

# UTJECAJ DODATKA PRAHA ROGAČA NA FIZIKALNO-KEMIJSKA SVOJSTVA TEKUĆEG JOGURTA

---

**Kursar, Luka**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:931098>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-23**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
**STRUČNI STUDIJ PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA**  
**PRERADA MLIJEKA**

**LUKA KURSAR**

**UTJECAJ DODATKA PRAHA ROGAČA NA FIZIKALNO –  
KEMIJSKA SVOJSTVA JOGURTA**

**ZAVRŠNI RAD**

**KARLOVAC, 2020.**



**Veleučilište u Karlovcu**

Stručni studij prehrambena tehnologija

Prerada mlijeka

Luka Kursar

**Utjecaj dodatka praha rogača na fizikalno – kemijska svojstva  
jogurta**

Završni rad

Mentor: dr.sc. Jasna Halambek

Broj indeksa studenta: 0314615021

Karlovac, 04. lipanj 2020.

*Veliku zahvalnost u prvom redu pridajem svom mentoru prof.dr.sc. Jasni Halambek koja me je svojom stručnošću, strpljenjem i znanjem vodila kroz izradu ovog diplomskog rada.*

*Također, želim se zahvaliti svim drugim profesorima koji su mi u ove tri godine osigurali kvalitetan studij sa kojeg sam izašao kao odlučna i perspektivna osoba sa ciljem za bolje sutra.*

*Veliko hvala mojoj majci i užoj obitelji koji su mi ovaj dio životnog puta maksimalno olakšali.*

## IZJAVA O AUTENTIČNOSTI ZAVRŠNOG RADA

Ja, **Luka Kursar**, ovime izjavljujem da je moj završni rad pod naslovom **Utjecaj dodatka praha rogača na fizikalno - kemijska svojstva tekućeg jogurta** rezultat vlastitog rada i istraživanja te se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio ovoga rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši autorska prava.

Sadržaj ovoga rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Karlovac, 05.lipanj 2020.

---

Luka Kursar

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel prehrambene tehnologije  
Stručni studij prehrambena tehnologija

Završni rad

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti  
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

## Utjecaj dodatka praha rogača na fizikalno - kemijska svojstva tekućeg jogurta

*Luka Kursar*

Rad je izrađen u kemijskom laboratoriju Veleučilišta u Karlovcu  
Mentor: Dr.sc. Jasna Halambek, pred.

### Sažetak

Rogač kao tradicionalna mediteranska kultura od davnina se koristi u prehrani ljudi, a nove znanstvene spoznaje ukazuju na veliki potencijal rogača u proizvodnji različitih prehrambenih proizvoda. Brašno sjemenki rogača (E 410) upotrebljava se dugi niz godina u prehrambenoj industriji kao sredstvo za ugušćivanje i stabiliziranje različitih prehrambenih proizvoda. Iz svega navedenog u eksperimentalnom djelu rada pokušalo se pratiti osnovne fizikalno - kemijske karakteristike komercijalnog tekućeg jogurta uz dodatak različitih koncentracija praha rogača (pH i kiselost) kao i reološka svojstva (viskoznost) tijekom različitih vremena skladištenja. Za istraživanje u radu korišteni su uzorci jogurta sa 0,9% m.m. i 2,8% m.m koji su pohranjeni na +4 °C u kontroliranim uvjetima. Sva istraživanja provedena su na uzorcima koji su bili proizvedeni istog dana i pakirani u PET ambalažu, zapremnine od 1 L. Za potrebe ispitivanja pripremljeni su uzorci jogurta u koje se dodavao prah rogača u sljedećim koncentracijama: 5 g/L, 10 g/L, 15 g/L, 20 g/L, 25 g/L.

**Broj stranica:** 28

**Broj slika:** 4

**Broj tablica:** 8

**Broj literaturnih navoda:** 20

**Broj priloga:**

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** Tekući jogurt, prah rogača, reološka svojstva.

**Datum obrane:** 05.06. 2020.

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. dr. sc. Ines Cindrić, prof. v.škole
2. dr. sc. Bojan Matijević, prof.v.škole
3. dr. sc. Jasna Halambek, v. pred.
4. dr. sc. Sandra Zavadlav, v. pred. (zamjena)

Rad je pohranjen u knjižnici Veleučilišta u Karlovcu, I. Meštrovića 10, 4700 Karlovac, Hrvatska.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

**Karlovac University of Applied Sciences**  
**Department of Food Technology**  
**Professional Study of Food Technology**

**Final paper**

**Scientific Area: Biotechnical Sciences**  
**Scientific Field: Food Technology**

### **The influence of carob powder on the physico - chemical properties of liquid yogurt**

*Luka Kursar*

**Final paper performed at Chemical laboratory of Karlovac University of Applied Sciences**

**Supervisor:** Ph.D. *Jasna Halambek*, lecturer

#### **Abstract**

The carob as a traditional Mediterranean culture has long been used in human nutrition, and new scientific knowledge points to the great potential of carob in the production of various food products. Carob meal (E 410) has been used for many years in the food industry as a means of thickening and stabilizing various food products. From all of the above in the experimental part of work, an attempt was made to monitor the basic physicochemical characteristics of commercial liquid yogurt with the addition of different concentrations of carob powder (pH and acidity) as well as rheological properties (viscosity), during different storage times. Yogurt samples with 0.9% milk fat and 2.8% milk fat stored at +4 °C under controlled conditions were used for the research. All studies were performed on samples that were produced on the same day and packed in PET packaging, in a volume of 1 L. For the purposes of the test, samples of yoghurt were prepared to which carob powder was added in the following concentrations: 5 g / L, 10 g / L, 15 g / L, 20 g / L, 25 g / L.

**Number of pages:** 28

**Number of figures:** 4

**Number of tables:** 8

**Number of references:** 20

**Original in:** Croatian

**Key words:** Liquid yogurt, carob powder, rheological properties

**Date of the final paper defense:** 05.06. 2020.

#### **Reviewers:**

1. Ph.D. *Ines Cindrić*, prof.
2. Ph.D. *Bojan Matijević*, prof.
3. Ph.D. *Jasna Halambek*, sen. lecturer
4. Ph.D. *Sandra Zavadlav*, sen. lecturer (substitute)

**Final paper deposited in:** Library of Karlovac University of Applied Sciences, I. Meštrovića 10, Karlovac, Croatia.



## Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. TEORIJSKI DIO</b> .....	2
2.1. Fermentirani mliječni proizvodi – jogurt .....	2
2.1.1. Značenje fermentiranih mliječnih proizvoda u prehrani .....	3
2.2. Proizvodnja jogurta .....	5
2.2.1. Prijem, odabir i mehanička obrada mlijeka .....	5
2.2.2. Standardizacija mliječne masti i suhe tvari .....	6
2.2.3. Homogenizacija mlijeka .....	7
2.2.4. Toplinska obrada mlijeka i hlađenje mlijeka.....	8
2.2.5. Inokulacija mlijeka .....	9
2.2.6. Hlađenje, pakiranje i skladištenje jogurta.....	10
2.3. Reološka svojstva tekućih namirnica .....	11
2.3.1. Reološka svojstva jogurta.....	12
2.4. Dodaci u proizvodnji jogurta.....	13
2.5. Rogač.....	13
2.5.1. Primjena rogača u prehrambenoj industriji .....	14
2.5.2. Hranjiva vrijednost rogača .....	15
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO</b> .....	17
3.1. Materijali .....	17
3.1.1. Tekući jogurt .....	17
3.1.2. Prah rogača .....	17
3.1.3. Uzorci jogurta s prahom rogača .....	17
3.1.4. Kemikalije za određivanje titracijske kiselosti .....	17
3.2. Metode rada.....	18
3.2.1. Priprema uzoraka.....	18
3.2.2. Mjerenje pH vrijednosti.....	18
3.2.3. Određivanje titracijske kiselosti .....	18
3.2.4. Određivanje prividne viskoznosti.....	19
3.2.5. Statistička obrada podataka .....	19
<b>4. REZULTATI</b> .....	20
<b>5. RASPRAVA</b> .....	23
<b>6. ZAKLJUČCI</b> .....	27
<b>7. LITERATURA</b> .....	28

## 1. UVOD

Fermentirani mliječni proizvodi zbog svojeg sastava imaju specifičnu hranjivu ili fiziološku funkciju u ljudskom organizmu te se smatra da imaju potencijalno pozitivno djelovanjem na ljudsko zdravlje, i upravo se zbog toga mogu ubrojiti i u skupinu funkcionalne hrane. Razvoj novih tehnologija prerade hrane dovodi do značajnog obogaćivanja i modifikacije određenog nutrijenta u hrani, čime se povećava njegova biodostupnost i funkcionalnost. Upravo stoga mliječni proizvodi danas čine najveću skupinu funkcionalne hrane koja se sustavno proširuje razvijanjem novih proizvoda i uvođenjem specifičnih funkcionalnih svojstava. Ako se usporede preferencije potrošača koje se odnose na konzumaciju fermentiranih mliječnih proizvoda tada je jogurt i dalje najpopularniji s 50 %-tnim udjelom u ukupnoj proizvodnji. Voćni jogurti danas predstavljaju glavni izvor zarade u mljekarskoj industriji, a popularnost jogurta može se pripisati i činjenici da mu je zbog novih znanstvenih spoznaja povećana hranjiva i funkcionalna vrijednost, uz istovremeno zadržavanje poželjnih fizikalnih i organoleptičkih svojstava tijekom trajnosti.

Za poboljšanje kvalitete jogurta osim dodataka poput obranog mlijeka ili sirutke u prahu prilikom proizvodnje dodaju se i drugi zakonom dopušteni dodaci. Dodaci koji se vrlo često koriste u proizvodnji jogurta su stabilizatori, odnosno tvari koje se dodaju jogurtu zbog svoje prirodne sposobnosti vezanja vode i poboljšanja stabilnosti posebice tekućih jogurta tako da direktno utječu na reološka svojstva teksture. Druga vrlo velika i važna uloga stabilizatora je maskiranje prekomjerne kiselosti i poboljšavanje učinka dodanih boja i aroma proizvodu. U te svrhe najviše se koriste prirodni polisaharidi poput pektina, želatine, karagenana, ksantan gume i modificiranog škroba (Tudor i sur., 2008). Brašno sjemenki rogača je prirodni biljni zgušnjivač, sredstvo za želiranje, emulgator i stabilizator koji se često koristi u prehrambenoj industriji. Najviše se koristi u sladoledima, mliječnim desertima, mesu, želeima, kremama, praškovima za puding itd. Zbog svog jedinstvenog sastava bogatog ugljikohidratima, prehrambenim vlaknima, kao i bioaktivnim spojevima, brašno sjemenki rogača može se primijeniti i kao funkcionalni sastojak u proizvodnji prehrambenih proizvoda. U ovom radu određivan je utjecaj dodatka praha rogača na fizikalno - kemijske karakteristike komercijalnog tekućeg jogurta (0,9% m.m. i 2,8% m.m.) tijekom 10 dana skladištenja.

Pripremljenim uzorcima jogurta određivana je pH vrijednost, titracijska kiselost i prividna viskoznost.

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. Fermentirani mliječni proizvodi – jogurt

Jogurt se proizvodi fermentacijom jednog ili više po želji izabranih mliječnih sastojaka (mlijeka, djelomično obranoga i obranog mlijeka, vrhnja) dodatkom karakteristične kulture koju čine dvije bakterijske vrste: *Streptococcus thermophilus* i *Lactobacillus bulgaricus*.

Jogurt i njegove varijante (osim osušenog i zamrznutog jogurta) konzistencijom su polučvrsta fermentirana mlijeka koja se prema fizikalnim svojstvima gel-strukture svrstavaju u čvrsta, tekuća i pitka fermentirana mlijeka. Proizvode se od toplinski obrađenog mlijeka korištenjem termofilnih vrsta bakterija mliječne kiseline ili bifidobakterija čiji je temperaturni optimum rasta između 37 i 42°C. Za povećanje suhe tvari bez masti mlijeko se uobičajeno koncentrira ili obogaćuje tekućim ili osušenim mliječnim dodacima. Nakon završene fermentacije proizvodi se više ne smiju toplinski obrađivati. Varijabilnost između fizikalnih karakteristika različitih varijanti jogurta i jogurtu srodnih vrsta dijelom je određena samim tehnološkim postupcima, a dijelom dodanim sastojcima za obogaćivanje mlijeka. Oni zajedno određuju kemijski sastav, teksturu i okus svake pojedinačne varijante jogurta.

Vrijeme održivosti standardno proizvedenog jogurta na temperaturi pohrane manjoj od 10°C je najmanje 8-10 dana. U većini slučajeva vijek trajanja jogurta znatno je duži, a najčešće je on između 21 i 28 dana. Najkraće i najduže vrijeme održivosti jogurta na policama primarno određuje broj živih bakterija iz sastava kulture prisutnih u proizvodu. Prema propisima o označavanju proizvod koji se prodaje pod imenom jogurt mora na kraju svog vijek održivosti sadržavati najmanje  $10^2$  cfu mL živih bakterija iz sastava jogurtne kulture. Probiotički jogurt uz bakterijske vrste jogurtne kulture na kraju vijeka održivosti mora sadržavati najmanje  $10^6$  cfu mL dodanih probiotičkih bakterijskih sojeva.

Za proizvodnju jogurta uz kravlje koriste se i ovčje, kozje, bivolje, kobilje, mlijeko magarice, devino i mlijeko soba. Kemijskim sastavom i fizikalnim osobinama te vrste mlijeka se značajno razlikuju i posljedično tome utječu na ukupnu kvalitetu proizvedenog jogurta. Ovčje, bivolje i sobovo mlijeko sadrže znatno viši udjel suhe tvari i između 6,5 i 11%

mliječne masti, zbog čega je konzistencija tih jogurta bolja u usporedbi s jogurtom proizvedenim od kravljega, kozjega ili mlijeka magarice (Samardžija, 2005).

### **2.1.1. Značenje fermentiranih mliječnih proizvoda u prehrani**

Fermentirani mliječni proizvodi zbog svojeg sastava imaju specifičnu hranjivu ili fiziološku funkciju u ljudskom organizmu te se smatra da imaju potencijalno pozitivno djelovanjem na ljudsko zdravlje, i upravo stoga mogu se ubrojiti i u skupinu funkcionalne hrane. European Functional Food Science Programme (FUFOSE) i International Life Science Institute of Europe (ILSI) prihvatile su 1999. godine definiciju funkcionalne hrane a ona glasi: "Funkcionalna hrana je ona hrana koja osim osnovne hranjive vrijednosti ima i dodatno dokazan povoljan utjecaj na jednu ili više ciljanih funkcija u humanom organizmu tako da fiziološki potpomaže poboljšanju zdravlja i opće dobrobiti ili smanjenju rizika od nastanka bolesti. Mora ostati hranom i mora pokazivati dobrobit za organizam u količinama koje se očekivano konzumiraju".

Fermentirani mliječni proizvodi su lakše probavljiviji od svježeg mlijeka (smanjenje laktoze 20-30%, djelomična razgradnja proteina), održavaju ravnotežu crijevne mikroflore (nastala mliječna kiselina nakon vrenja laktoze potiče peristaltiku crijeva, sekreciju sluzi i enzima), inhibiraju rast štetne mikroflore, poboljšavaju toleranciju na laktozu, posjeduju terapijska svojstva i sprječavaju starenje (obogaćeni sa nekim funkcionalnim dodatcima kao što su npr. aloe vera, koenzim Q10, biljni fitosteroli) te su udjeli mliječne masti i mineralnih tvari gotovo nepromijenjeni, a povećava se samo udio topljivih soli i slobodnih masnih kiselina. Udio nekih vitamina može se povećati tijekom aktivnosti bakterija mliječne kiseline (kolin, folna kiselina). Klasičan jogurt sadrži do 50 % niže koncentracije vitamina piridoksina (B6), kobalamina (B12), biotina (B7) i pantotenske kiseline (B5), ali zato sadrži i do 100 % višu koncentraciju folne kiseline (B9), i veće koncentracije riboflavina (B2) i tiamina (B1) u odnosu na mlijeko.

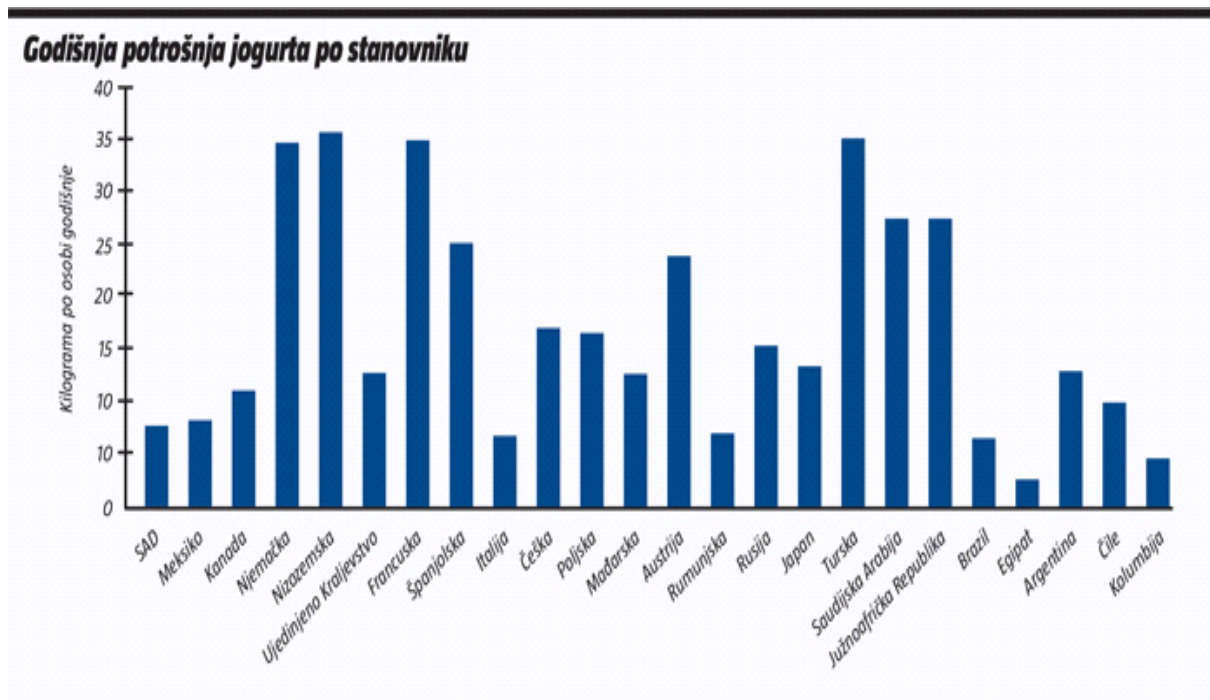
Razvoj novih tehnologija prerade hrane dovodi do značajnog obogaćivanja i modifikacije određenog nutrijenta u hrani, čime se povećava njegova biodostupnost i funkcionalnost. Upravo mliječni proizvodi danas čine najveću skupinu između proizvoda funkcionalne hrane u dizajniranju i razvijanju funkcionalnih svojstava. Fermentirani mliječni

proizvodi bogat su izvor nutrijenata raspoloživih za laganu apsorpciju i korištenje u organizmu kao što su proteini, kalcij, fosfor, magnezij, cink, riboflavin (vit.B2), tiamin (vit. B1), folna kiselina (vit. B9) i niacina (vit. B3), i ako sadrže mliječnu mast konjugiranih masnih kiselina (CLA) (Samardžija, 2005).

Novi trendovi koje danas zahtijevaju potrošači za fermentirane mliječne proizvode su:

- proizvodi blagog okusa i niske kiselosti
- stabilne kiselosti tijekom vremena održivosti
- održivosti do 40 dana
- nježnije teksture - koja kada se proizvod jede nije previše "teška", "ljepljiva"
- "bogate" teksture - u smislu kremastog i viskoznog okusa u ustima
- s dokazanim funkcionalnim svojstvima.

Ako se usporede preferencije potrošača koje se odnose na konzumaciju fermentiranih mliječnih proizvoda tada je jogurt i dalje najpopularniji s 50 %-tnim udjelom u ukupnoj proizvodnji. Voćni jogurti danas predstavljaju glavni izvor zarade u mljekarskoj industriji, a popularnost jogurta može se pripisati i činjenici da mu je zbog novih znanstvenih spoznaja povećana hranjiva i funkcionalna vrijednost, uz istovremeno zadržavanje poželjnih fizikalnih i organoleptičkih svojstava tijekom trajnosti (Samardžija, 2005.)

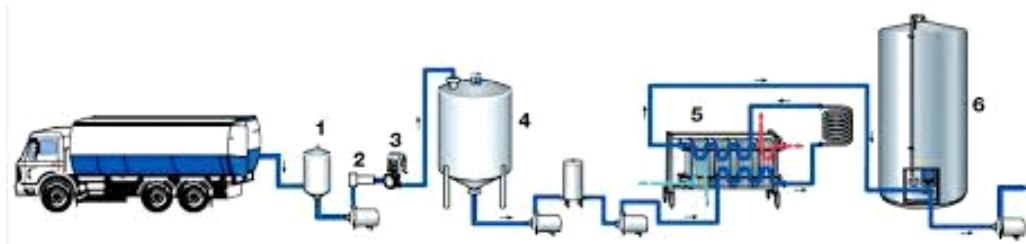


**Slika 1.** Godišnja potrošnja jogurta u različitim zemljama (kg/osobi) godišnje (Kulenović, 2019).

## 2.2. Proizvodnja jogurta

### 2.2.1. Prijem, odabir i mehanička obrada mlijeka

Sirovo mlijeko prije dolaska u mljekaru mora biti ohlađeno na temperaturu od 4°C. Mora sadržavati manje od 3,2% mliječne masti, najmanje 8,5% suhe tvari bez masti, više od 3% proteina, manje od 400000/mL somatskih stanica, a kiselost mu ne smije biti veća od 7,5 °SH ili niža od pH 6,5. Mlijeko za proizvodnju jogurta ne smije sadržavati inhibitorne tvari koje koče ili u potpunosti zaustavljaju rad mikrobnih kultura kao što su antibiotici, zaostaci sredstava za čišćenje, pesticida, insekticida i bakteriofage. Prije proizvodnje fermentiranih mlijeka treba odabrati mlijeko koje ima najbolju mikrobiološku kakvoću kako tijekom proizvodnje ne bi došlo do stvaranja nepoželjnih nusprodukata.



**Slika 2.** Prijem mlijeka (Tratnik i Božanić, 2012).

Na prijemu mlijeka uzima se uzorak mlijeka na kojemu se rade fizikalno kemijska i mikrobiološka ispitivanja kakvoće mlijeka. Nakon prijema mlijeka slijedi mehanička obrada. Mlijeko se čisti radi uklanjanja bakterija, prašine, slame, stelje što se postiže pomoću filtera i klarifikatora. Baktofugacijom mlijeka izdvajaju se bakterije i njihove spore pomoću centrifugalne sile. Baktofuge su separatori za odvajanje bakterija koje su puno veće gustoće od mlijeka. Sporogene su bakterije obično najteže pa se i najlakše odstranjuju. Stoga se baktofuge koriste za poboljšanje bakteriološke kvalitete mlijeka u proizvodnji jogurta.

Mlijeko se deaerira ili odzračuje čime se uklanjaju zrak i plinovi iz mlijeka što je važno jer količina zraka u mlijeku za proizvodnju jogurta mora biti što manja. Najviše problema čini dispergirani zrak koji povećava volumen mlijeka, smanjuje djelotvornost toplinske obrade ili obiranje masti u separatoru (Tratnik, 1998).

### **2.2.2. Standardizacija mliječne masti i suhe tvari**

Nakon prijema, odabira i mehaničke obrade mlijeka provodi se standardizacija mliječne masti kako bi se dobio što kvalitetniji fermentirani proizvod. U proizvodnji jogurta može se koristiti mlijeko koje sadrži od 0,5 – 3% mliječne masti. Separacija i standardizacija mliječne masti je postupak prilagođavanja udjela mliječne masti u mlijeku. Odvija se u uređajima koji se zovu separatori. Kako mast ima nižu gustoću od ostalih sastojaka ona se približava osovini separatora gdje se odvodi i izlazi kao vrhnje, a ostali sastojci mlijeka se bacaju na vanjski obod kao teži i izlaze kao obrano mlijeko. Glavni dio je bubanj gdje se u prostoru između diskova obavlja razdvajanje masti i obranog mlijeka (Tratnik 1998).



**Slika 3.** Separator mliječne masti (Andritz separation, 2020.).

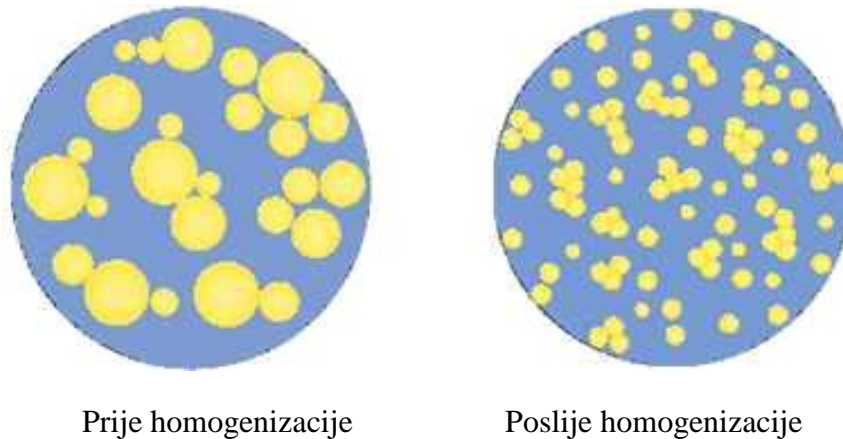
Osim standardizacije mliječne masti, u mlijeku je potrebno standardizirati i udio suhe tvari. Udio suhe tvari u mlijeku se povećava na nekoliko načina: dodatkom obranog mlijeka u prahu, dodatkom ultrafiltriranog obranog mlijeka ili mlijeka u prahu, dodatkom ultrafiltrirane sirutke ili sirutke u prahu, uparavanjem te ugušćivanjem mlijeka pomoću membranskih procesa (najčešće UF i RO). Standardizacijom suhe tvari potrebno je pronaći optimalni udio suhe tvari kako bi se postigla što bolja konzistencija jogurta.

### **2.2.3. Homogenizacija mlijeka**

Homogenizacija mlijeka podrazumijeva proces usitnjavanja i ujednačavanja masnih globula u mlijeku pod utjecajem visokog tlaka radi stabilizacije masne emulzije u mlijeku koji se odvija u homogenizatoru (visoko-tlačna klipna pumpa). Najprimjenjivija homogenizacijska temperatura je od 60-70°C, a tlak od 10-25 MPa (100-250 bar), ovisno o vrsti proizvoda. Homogenizacija se koristi zbog poboljšanja konzistencije i povećanja viskoznosti fermentiranog proizvoda. Neophodna je u proizvodnji jogurta jer omogućuje povećanje viskoznosti i poboljšanje konzistencije, poboljšanje teksture gruš uz smanjeno izdvajanje sirutke na površinu gruš, puniji okus jogurta u ustima, jednoličnost i bijelu boju. Jogurt od homogeniziranog mlijeka ima sitnije globule masti i nježni gruš. (Tratnik, 1998.)



U proizvodnji fermentiranih mlijeka koristi se jednostupanjska i dvostupanjska homogenizacija. Može se provoditi prije ili poslije toplinske obrade mlijeka. Homogenizirano mlijeko mora biti pasterizirano ili sterilizirano jer to sprječava djelovanje enzima lipaza.



**Slika 4.** Masne globule u mlijeku (Bylund, 1995.)

Promjene u mlijeku izazvane homogenizacijom su: veća viskoznost, veća površinska napetost, smanjen je osmotski tlak, smanjena sposobnost koagulacije kazeina, povećana sklonost lipolizi zbog povećane površine, intenzivnija bijela boja (globule masti s više kazeina i veći broj globula koje reflektiraju i prelamaju svjetlost).

#### **2.2.4. Toplinska obrada mlijeka i hlađenje mlijeka**

Najvažniji postupak u proizvodnji jogurta je toplinska obrada mlijeka. Cilj toplinske obrade je uništenje patogenih mikroorganizama i što većeg broja saprofitnih mikroorganizama, te njihovih enzima, ali i poboljšavanje viskoznosti i strukture proizvoda. Optimalni rezultati se postižu zagrijavanjem mlijeka na 90-95°C u trajanju od 5-10 minuta (može i na više temperature 80-85°C/20-30 minuta). Ova kombinacija temperature i vremena denaturira 70-80% proteina sirutke. Denaturirani proteini sirutke pomoću disulfidnih mostova povezuju se sa  $\kappa$ -kazeinom. To povezivanje ovisi o pH i količini  $\text{Ca}^{2+}$  iona u mlijeku. Proteini sirutke inhibiraju nakupljanje micela kazeina u mlijeku pa nakon fermentacije nastaje povezana, ali rastresita mreža proteina što otežava odvajanje sirutke. Dakle, visoka toplinska obrada i homogenizacija utječu na nježniju i bolju strukturu gela, dok od nezagrijanog mlijeka nastaje gruba i nepovezana struktura koja lakše otpušta sirutku i više pogoduje proizvodnji sira (Tratnik i Božanić, 2012).

**Tablica 1.** Kategorije toplinske obrade (Tratnik i Božanić, 2012).

PROCES	TEMPERATURA	VRIJEME
Niska dugotrajna	63	30 min
Termalizacija	63-65	15 s
Srednja kratkotrajna (HTST mlijeka)	72-75	15-20 s
Visoka kratkotrajna (HTST vrhnja)	>80	1-5 s
Sterilizacija u ambalaži	115-120	20-30 min
Ultra pasterizacija (ESL)	125-138	2-4 s
Sterilizacija u protoku (UHT)	135-140	par sekundi

Hlađenje mlijeka za inokulaciju je postupak u kojem se mlijeko hladi na temperaturu naciepljivanja, na 40-45°C. Ta je temperatura pogodna za rast i aktivnost termofilne jogurtne kulture sastavljene od *Streptococcus thermophilus* i *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*.

### **2.2.5. Inokulacija mlijeka**

Toplinskom obradom gotova je priprema mlijeka za vrenje, a to znači da je standardizirano, homogenizirano i toplinski obrađeno mlijeko spremno za inokulaciju. Inokulacija je naciepljivanje mlijeka starter kulturom mliječno kiselih bakterija, odnosno jogurtom starter kulturom. Inokulacija ili naciepljivanje mlijeka vrši se aseptično i uobičajeno kontinuirano u protoku mlijeka. Daljnji se postupak razlikuje u ovisnosti da li proizvodimo čvrsti, tekući, pitki, koncentrirani ili smrznuti jogurt.

Bakterijske kulture poznate kao starter kulture koje sadrže bakterije mliječne kiseline, koriste se u proizvodnji svih fermentiranih proizvoda (jogurt, kefir) i za proizvodnju maslaca i sira. Ove se kulture nazivaju starteri iz razloga što one iniciraju, odnosno započinju proizvodnju mliječne kiseline (fermentacijom laktoze) koja jogurtu daje svjež kiselkast okus, a ta kisela sredina sprječava rast drugih mikroorganizama, te tako utječu na karakterističan okus, konzistenciju, miris i boju konačnog proizvoda (Samaržija, 2005).

Mikrobne kulture za proizvodnju fermentiranih mliječnih proizvoda mogu biti:

- Mezofilne – kultura koja se sastoji od homofermentativnih sojeva *Lactococcus* i heterofermentativnih sojeva *Leuconostoc*, optimalne temperature rasta od 20-30°C. važne karakteristike fermentiranih mliječnih proizvoda proizvedenih upotrebom mezofilnih startera BMK su: konzistencija (kao rezultat mliječno kisele koagulacije proteina mlijeka) i aroma i okus (proizvedeni u procesu fermentacije laktoze i citrata). Trajanje vrenja djelovanjem mezofilnih kultura ovisi o temperaturi inkubacije, o aktivnosti i količini korištene kulture i o postizanju željene kiselosti proizvoda.
- Termofilne – kultura koja se sastoji od laktobacila i streptokoka, optimalne temperature rasta od 37-45°C. Ovi starteri proizvode mliječnu kiselinu brže i pri višim temperaturama nego mezofilne mikrobne kulture. Mliječnu kiselinu koju proizvode daju jogurtu karakterističan i kiseo okus. Proizvode veliku količinu mliječne kiseline (laktobacili od 1,7-1,8%, a streptokoki od 0,6-0,8%). Mliječna kiselina važna je u proizvodnji jogurta i jogurtu sličnih fermentiranih mlijeka.
- Terapijske (probiotičke) – kultura koja se sastoji od nekih bakterija mliječne kiseline i bifidobakterija koje su dio mikrobne populacije probavnog sustava ljudi ili životinja i sudjeluju u njihovom metabolizmu. Samo se određene vrste iz probavnog sustava ljudi koriste za proizvodnju fermentiranih mliječnih proizvoda: *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Enterococcus* i *Propionibacterium* (Samaržija, 2005).

#### **2.2.6. Hlađenje, pakiranje i skladištenje jogurta**

Hlađenje i pakiranje fermentiranih proizvoda provodi se u različitim fazama tijekom proizvodnje ovisno o proizvodu. U industriji, hlađenje se provodi u dvije faze: proizvod se prvo ohladi na temperaturu od 15-20°C, te ako se radi voćni jogurt dodaju se komadići voća nakon čega se provodi završno hlađenje proizvoda u hladnoj komori na temperaturu od 5°C. Za čuvanje fermentiranih mliječnih proizvoda treba osigurati niže temperature od 4-8°C kako bi se postigla minimalna trajnost proizvoda od 8-10 dana. (Tratnik, 1998.) Proizvod se pakira u plastične čašice, staklene boce, kartonsku ili kombiniranu višeslojnu ambalažu različitih volumena. Punjenje se odvija u aseptičnim uvjetima nakon kojega se plastična čašica zatvara toplim zavarivanjem sa Al-folijom pri 170°C koja je premazana slojem laka na kojoj su označeni svi podatci o jogurtu (Tratnik i Božanić, 2012).

### 2.3. Reološka svojstva tekućih namirnica

Fizička svojstva hrane uključuju reološka svojstva, a to su viskoznost, tekstura, konzistencija, gustoća, boja i termička svojstva. Većina tekućih proizvoda ne može se svrstati samo u jednu skupinu, odnosno samo na osnovi jednog svojstva, budući da istovremeno mogu biti i emulzija, suspenzija i otopina poput mlijeka. Takvi se proizvodi u pravilu karakteriziraju gustoćom, viskoznošću ili reološkim svojstvima. U mnogim procesima i operacijama prehrambene industrije potrebno je za definiranje određenih procesnih parametara poznavati i reološka svojstva odgovarajućih materijala (krutina ili tekućina), odnosno njihovo ponašanje (deformacija ili tečenje) pod utjecajem djelovanja nametnute sile (naprezanja). Pod deformacijom se podrazumijeva promjena oblika i dimenzija nekog tijela pod utjecajem sile, a pod pojmom tečenja kontinuirana promjena deformacije s vremenom.

Reologija je znanstvena disciplina koja se bavi tečenjem i deformacijom kako tekućih tako i krutih materijala. Kod prehrambenih proizvoda, osim pri određivanju procesnih uvjeta, reologija se koristi i za definiranje parametara kakvoće. Osnovna reološka svojstva krutih materijala su elastičnost i plastičnost, a tekućih viskoznost.

Većina tekućina pokazuje svojstvo idealne viskoznosti. Newtonsku viskoznost pokazuju oni sustavi kod kojih pri mirovanju nema jačih privlačnih sila i kod kojih se odvijaju elastični sudari. Sile otpora javljaju se tek pri protjecanju. Viskoznost se može jednostavno definirati kao unutrašnje trenje koje djeluje unutar fluida, tj. kao otpor tečenju. Deformacija izazvana djelovanjem sile se može izraziti kao gradijent brzine između dviju ploha, a izraz koji to opisuje poznat je kao Newtonov zakon. Odnos smičnog naprezanja i brzine smicanja predstavlja pravac koji prolazi kroz ishodište. Prema tome Newtonski sustavi (fluidi, tekućine) su oni kod kojih postoji linearni odnos između smičnog naprezanja i brzine smicanja, pri čemu se konstanta proporcionalnosti (tj. nagib krivulje) naziva koeficijent viskoznosti ili jednostavno viskoznost, ponekad i apsolutna ili dinamička viskoznost. Međutim, mnogi prehrambeni proizvodi odstupaju svojim reološkim značajkama od zakonitosti opisanih Newtonovim izrazom, a takve nazivamo neNewtonovskim tekućinama. Svojstva ne-Newtonovskih tekućina mogu se svrstati u dvije skupine, zavisno o tome da li se s vremenom smicanja ta svojstva mijenjaju ili ne. Razlikujemo vremenski zavisne (reopektičke i tiksotropne) i vremenski nezavisne (viskoelastične, Bringhamovske, dilatantne i pseudoplastične) (Lelas, 2006).

Na reološka svojstva prehrambenih proizvoda utječu brojni čimbenici. To su: kemijski sastav i njegove promjene tijekom proizvodnje i skladištenja; procesni uvjeti (temperatura, tlak); različite operacije i procesi (koncentriranje, toplinska obrada, obrada enzimima, smrzavanje, ekstrudiranje, homogenizacija, miješanje, emulgiranje i sl.). Posebno je značajan utjecaj temperature na reološka svojstva (viskoznost, odnosno konzistenciju). Ne samo što temperatura utječe na viskoznost, već o njoj ovise i reološke značajke fluida. Tako na primjer, koncentrirani mutni sok limuna pri nižoj temperaturi pokazuje plastična, a pri višoj pseudoplastična svojstva.

Za određivanje reoloških svojstava danas se koriste brojni tipovi instrumenata (viskozimetara, reometara), koji rade na različitim principima, a prilagođeni su specifičnim zahtjevima u pogledu primjene i preciznosti rezultata. Iako se u praksi susreću dva osnovna tipa viskozimetra: kapilarni i rotacijski, na tržištu se nude različite varijante instrumenata koji rade na istim ili sličnim principima, s tim da se u novije vrijeme uvode sve više elektromehanički senzori i elektronske metode mjerenja (Lovrić, 2003.).

### **2.3.1. Reološka svojstva jogurta**

Jogurt prema svojstvima teksture i svojim reološkim karakteristikama može biti klasificiran kao: (i) pseudoplastični materijal (sadrži određenu silu naprezanja koja se može osloboditi ako je nečim inicirana), (ii) viskoelastična fluidna tekućina (tekući i pitki jogurt) ili (iii) viskoelastična krutina (čvrsti jogurt). Isto tako jogurt pokazuje nenevtonovsko ponašanje fluida i ima svojstvo smicanja u određenom vremenu, ali nije čisti tiksotropni materijal. Tiksotropni materijal označava materijal koji miješanjem prelazi u sol (solovi su disperzije čvrstih čestica u tekućini), ali se stajanjem nakon prestanka djelovanja sile ponovno vraćaju u polučvrsto stanje. U proizvodnji jogurta to znači da će neadekvatno vođenje proizvodnog procesa i mehaničkih manipulacija dovesti do pucanja gela čvrstog jogurta koje se nikada neće u potpunosti obnoviti i/ili uzrokovati snižavanje prividnog viskoziteta tekućeg jogurta.

Tako će npr. dodatak hidrolizata proteina mlijeku u svojstvu hidrokoloida poboljšavati acidifikaciju mlijeka i skratiti vrijeme fermentacije proizvoda. S druge strane, njihov dodatak

mlijeku dovodi do drukčije organizacije proteinske mreže gel-strukture jogurta. Mikrostruktura jogurta bez proteinskog dodatka u svojstvu stabilizatora ima vrlo razgranatu i u visokom stupnju povezanu proteinsku mrežu. Suprotno, mikrostruktura jogurta s proteinskim dodatkom kao stabilizatorom ima grublju i slabije povezanu mrežu. Prema reološkoj nomenklaturi, tekući jogurt predstavlja strukturno viskoznu, parcijalno tiksotropnu nenjutnovsku viskoelastičnu tekućinu čija granica tečenja i ponašanje tečenja ovisi o vremenu (Torre i sur., 2003).

#### **2.4. Dodaci u proizvodnji jogurta**

Za poboljšanje kvalitete jogurta osim dodataka poput obranog mlijeka ili sirutke u prahu prilikom proizvodnje dodaju se i drugi zakonom dopušteni dodaci. Ti dodaci koji se koriste u proizvodnji fermentiranih mliječnih proizvoda dijele se na aditive, aditivima slične tvari i ostale neškodljive tvari. Aditivi su tvari točno poznatoga kemijskog sastava, a dodaju se hrani u svrhu poboljšanja njezinih tehnoloških i senzorskih svojstava. Od aditiva, u proizvodnji fermentiranih mliječnih napitaka najviše se koriste prirodni šećeri, umjetna sladila, boje, emulgatori, stabilizatori, i određene vrste ugušćivača koji se dodaju u mlijeko, te voće ili voćni pripravci koji čine posebnu skupinu dodataka. Dopušteni dodaci i njihove količine koji se smiju koristiti u proizvodnji fermentiranih mliječnih proizvoda određeni su Codex standardom za fermentirana mlijeka (Codex Standard, 2003) i Pravilnikom o prehranbenim aditivima (NN 062/2011.).

Dodaci koje svakako treba spomenuti u i koji se vrlo često koriste u proizvodnji jogurta su stabilizatori. Stabilizatori su tvari koje se dodaju jogurtu zbog svoje prirodne sposobnosti vezanja vode i poboljšavaju kinetičku stabilnost posebice tekućih jogurta tako da direktno utječu na reološka svojstva teksture, a indirektno smanjuju predispoziciju gel-strukture za izdvajanjem sirutke. Druga vrlo velika i važna uloga stabilizatora je maskiranje prekomjerne kiselosti i poboljšavanja učinka dodanih boja i aroma proizvodu. U te svrhe najviše se koriste prirodni polisaharidi poput pektina, želatine, karagenana, ksantan guma i modificiranog škroba (Tudor i sur., 2008).

#### **2.5. Rogač**

Rogač (*Ceratonia Siliqua* L.) je zimzeleni grm ili drvo koje pripada porodici mahunarki. Stablo je visine do 10 m, razgranato, širokog debla, grube smeđe kore i guste

krošnje te razvija vrlo snažan i razgranat korijen koji doseže do dubljih slojeva tla gdje ima vode i tako produljuje period rasta tijekom sušnih razdoblja (Rhizopoulou, Davies, 1991.).

Stablo rogača je prilagodljivo i uspijeva na različitim tipovima tla dok je idealna klima za razvoj rogača mediteranska i subtropska klima s prosječnim temperaturama od 30-45°C, a jako je osjetljivo na mraz i temperature ispod -4°C. Stoga se ne bi smio saditi na nadmorskoj visini većoj od 500 m ili na mjestima gdje je opasnost od mraza visoka. Smatra se da rogač potječe iz Male Azije odakle su ga stari Grci doveli u Grčku i Italiju. U Hrvatskoj je uzgoj rogača ograničen na manja područja, a najrašireniji je na području Dubrovačkog primorja, Pelješca te otoka Šipana, Lopuda i Mljeta. Osim u južnoj Dalmaciji rogač se uzgaja i na Korčuli, Lastovu, Braču, Visu, Šolti i Drveniku (Strikić i sur., 2006.).

Plod rogača je 10-30 cm duga mahuna, ravnog ili zakrivljenog oblika te široka od 1.5-3.5 cm i debela otprilike 1 cm. Mahuna rogača sastoji se od pulpe i 5-15 sjemenki poredanih u nizu. Pulpa se sastoji od vanjskog kožastog djela (perikarpa) i mekšeg unutarnjeg sloja (mezokarpa). Na pulpu otpada 90% ukupne mase dok ostatak od 10% čine sjemenke ploda rogača. Mahunu rogača karakterizira slatki okus i specifična aroma te se u prehrani stanovništva mediteranskog podneblja koristi od davnina.

Glavni proizvođači i izvoznici rogača u svijetu su Španjolska (40000 tona godišnje), Portugal (23000 tona godišnje), Grčka (22000 tona godišnje), Maroko (20500 tona godišnje), Turska (14261 tona godišnje), Italija (9445 tona godišnje) i Cipar (9120 tona godišnje). Hrvatska se nalazi na 11. mjestu sa udjelom od 0,3% u ukupnoj proizvodnji (500 tona godišnje) (FAO, 2013.)

Vrhunac proizvodnje bio je 60ih godina prošlog stoljeća kada je Španjolska proizvodila više od 350 000 tona mahuna rogača godišnje. Od tada je zabilježen drastični pad proizvodnje i to za čak 22%. Rogać je kultura tradicionalno uzgajana i korištena u prehrani, no njegov je uzgoj zanemaren posljednjih stotinjak godina i kontinuirano se smanjuje što se pripisuje povećanoj proizvodnji drugih poljoprivrednih usjeva i to agruma, krumpira i grožđa i niskim otkupnim cijenama plodova (Battle, Touse, 1997).

### **2.5.1. Primjena rogača u prehrambenoj industriji**

Rogač je bio popularna namirnica još iz antičkih vremena, točnije iz 4000. Godine pr. Kr. osobito među siromašnim stanovništvom, a koristio se i kao hrana za životinje.

Konзумirao se uglavnom sirov, kao voće ili pečen kao slastica. Visok udjel šećera i niski udjel masti omogućuje dugo čuvanje osušenih mahuna rogača što je bilo važno u razdobljima različitih prirodnih i društvenih nepogoda kao što su ratovi, suše itd. iz istog razloga bio je i prikladna namirnica pomorcima na dugim putovanjima.

Danas rogač ima široku primjenu u prehrambenoj industriji te se nalazi u velikom broju proizvedenih namirnica kao što su konditorski proizvodi, energetske pločice, bezalkoholni napitci, pekarski proizvodi i alkoholna pića. U većini tih proizvoda rogač ima ulogu zaslađivača, arome, ugušćivača ili stabilizatora.

Brašno sjemenki rogača (Karuba guma) upotrebljava se u prijelaznoj hrani za dojenčad i malu djecu i smije se dodati do 1 g/L, u prerađenoj hrani na osnovu žitarica i drugoj dječjoj hrani 10 g/kg, a hrani za dojenčad i malu djecu za posebnu medicinsku namjenu 10 g/L. Džemovima, želeima, marmeladama, domaćoj marmeladi i pekmezu i ostalim sličnim voćnim namazima, uključujući proizvode smanjene energetske vrijednosti, dodaje se 10 g/kg. Upotrebljava se također u pekarskim proizvodima, kolačima i keksima, zamjenama za mliječne proizvode i sličnim mliječnim proizvodima, desertima na osnovi voća i povrća, umacima (uključujući kečap i slične proizvode), bombonskim proizvodima, masama za punjenje, preljevima, prašku za pudinge, kreme, deserte, bezalkoholnim osvježavajućim napitcima, koncentratima za juhe i umake, dodatcima jelima, začинима, grickalicama od žitarica i krumpira, senfu, dodatcima prehrani itd. (Anonymus, 2020).

### **2.5.2. Hranjiva vrijednost rogača**

Rogač sadrži male količine masti zbog čega ima i nisku energetske vrijednost, ali obiluje količinom prehrambenih vlakana. Tanini rogača djeluju inhibitorno na probavne enzime; inaktiviraju coli bakterije i istovremeno podupiru vrlo dobar sastav crijevnih bakterija. Općenito djeluje umirujuće na želučanu i crijevnu sluznicu. Zato se koristi za ublažavanje mučnina i proljeva. Bogat je izvor vitamina i minerala (naročito kalcija), kao i nekih oligoelemenata. Rogač je bogat prirodnim voćnim šećerom (30 - 50%), te sadrži pektin i lignin. Budući da sadrži velike količine taninske kiseline, prah rogača posebno je koristan kod djece koja pate od dijareje.

Također se u posljednje vrijeme rogač vrlo često koristi u brojnim tzv. funkcionalnim napitcima kao zamjena za kakao, a njegova se prednost pripisuje činjenici da sadrži puno manji udio kofeina i teobromina nego kakao. S obzirom da sadrži niži udio masti u odnosu na



kakao, znači da ima i nižu kalorijsku vrijednost, dok visok sadržaj prehrambenih vlakana sa sobom donosi mnoge pozitivne učinke na zdravlje. Isto tako visok udio šećera u rogaču smanjuje potrebu za dodatnim šećerima i zaslađivačima (Kumazawa i sur., 2002).

### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

#### 3.1. Materijali

##### 3.1.1. Tekući jogurt

U radu su za istraživanja korišteni uzorci tekućeg jogurta proizvođača Vindija s 0,9 % i 2,8 % mliječne masti. Točni parametri proizvodnje komercijalnih jogurta tretirani su kao proizvođačka tajna i nepoznati su autoru ovog rada. Uzorci su pohranjeni na +4 °C u kontroliranim uvjetima. Sva istraživanja provedena su na uzorcima koji su bili proizvedeni istog dana i pakirani u PET ambalažu, zapremnine od 1 L.

##### 3.1.2. Prah rogača

Prah rogača korišten u eksperimentalnom djelu rada je komercijalno dostupan Komiški rogač proizvođača Bio&bio. Prosječna hranjiva vrijednost korištenog rogača prikazana je u Tablici 2.

**Tablica 2.** Prosječna hranjiva vrijednost na 100 g praha rogača.

Energija	1475 kJ / 352 kcal
Masti	0,5 g
Zasićene masne kiseline	0,12 g
Ugljikohidrati	81,4 g
Šećeri	44,3 g
Bjelančevine	5,3 g
Sol	0,3 g
Kalcij	222 mg

##### 3.1.3. Uzorci jogurta s prahom rogača

Za potrebe ispitivanja pripremljeni su uzorci jogurta u koje se dodavao prah rogača u sljedećim koncentracijama: 5 g/L, 10 g/L, 15 g/L, 20 g/L i 25 g/L.

##### 3.1.4. Kemikalije za određivanje titracijske kiselosti

0,1 M otopina NaOH, indikator fenolftalein i destilirana voda.

5%-tna otopina kobaltova sulfata ( $\text{CoSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$ ).

## 3.2. Metode rada

### 3.2.1. Priprema uzoraka

Uzorci su pripremljeni tako da se u određenu količinu tekućeg jogurta čuvanog na 4°C dodala izvagana potrebna količina praha rogača da bi se dobile željene koncentracije od 5 g/L, 10 g/L, 15 g/L, 20 g/L i 25 g/L. Uzorci su se miješali u laboratorijskim čašama (na sobnoj temperaturi) na magnetskoj miješalici oko 15 minuta nakon čega su pokriveni parafilmom i ponovno stavljeni u hladnjak na +4°C.

Svi tako pripremljeni uzorci (0,9 % mm i 2,8 % mm) ostavljeni su na +4°C oko 2 h nakon čega im se određivala pH vrijednost, titracijska kiselost i prividna viskoznost.

Svi fizikalno-kemijski parametri (pH, titracijska kiselost i prividna viskoznost) praćeni su tijekom pohrane uzoraka na +4°C tijekom 10 dana skladištenja (ispitivanja provedena 5 dan i 10 dan skladištenja).

### 3.2.2. Mjerenje pH vrijednosti

Određivanje pH vrijednosti uzoraka tekućeg jogurta provedeno je na pH metru Metler Toledo (Seven Compact S220).

Istog dana nakon nabave uzoraka tekućeg jogurta uzorcima je izmjerena pH vrijednost na 4°C, kao i uzorcima kojima je dodan prah rogača. pH vrijednosti nakon toga mjerene su u istim uzorcima nakon 5 i 10 dana skladištenja na +4°C.

### 3.2.3. Određivanje titracijske kiselosti

Po 20 g uzorka stavi se u dvije Erlenmeyerove tikvice i razrijedi sa 20 mL destilirane vode. Prva tikvica služi za usporedbu tj. kao standardna boja do koje se morao titrirati analizirani uzorak, a pripremljena je tako da je u nju dodan 1 mL 5%-tne otopine kobaltova sulfata ( $\text{CoSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$ ). U drugu Erlenmeyerovu tikvicu se doda 2 mL otopine fenolftaleina i titrira se s 0,1 M NaOH. Rezultat je očitao kada je postignuta boja otopine jednake onoj u prvoj tikvici, a koja je morala biti stabilna 1 minutu. Izračun kiselosti se provodi prema izrazu:

$$^{\circ}SH = a \times 2 \times f \quad (1)$$

Gdje je: a- volumen 0,1 M NaOH u mL, utrošenih za neutralizaciju

f- korekcijski faktor otopine natrijeve lužine (NaOH) 0,1 M.

### 3.2.4. Određivanje prividne viskoznosti

Prividna viskoznost uzoraka tekućeg jogurta bez i sa dodatkom različitih koncentracija praha rogača određivana je na rotacijskom viskozimetru First plus LR, Lamy Rheology instruments. U mjernu čašu ulije se 300 mL uzorka, a zatim se pažljivo uroni odgovarajući mjerni cilindar spojen na rotor instrumenta. Brzina vrtnje mjernog cilindra, tj. brzina smicanja podešena je na 20 rpm. Mjerenje je provedeno u 15 mjernih točaka s vremenom trajanja svake mjerne točke od 10 sekundi kako bi se izbjegla pojava tranzicijske viskoznosti (Mezger, 2002). Utvrđena vrijednost prividne viskoznosti uzoraka tekućeg jogurta bez i sa dodatkom različitih koncentracija praha rogača predstavlja srednju vrijednost svih 15 mjernih točaka. Temperatura uzorka tijekom mjerenja kretala se u rasponu od +4 °C do +6°C.

### 3.2.5. Statistička obrada podataka

Statistička obrada dobivenih rezultata ovog rada podrazumijevala je računanje srednje vrijednosti paralelnih mjerenja ispitivanih vrijednosti uzoraka, te standardne devijacije kao mjere raspršenosti rezultata oko srednje vrijednosti. Kod mjerenje pH vrijednosti izračunate su srednje vrijednosti tri paralelna mjerenja, dok je kod određivanja prividne viskoznosti bilo potrebno izračunati srednju vrijednost od ukupno 15 provedenih mjerenja istog uzorka. Srednja vrijednost i standardna devijacija računaju se prema izrazima (2) i (3):

Srednja vrijednost:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + \dots + x_n}{n} \quad (2)$$

Standardna devijacija:

$$s = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \quad (3)$$

#### 4. REZULTATI

**Tablica 3.** Izmjerene pH vrijednosti u uzorcima tekućeg jogurta sa 0,9% mm bez i sa dodatkom različitih koncentracija praha rogača nakon 2 h, 5 dana i 10 dana skladištenja na +4°C (n=3).

$\gamma$ (rogača)/ g L <sup>-1</sup>	pH		
	2 h	5 dana	10 dana
0	4,05±0,01	4,02±0,02	3,97±0,01
5	4,04±0,03	4,01±0,02	3,92±0,03
10	3,97±0,02	4,00±0,04	3,81±0,04
15	3,96±0,04	4,03±0,02	3,78±0,03
20	3,99±0,05	4,05±0,01	3,70±0,02
25	4,01±0,03	4,04±0,02	3,71±0,04

**Tablica 4.** Izmjerene pH vrijednosti u uzorcima tekućeg jogurta sa 2,8 % mm bez i sa dodatkom različitih koncentracija praha rogača nakon 2 h, 5 dana i 10 dana skladištenja na +4°C (n=3).

$\gamma$ (rogača)/ g L <sup>-1</sup>	pH		
	2 h	5 dana	10 dana
0	4,05±0,00	4,03±0,01	3,98±0,02
5	4,01±0,02	4,01±0,01	3,95±0,04
10	3,99±0,01	4,03±0,02	3,88±0,02
15	4,10±0,02	4,02±0,03	3,83±0,03
20	4,13±0,03	3,96±0,03	3,79±0,02

<b>25</b>	4,09±0,02	4,02±0,04	3,75±0,03
-----------	-----------	-----------	-----------

**Tablica 5.** Praćenje titracijske kiselosti (°SH) u uzorcima tekućeg jogurta sa 0,9% mm bez i sa dodatkom različitih koncentracija praha rogača nakon 2 h, 5 dana i 10 dana skladištenja na +4°C.

<b>γ (rogača)/ g L<sup>-1</sup></b>	<b>°SH</b>		
	<b>2 h</b>	<b>5 dana</b>	<b>10 dana</b>
<b>0</b>	51,85	52,13	53,05
<b>5</b>	50,25	53,66	55,36
<b>10</b>	49,90	54,06	56,11
<b>15</b>	49,10	54,47	56,52
<b>20</b>	50,58	55,60	56,24
<b>25</b>	53,74	56,28	57,10

**Tablica 6.** Praćenje titracijske kiselosti (°SH) u uzorcima tekućeg jogurta sa 2,8 % mm bez i s dodatkom različitih koncentracija praha rogača nakon 2 h, 5 dana i 10 dana skladištenja na +4°C.

<b>γ (rogača)/ g L<sup>-1</sup></b>	<b>°SH</b>		
	<b>2 h</b>	<b>5 dana</b>	<b>10 dana</b>
<b>0</b>	51,02	51,52	52,02
<b>5</b>	53,22	54,73	56,31
<b>10</b>	54,41	55,13	56,68
<b>15</b>	55,98	56,54	58,41

<b>20</b>	56,74	56,94	58,65
<b>25</b>	57,00	57,54	59,80

**Tablica 7.** Izmjerene vrijednosti prividne viskoznosti,  $\eta$  (Pa s) u uzorcima tekućeg jogurta sa 0,9% mm bez i sa dodatkom različitih koncentracija praha rogača nakon 2 h, 5 dana i 10 dana skladištenja na +4°C (n=15).

$\gamma$ (rogača)/ $\text{g L}^{-1}$	$\eta$ (Pa s)		
	2 h	5 dana	10 dana
<b>0</b>	1,87±0,08	2,20±0,10	2,25±0,05
<b>5</b>	2,01±0,12	1,85±0,13	1,61±0,09
<b>10</b>	2,35±0,09	1,96±0,06	1,55±0,07
<b>15</b>	2,41±0,11	2,32±0,09	1,43±0,13
<b>20</b>	2,45±0,10	2,36±0,05	1,40±0,11
<b>25</b>	2,75±0,07	2,28±0,11	1,45±0,08

**Tablica 8.** Izmjerene vrijednosti prividne viskoznosti,  $\eta$  (Pa s) u uzorcima tekućeg jogurta sa 2,8 % mm bez i sa dodatkom različitih koncentracija praha rogača nakon 2 h, 5 dana i 10 dana skladištenja na +4°C (n=15).

$\gamma$ (rogača)/ $\text{g L}^{-1}$	$\eta$ (Pa s)		
	2 h	5 dana	10 dana
<b>0</b>	3,02±0,05	3,56±0,04	3,78±0,06
<b>5</b>	3,32±0,02	3,19±0,10	2,83±0,08
<b>10</b>	3,59±0,11	3,38±0,06	2,66±0,12
<b>15</b>	4,08±0,08	3,52±0,09	2,40±0,11

<b>20</b>	4,33±0,10	3,26±0,10	2,28±0,07
<b>25</b>	4,75±0,06	3,66±0,09	2,14±0,09

## 5. RASPRAVA

Cilj ovog rada bio je ispitati utjecaj dodatka praha rogača na fizikalno-kemijska svojstva komercijalnog tekućeg jogurta (0,9% m.m. i 2,8% m.m.) praćenjem pH vrijednosti, titracijske kiselosti i prividne viskoznosti tijekom skladištenja.

U tu svrhu pripremlilo se 5 različitih uzoraka svakog od ispitivanih tekućih jogurta (0,9% m.m. i 2,8% m.m.) tako da se dodavalo po 5, 10, 15, 20 i 25 g/L praha rogača direktno u jogurt, te su tako pripremljeni uzorci zatvoreni parafilmom i skladišteni na +4°C. Pripremljenim uzorcima određivane su pH vrijednosti, titracijska kiselost i prividna viskoznost nakon 2 h, 5 dana i 10 dana skladištenja. Nakon desetog dana skladištenja na +4°C na svim uzorcima primijećeno je znatno pogoršanje kvalitete u smislu vidljivog razvoja plijesni, pa iz tog razloga ispitivanja nisu provedena kroz duži vremenski period.

U Tablici 3. dane su izmjerene pH vrijednosti u uzorcima tekućeg jogurta sa 0,9% mm bez i sa dodatkom različitih koncentracija praha rogača nakon 2 h, 5 dana i 10 dana skladištenja na +4°C. Iz tablice je vidljivo da se pH vrijednosti tekućeg jogurta (0,9 % m.m.) bez dodatka praha rogača ne mijenjaju značajno tijekom vremena skladištenja i kreću se u rasponu od 4,05 do 3,97 (izmjereno nakon 10 dana skladištenja). Ovdje treba uzeti u obzir činjenicu da su uzorci jogurta nabavljeni u komercijalnoj prodaji i imali već određeno vrijeme skladištenja prije ovih ispitivanja. Dodatkom praha rogača ne dolazi do značajne promjene pH vrijednosti uzoraka jogurta, odnosno pH vrijednosti izmjerene odmah nakon 2 h od dodavanja praha rogača ne pokazuju značajna odstupanja od pH vrijednosti čistog jogurta (oko 4,00). Daljnjim praćenjem pH vrijednosti vidljivo je da se te vrijednosti također ne mijenjaju nakon stajanja od 5 dana na 4°C, ali nakon 10 dana dolazi do značajnijeg smanjenja pH vrijednosti u odnosu na jogurt bez dodatka praha rogača. Primijećeno je da s povećanjem koncentracije rogača dolazi do većeg sniženja pH vrijednosti uzoraka (od 3,92 do 3,70 pH jedinica).



U Tablici 4. dane su izmjerene pH vrijednosti u uzorcima tekućeg jogurta sa 2,8% mm bez i sa dodatkom različitih koncentracija praha rogača nakon 2 h, 5 dana i 10 dana skladištenja. Ovdje je vidljivo da se pH vrijednost jogurta bez dodatka praha rogača također značajno ne mijenja tijekom skladištenja od 10 dana i kreće se u sličnom rasponu vrijednosti kao i pH vrijednosti za jogurt sa 0,9 % mm (3,98 do 4,05). I kod ovih uzoraka je primijećeno slično ponašanje da se pH vrijednosti nisu značajno mijenjale s dodatkom praha rogača (kod svih dodanih koncentracija) niti odmah nakon 2 h stajanja, ali niti nakon 5 dana i kreću se u rasponu do 3,96 do 4,13. Nakon 10 dana skladištenja dolazi do smanjenja pH vrijednosti uzoraka s dodatkom praha rogača i te vrijednosti se smanjuju s povećanjem koncentracije rogača, pa je tako izmjerena pH vrijednost jogurta s dodatkom 5 g/L praha rogača iznosila 3,95, a s dodatkom 25 g/L praha rogača 3,75.

Poznato je da ukupna količina šećera koja se utroši prilikom fermentacije odgovara količini nastale mliječne kiseline (Rogelj i sur., 1998), pa smanjenje pH vrijednosti tijekom dužeg vremena skladištenja kod uzoraka koji su sadržavali veće količine praha rogača nije neočekivano s obzirom da ti uzorci sadrže značajno veće količine šećera zbog dodanog praha rogača koji u svom sastavu sadrži znatnu količinu istih.

U Tablici 5. prikazane su vrijednosti titracijske kiselosti ( $^{\circ}\text{SH}$ ) u uzorcima tekućeg jogurta sa 0,9% mm bez i sa dodatkom različitih koncentracija praha rogača nakon 2 h, 5 dana i 10 dana skladištenja na  $+4^{\circ}\text{C}$ , dok su u tablici 6. prikazana titracijske kiselosti u uzorcima tekućeg jogurta s 2,8 % mm uz dodatak istih koncentracija praha rogača. Iz Tablica 5. i 6. vidljivo je da su uzorci tekućeg jogurta bez dodanog rogača imali dosta visoke vrijednosti titracijske kiselosti odmah na početku skladištenja ( $51,85^{\circ}\text{SH}$  za 0,9 % mm i  $51,02^{\circ}\text{SH}$  za 2,8% mm). Tijekom daljnjeg skladištenja dolazi do povećanja tih vrijednosti za oko  $1^{\circ}\text{SH}$ , a vidljivo je da se u tekućem jogurtu koji sadrži manji postotak mliječne masti u odnosu na 2,8 % mm ta vrijednost poveća na  $53,05^{\circ}\text{SH}$ .

Dodatak praha rogača u jogurt s 0,9% mm odmah nakon 2 h skladištenja ne dovodi do značajnijih promjena u vrijednostima titracijske kiselosti osim za dodatak 25 g/L rogača pri čemu se ta vrijednost povećava na  $53,74^{\circ}\text{SH}$ . Stajanjem uzoraka na  $+4^{\circ}\text{C}$  tijekom 10 dana dolazi do značajnijeg povećanja titracijske kiselosti i te vrijednosti se povećavaju s porastom koncentracije dodanog praha rogača do  $57,10^{\circ}\text{SH}$ .

Sličan trend u vrijednostima titracijske kiselosti dobiven je i kod jogurta s 2,8% mm gdje također s porastom koncentracije dodanog praha rogača dolazi do povećanja vrijednosti

kiselosti u rasponu od 53,22°SH do čak 59,80°SH dodatkom 25 g/L praha rogača i stajanjem na 4°C tijekom 10 dana skladištenja. Ovakav trend u skladu je s izmjerenim pH vrijednostima u uzorcima jogurta upravo zbog povećanog sadržaja šećera koji su prisutni u uzorcima jogurta koji sadrže prah rogača, odnosno s povećanjem sadržaja šećera povećava se i količina nastale mliječne kiseline koja nastaje fermentacijom šećera u tih 10 dana stajanja.

Izmjerene vrijednosti prividne viskoznosti uzoraka tekućeg jogurta (0,9% mm i 2,8% mm) sa i bez dodatka praha rogača prikazane su u Tablicama 7. i 8. Prividna viskoznost čistog tekućeg jogurta s 0,9% mm kretala se u rasponu od 1,87 Pas do 2,25 Pas kroz 10 dana skladištenja. Te vrijednosti (Tablica 8.) nešto su više za tekući jogurt s 2,8% mm i kreću se od 3,02 Pas do 3,78 Pas. Veće vrijednosti viskoznosti kod jogurta koji je sadržavao 2,8% mm su i za očekivati, s obzirom da sadržaj mliječne masti utječe na konzistenciju i strukturu tekućeg jogurta.

Iz Tablice 7 i Tablice 8. jasno se može uočiti da se prividna viskoznost oba ispitana jogurta (0,9% mm i 2,8% mm) bez dodatka praha rogača povećava s vremenom skladištenja na +4°C. Isti trend povećanja viskoznosti s vremenom skladištenja tekućeg jogurta na +4°C primijećen je i u ranijim istraživanjima (Zamberlin i sur., 2007).

Nadalje, vidljivo je da dodatak praha rogača uzrokuje značajno povećanje viskoznosti tekućeg jogurta s 0,9% mm i 2,8 % mm i to odmah nakon 2 h skladištenja. Također što je veća koncentracija dodanog rogača u jogurt, vrijednosti viskoznosti rastu.

Iz Tablice 7. vrijednosti prividne viskoznosti izmjerene za tekući jogurt s 0,9% mm povećavaju se s 1,87 Pas na 2,75 Pas dodatkom 25 g/L praha rogača. Daljnjim skladištenjem na +4°C tijekom 10 dana dolazi do značajnog sniženja viskoznosti uzoraka koji su sadržavali prah rogača, te je najmanja viskoznost izmjerena nakon 10 dana stajanja u uzorku koji je sadržavao 25 g/L praha rogača i to 1,45 Pas.

Identičan trend porasta viskoznosti s dodatkom praha rogača primijećen je i kod jogurta koji je sadržavao 2,8 % mm (s 3,02 Pas na čak 4,75 Pas), odnosno, također dolazi do sniženja vrijednosti viskoznosti tijekom skladištenja u svim uzorcima koji su sadržavali prah rogača u koncentracijama od 5 g/L do 25 g/L. Također treba naglasiti, da skladištenjem tijekom prvih 5 dana kod uzoraka koji su sadržavali do 10 g/L praha rogača ne dolazi do značajne promjene viskoznosti (od 3,32 Pas do 3,38 Pas). Najveći utjecaj na promjenu viskoznosti odnosno do značajnog smanjenja viskoznosti dolazi u onim uzorcima koji su sadržavali između 15 g/L i

25 g/L praha rogača, a posebice je to sniženje vidljivo tijekom stajanja od 10 dana (viskoznost se smanjuje za čak 2 puta u odnosu na početnu vrijednost izmjerenu nakon 2 sata stajanja).

Iz svega navedenog može se zaključiti da povećanje količine praha rogača u uzorcima oba tekuća jogurta odmah nakon pripreme i stajanja od 2 h dovodi do povećanja prividne viskoznosti, što je bilo i za očekivati s obzirom da prah rogača sadrži određenu količinu pektina i ostalih komponenti koje su odgovorne za umrežavanje gel strukture vezanjem vode.

Nadalje, veliki sadržaj praha rogača u jogurtu tijekom stajanja dužeg od 5 dana uzrokuje značajno smanjenje viskoznosti koje je očito uvjetovano i velikim sadržajem šećera koji zbog naknadne fermentacije dovodi i do povećanja količine mliječne kiseline u uzorcima.

Poznato je da se tijekom pohrane jogurta odvijaju različite kemijske reakcije, odnosno abiotički procesi, a što ima za posljedicu povećanje pH vrijednosti jogurta i gubitak vode, a u konačnici dolazi i do neželjenih promjena na površini proizvoda. Osim toga, mikrobiološke, enzimske i abiotičke promjene nastale tijekom pohrane negativno utječu na vrijednost viskoznosti jogurta (Zamberlin i sur., 2007). Dodatno, ali ne i manje važno, povoljno ili nepovoljno na viskoznost utječe i vrsta i količina dodataka koji se koriste u proizvodnji jogurta.

## 6. ZAKLJUČCI

Na temelju rezultata dobivenih ispitivanjem utjecaja dodatka praha rogača na svojstva komercijalnog tekućeg jogurta tijekom skladištenja može se zaključiti sljedeće:

1. Dodatak praha rogača ne dovodi do značajnije promjene pH vrijednosti uzoraka jogurta ni nakon 5 dana skladištenja na  $+4^{\circ}\text{C}$  i te vrijednosti kreću se za oba jogurta oko 4,00. Nakon 10 dana dolazi do smanjenja pH vrijednosti svih uzoraka koji su sadržavali prah rogača na pH vrijednost od oko 3,70.
2. Uzorci tekućeg jogurta bez dodanog rogača imaju visoke vrijednosti titracijske kiselosti odmah na početku skladištenja ( $51,85^{\circ}\text{SH}$  za 0,9 % mm i  $51,02^{\circ}\text{SH}$  za 2,8% mm), najvjerojatnije zbog činjenice da se radi o komercijalnim jogurtima koji su već bili skladišteni određeno vrijeme.
3. Titracijska kiselost povećava se s povećanjem koncentracije praha rogača u oba jogurta i najveću vrijednost postiže dodatkom 25 g/L rogača i nakon 10 dana skladištenja ( $53,74^{\circ}\text{SH}$  za 0,9 % mm i  $57,10^{\circ}\text{SH}$  za 2,8% mm).
4. Do povećanja titracijske kiselosti i smanjenja pH vrijednosti nakon 10 dana skladištenja u onim uzorcima koji su sadržavali prah rogača najvjerojatnije dolazi zbog povećanog sadržaja šećera, te se s povećanjem sadržaja šećera povećava i količina nastale mliječne kiseline koja nastaje fermentacijom šećera u tih 10 dana stajanja.
5. Prividna viskoznost čistog tekućeg jogurta s 0,9% mm kreće se u rasponu od 1,87 Pas do 2,25 Pas kroz 10 dana skladištenja i nešto je viša za tekući jogurt s 2,8% mm (od 3,02 Pas do 3,78 Pas).
6. Povećanje količine praha rogača u uzorcima oba tekuća jogurta odmah nakon pripreme i stajanja od 2 h dovodi do povećanja prividne viskoznosti, a daljnjim skladištenjem na  $+4^{\circ}\text{C}$  tijekom 10 dana dolazi do sniženja viskoznosti uzoraka.
7. Dodatak praha rogača u koncentraciji većoj od 10 g/L nepovoljno utječe na viskoznost i kiselost jogurta, posebice ako se uzorci čuvaju duže od 5 dana na  $+4^{\circ}\text{C}$ .

## 7. LITERATURA

1. Andritz separation, <https://www.andritz.com/separation-en>, pristupljeno (25.05.2020.)
2. Anonymus (2020): Kazalo naziva aditiva, [https://e-brojevi.udd.hr/e\\_abeceda.htm](https://e-brojevi.udd.hr/e_abeceda.htm) pristupljeno (20.03.2020.)
3. Battle, I. ; Tous, J. (1997): Carob tree (*Ceratonia siliqua* L.). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben / International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
4. Bylund, G. (1995): Dairy processing handbook, Tetra Pak Processing Systems AB, Lund, Sweden.
5. Božanić, R., Tratnik, L.J., Marić, O. (2000): Utjecaj dodatka koncentrata proteina sirutke na viskoznost i mikrobiološku kakvoću jogurta tijekom čuvanja. *Mljekarstvo* 50, 15 - 24.
6. Codex Alimentarius (2003): Codex standard for fermented milks (CODEX STAN 243-2003), Adopted in 2003, Revision 2008, 2010, 1-11.
7. Espírito-Santo, A. P., Lagazzo, A., Sousa, A. L. O. P., Perego, P., Oliveira, M. N. (2013): Rheology, spontaneous whey separation, microstructure and sensorial characteristics of probiotic yoghurts enriched with passion fruit fiber. *Food Research International* 50, 224 - 231.
8. Kulenović, M.B. (2019): Jogurt –čuvar zdravlja, <https://www.jatrgovac.com/jogurt-cuvar-zdravlja/>. pristupljeno (18.03.2020.)
9. Kumazawa S, Taniguchi M, Suzuki Y, Shimura M, Kwon MS, Nakayama T. (2002): Antioxidant activity of polyphenols in carob pods, *Journal of Agric. Food Chem.* 50, 373-377.
10. Lelas, V. (2006): Prehrambeno tehnološko inženjerstvo 1. Golden marketing- Tehnicka knjiga, Zagreb.
11. Lovrić, T. (2003): Procesi u prehrambenoj industriji, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
12. Pravilnik o prehrambenim aditivima (2011): NN 062/2011.
13. Rogelj, I., Miklič-Anderlič, A., Bogovič-Matijašić, B. (1998): Preživljavanje *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* i *Bifidobacterium* spp. tijekom skladištenja fermentiranog mlijeka, *Mljekarstvo* 48 (1), 27-36.
14. Samardžija, D. (2005.): Fermentirana mlijeka, Zagreb, str. 209-339.
15. Strikić, F., Čmelik, Z., Perica, S. (2006): Morfološke osobine dva perspektivna tipa rogača (*Ceratonia siliqua* L.) s otoka Visa, *Pomologia Croatica* 4 (12) 245-254.

16. Tratnik, Lj. (1998.): Mlijeko – tehnologija, biokemija i mikrobiologija, (Volarić, V., ured.) Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb, str. 153-194.
17. Torre, L. L., Tamime, A. Y., Muir, D. D. (2003): Rheology and sensory profile of set-type fermented milks made with different commercial probiotic and yoghurt starter cultures. *International Journal of Dairy Technology* 56, 163-170.
18. Tratnik, Lj., Božanić, R. (2012.): Mlijeko i mliječni proizvodi, Zagreb: Hrvatska mljekarska udruga, str. 163-202.
19. Tudor, M., Samaržija, D., Havranek, J. (2008.): Dodatci u proizvodnji jogurta. *Mljekarstvo* 58, 21 - 32.
20. Zamberlin, Š., Samaržija, D., Mamula, P., Havranek, J., Pecina, M., Pogačić, T. (2007): Viskoznost tekućeg jogurta tijekom pohrane, *Mljekarstvo* 57 (3) 209-218.

