubljana: Založba Kmečki glas, 2014.

[5] Mavrin, D. in Oštir, Š. Tehnologija mleka in mlečnih izdelkov. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 2002.

[6] Bajt, N. in Golc- Teger, S. Izdelava jogurta, skute in sira. Ljubljana: Založba Kmečki glas, 2005.

Baša, J. in Agg J. Primerjava lastnosti jogurta iz surovega senenega mleka in surovega konvencionalnega mleka. Raziskovalna naloga. Ljutomer: Gimnazija Franca Miklošiča Ljutomer, 2025

[7] Bajt, N. et al. Mleko in mlečni izdelki. Ljubljana: Zavod Republike Slovenije za šolstvo, 1998.

[8] Mavrin, D. in Šubic, T. Mleko in mlečni izdelki. Ljubljana: DZS, 2011.

[9] Hostnik, S. Tehnologija mleka. Maribor: Izobraževalni center Piramida, 2009

[10] Bylund, G. Dairy processing handbook. Lund, Švedska: Tetra Pak Processing Systems AB, 1995

[14] Lasten vir

7. PRILOGE

ORGANOLEPTIČNA ANALIZA JOGURTOV IZ RAZLIČNIH VRST MLEKA

Spol: M Ž

Starost: _____ let

	VZOREC 1	VZOREC 2	VZOREC 3
AROMATIČNOST (Označite, kako intenziven okus je imel posamezni vzorec.) 1: blag okus 2: povprečno intenziven okus 3: zelo intenziven okus	1 2 3	1 2 3	1 2 3
VONJ (Označite, kakšen vonj so imeli vzorci.) 1: neprijeten vonj 2: nevtralen, neizrazit vonj 3: prijeten vonj	1 2 3	1 2 3	1 2 3
TEKSTURA (Označite, kakšna je bila tekstura vzorca.) 1: vodena, grudasta tekstura 2: povprečna gladkost 3: izrazito gladka tekstura	1 2 3	1 2 3	1 2 3
KREMAVOST (Razvrstite številke 1–3 od najmanj do najbolj kremastega.) 1: najmanj kremast 2: srednje kremast 3: najbolj kremast			
ČVRSTOST (Razvrstite številke 1–3 od najmanj do najbolj čvrstega.) 1: najmanjša čvrstost 2: srednja čvrstost 3: največja čvrstost			
BARVA (intenzivna ali blaga)	intenzivna blaga	intenzivna blaga	intenzivna blaga