

Inovativni krem-proizvodi kao dio kružne prerade lješnjaka

Šarić, Dario

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:294311>

Rights / Prava: [Attribution-ShareAlike 4.0 International / Imenovanje-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna](#)

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

REPOZITORIJ

PTF OS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

Dario Šarić

INOVATIVNI KREM-PROIZVODI KAO DIO KRUŽNE PRERADE
LJEŠNJAKA

DIPLOMSKI RAD

Osijek, srpanj, 2024.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
Zavod za prehrambene tehnologije
Katedra za tehnologiju ugljikohidrata
Franje Kuhača 18, 31000 Osijek, Hrvatska

Sveučilišni diplomski studij Prehrambeno inženjerstvo

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti
Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija
Nastavni predmet: Tehnologija ugljikohidrata i konditorskih proizvoda
Tema rada je prihvaćena na IX. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2023./2024. održanoj 28. lipnja 2024.
Mentor: izv. prof. dr. sc. *Antun Jozinović*
Pomoć pri izradi: prof. dr. sc. *Đurđica Ačkar*

Inovativni krem-proizvodi kao dio kružne prerade lješnjaka

Dario Šarić, 0113148768

Sažetak: U posljednjih nekoliko godina, održivi razvoj i kružno gospodarstvo postali su ključni faktori u prehrambenoj industriji. Ovaj diplomski rad istražio je mogućnosti korištenja nusproizvoda prerade lješnjaka, poput pogače i taloga nastalih hladnim prešanjem ulja, kao zamjene za pastu od lješnjaka u krem-proizvodima. Takav pristup smanjuje otpad i povećava vrijednost sirovina, doprinoseći ekonomskoj i ekološkoj održivosti. Uz to, istražio se utjecaj zamjene stolnog šećera kokosovim šećerom u svrhu postizanja boljeg nutritivnog sastava. Krem-proizvodi su pripremljeni na bazi jednog kilograma u kugličnom mlinu pri temperaturi 60 °C sa šest kg kuglica i pri brzini 70 o/min. Analizirana su svojstva dobivenih proizvoda, uključujući boju, koloidnu i oksidacijsku stabilnost, teksturu, reološka svojstva te veličinu čestica. Rezultati pokazuju da dodatak pogače i taloga značajno mijenja boju i teksturu proizvoda, povećava viskoznost i čvrstoću, ali ne utječe negativno na stabilnost, ni koloidnu niti oksidacijsku. Uzorci s kokosovim šećerom, osim što su različite boje, imaju veće čestice i minorno smanjenu koloidnu stabilnost, ali su bolje mazivosti. Inovativni krem-proizvodi na bazi nusproizvoda lješnjaka senzorski su prihvatljiviji, što ukazuje na njihov potencijal za tržište. Time bi se osigurao kružni proces prerade lješnjaka, valorizacija nusproizvoda, ekonomičnost, inovativnost proizvoda i očuvanje okoliša. Slično se može primijeniti i na kokosov šećer koji, iako utječe na senzorska svojstva krem-proizvoda, doprinosi funkcionalnosti proizvoda.

Ključne riječi: krem-proizvodi, lješnjakovo ulje, pogača od lješnjaka, talog od lješnjaka, šećer kokosovog cvijeta

Rad sadrži: 69 stranica
52 slike
4 tablice
0 priloga
77 literaturnih referenci

Jezik izvornika: hrvatski

Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:

| | |
|--|---------------|
| 1. prof. dr. sc. <i>Drago Šubarić</i> | predsjednik |
| 2. izv. prof. dr. sc. <i>Antun Jozinović</i> | član-mentor |
| 3. prof. dr. sc. <i>Đurđica Ačkar</i> | član |
| 4. prof. dr. sc. <i>Jurislav Babić</i> | zamjena člana |

Datum obrane: 5. srpnja 2024.

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 18, Osijek.

BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Food Technology Osijek
Department of Food Technologies
Subdepartment of Carbohydrates Technology

Franje Kuhača 18, HR-31000 Osijek, Croatia

Graduate program Food Engineering

Scientific area: Biotechnical sciences

Scientific field: Food technology

Course title: Carbohydrate and confectionery technology

Thesis subject was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. IX. held on June 28, 2024.

Mentor: *Antun Jozinović*, PhD, associate prof.

Technical assistance: *Đurđica Ačkar*, PhD, prof.

Innovative Sweet Spreads as Part of the Circular Processing of Hazelnuts

Dario Šarić, 0113148768

Summary:

In recent years, sustainable development and circular economy have become key factors in the food industry. This graduate thesis explored the potential use of by-products from hazelnut processing, such as press cake and sediment from cold pressing, as substitutes for hazelnut paste in sweet spreads. This approach reduces waste and enhances the value of raw materials, contributing to economic and ecological sustainability. Additionally, the study investigated the impact of replacing table sugar with coconut sugar. Such substitution yields a more nutritious sweet spread. The sweet spreads were prepared on the basis of one kilogram in a ball mill at a temperature of 60 °C with 6 kg of balls (made of stainless steel) and at speed rotation of mixer 70 rpm. The properties of the resulting products, including color, colloidal and oxidative stability, texture, rheological properties, and particle size, were analyzed. The results indicate that the addition of hazelnut press cake and sediment significantly alters the color and texture of the products, increases viscosity and hardness, but such addition doesn't affect colloidal and oxidative stability. Samples with coconut sugar, besides differing in color, exhibited larger particles and minor reduction in colloidal stability, but such samples had improved spreadability. Innovative sweet spreads based on hazelnut by-products were sensorially acceptable, highlighting their market potential. This ensures a circular process in hazelnut processing, valorization of by-products, economic efficiency, product innovation, and environmental conservation. Coconut sugar had similar effects on sweet spreads as by-products. While affecting the sensory properties of sweet spreads, coconut sugar enhances their functionality.

Key words: sweet spreads, hazelnut oil, hazelnut press cake, hazelnut oil sediment, coconut sugar

Thesis contains: 69 pages
52 figures
4 tables
0 supplements
77 references

Original in: Croatian

Defense committee:

- | | |
|--|--------------|
| 1. <i>Drago Šubarić</i> , PhD, prof. | chair person |
| 2. <i>Antun Jozinović</i> , PhD, associate prof. | supervisor |
| 3. <i>Đurđica Ačkar</i> , PhD, prof. | member |
| 4. <i>Jurislav Babić</i> , PhD, prof. | stand-in |

Defense date: July 5, 2024

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library of the Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 18, Osijek.

Ovaj rad je sufinancirala Osječko-Baranjska županija projektom „Iskorištavanje taloga koji nastaje kao nusprodukt u proizvodnji hladno prešanog ulja lješnjaka u izradi krem-proizvoda“.

SADRŽAJ

| | |
|---|-----------|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. TEORIJSKI DIO | 3 |
| 2.1. LJEŠNJAK | 4 |
| 2.2. LJEŠNJAKOVO ULJE | 5 |
| 2.2.1. Proizvodnja lješnjakovog ulja | 6 |
| 2.2.2. Kvarenje lješnjakovog ulja | 10 |
| 2.2.3. Nusproizvodi hladnog prešanja lješnjaka | 12 |
| Pogača | 12 |
| Talog | 14 |
| 2.3. KREM-PROIZVODI | 15 |
| 2.4. SIROVINE ZA PROIZVODNJU KREM-PROIZVODA | 17 |
| 2.4.1. Kakao proizvodi | 17 |
| 2.4.2. Mliječni proizvodi | 17 |
| 2.4.3. Šećer | 18 |
| 2.4.4. Masnoće | 20 |
| Palmino ulje | 21 |
| Kokosova mast | 22 |
| 2.4.5. Emulgator | 24 |
| Lecitin | 25 |
| Sintetski emulgatori | 25 |
| 2.4.6. Arome | 26 |
| 2.4.7. Lješnjak pasta | 27 |
| 2.5. INDUSTRIJSKA PROIZVODNJA KREM-PROIZVODA | 27 |
| 2.5.1. Zamjes | 27 |
| 2.5.2. Valcanje | 28 |
| 2.5.3. Končiranje | 29 |
| 2.5.4. Završna obrada | 31 |
| 3. EKSPERIMENTALNI DIO | 32 |
| 3.1. ZADATAK | 33 |
| 3.2. MATERIJALI I METODE | 33 |
| 3.2.1. Korištene sirovine | 33 |
| 3.2.2. Laboratorijska proizvodnja krem-proizvoda | 37 |
| 3.2.3. Određivanje boje | 39 |
| 3.2.4. Određivanje veličine čestica | 41 |
| 3.2.5. Određivanje koloidne stabilnosti | 42 |
| 3.2.6. Određivanje teksture | 43 |
| 3.2.7. Određivanje oksidacijske stabilnosti | 44 |
| 3.2.8. Određivanje reologije krem-proizvoda | 45 |
| 4. REZULTATI I RASPRAVA | 48 |
| 4.1. BOJA KREM-PROIZVODA | 49 |
| 4.2. VELIČINA ČESTICA UNUTAR KREM-PROIZVODA | 51 |
| 4.3. KOLOIDNA STABILNOST KREM PROIZVODA | 52 |
| 4.4. TEKSTURA KREM-PROIZVODA | 53 |
| 4.5. OKSIDACIJSKA STABILNOST KREM-PROIZVODA | 55 |
| 4.6. REOLOGIJA KREM-PROIZVODA | 56 |
| 5. ZAKLJUČAK | 60 |
| 6. LITERATURA | 62 |

1. UVOD

U posljednjih nekoliko godina, održivi razvoj i kružno gospodarstvo postali su ključni faktori u prehrambenoj industriji. Korištenje nusproizvoda iz proizvodnih procesa ne samo da smanjuje otpad nego i povećava vrijednost sirovina, doprinoseći ekonomičnosti i ekološkoj održivosti. Jedan od primjera takvog pristupa je upotreba nusproizvoda prerade lješnjaka, poput pogače i taloga koji nastaju tijekom hladnog prešanja ulja, za razvoj inovativnih krem-proizvoda. Lješnjaci su bogati uljem i nutritivno vrijednim sastojcima, no nakon procesa hladnog prešanja za dobivanje ulja zaostaju značajne količine pogače i taloga. Tradicionalno, navedeni nusproizvodi su se često koristili kao stočna hrana ili su jednostavno odlagani, što nije optimalno s gledišta održivosti. U novije vrijeme, prehrambeni su tehnolozi prepoznali potencijal ovih nusproizvoda kao vrijednih sastojaka u prehrambenim proizvodima.

Cilj ovog diplomskog rada je istražiti mogućnosti korištenja pogače i taloga od lješnjaka kao zamjene za pastu od lješnjaka u recepturama za krem-proizvode. Takav pristup ne samo da valorizira nusproizvode i smanjuje otpad, nego također može dovesti do razvoja inovativnih proizvoda s dodatnim nutritivnim i funkcionalnim svojstvima. Osim toga, istražit će se utjecaj zamjene stolnog šećera u prahu kokosovim šećerom, što doprinosi funkcionalnosti krem-proizvoda. Dobivenim proizvodima analizirana su određena svojstva, kao što su boja, koloidna i oksidacijska stabilnost, tekstura, reološka svojstva te veličina čestica.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. LJEŠNJAK

Lješnjak je plod grmolike biljke zvane lijeska (*Corylus avellana*). Od značajnijih uzgajivača lijeske bitno je istaknuti Tursku, Italiju, Španjolsku, SAD, Azerbajdžan te Gruziju. Budući da pokriva 65 % svjetske proizvodnje lješnjaka, najznačajniji proizvođač lješnjaka s navedene liste je Turska (Jakobović i sur., 2020). Plod lijeske, lješnjak, sastoji se od jezgre i ljuske. Ljuska kao nusproizvod, primjenjuje se kao biogorivo te za proizvodnju ugljena. Osim toga, ljuska se može upotrijebiti i kao sirovina za proizvodnju organskog spoja furfurala (Lipinčić, 2019). S druge strane, jezgra lješnjaka prosječno sadrži 60-65 % ulja, 14-15 % proteina i 16-17 % ugljikohidrata. Bogata je vitaminima i nezasićenim masnim kiselinama, među kojima se najviše ističe oleinska kiselina (80 %) (Gumus i Tekin, 2021), ali bitno je spomenuti i prisutnost linolne kiseline (6-12 %) (Jokić i sur., 2016). Isto tako, lješnjak je bogat folnom kiselinom koja je neophodna za trudnice i normalan razvoj djeteta. Većina lješnjaka koristi se u konditorske svrhe, dok je proizvodnja lješnjakovog ulja manje prisutna. Lješnjak se može koristiti i u medicini za liječenje anemije, krvnog tlaka, kašlja, bolesti crijeva i bubrega (Šoškić, 2006).

Postoje brojne sorte lješnjaka. Za područje Republike Hrvatske najbitnije je istaknuti sorte *istarski duguljasti* te *rimski*. Sorta *rimski* upotrebljava se kao glavni oprašivač za sortu *istarski duguljasti* zbog čega se često sade zajedno unutar istog nasada. Karakterističnost sorte *istarski duguljasti* je ta što je ovojnica duža od ploda, tako da plod teže ispada iz nje, čime je otežana strojna berba lješnjaka. S druge strane, sorta *rimski* lako ispada iz ovojnice jer je ovojnica ploda jednako duga kao i plod te je na taj način olakšano strojno skupljanje. Sorta *istarski duguljasti* primjenu pronalazi za stolnu konzumaciju (konzumni lješnjak) jer im je jezgra krupna, dok se sorta *rimski*, zbog manjih plodova, češće koristi u konditorskoj industriji (Jakobović i sur., 2020).

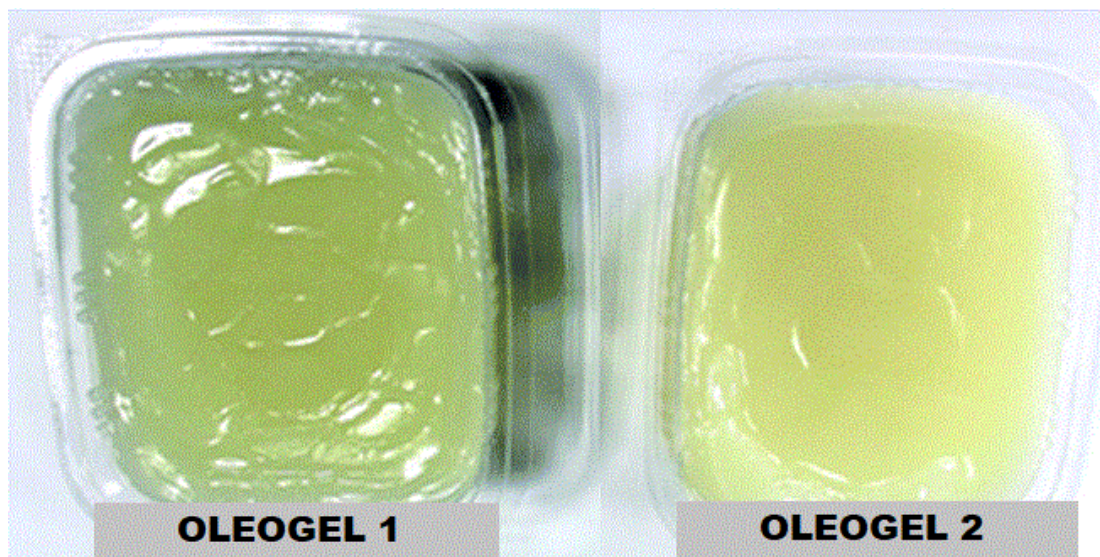
2.2. LJEŠNJAKOVO ULJE

Ulje od lješnjaka bogato je mineralima, naročito borom, a osim toga, navedeno ulje izvor je brojnih bioaktivnih komponenti (Gumus i Tekin, 2021). Mnoga istraživanja dokazuju brojne pozitivne učinke na zdravlje ljudi prilikom konzumacije jestivog lješnjakovog ulja. Razlog tome je prisutnost vitamina E (α -tokoferola) koji ima antioksidacijsko djelovanje, a osim toga, zastupljene nezasićene masne kiseline i steroli smanjuju rizik oboljenja od kardiovaskularnih bolesti (Jokić i sur., 2016). Gumus i Tekin (2021) navode da lješnjakovo ulje smanjuje kolesterol u krvi (smanjuje nisku gustoću lipoproteinskog kolesterola), a osim toga regulira razinu šećera u krvi pa smanjuje rizik od dijabetesa. Bitnu ulogu ima i organski spoj skvalen prisutan u ulju lješnjaka koji smanjuje rizik od određenih tipova raka (Gumus i Tekin, 2021).

S obzirom na to da lješnjakovo ulje ne sadrži visoki udio polinezasićenih masnih kiselina te je u samom ulju prirodno prisutan tokotrienol (dio kompleksa vitamina E), koji ima antioksidacijska svojstva, održivost lješnjakovog ulja je poprilično dobra (Moslavac i sur., 2023).

Trigliceridni sastav i sastav sterola lješnjakovog i maslinovog ulja je vrlo sličan, stoga je moguće patvorenje maslinovog ulja lješnjakovim uljem budući da je lješnjakovo ulje jeftinije (Peña i sur., 2005). Budući da su sličnog sastava, teže je detektirati patvorenje, naročito kada je udio lješnjakovog ulja u smjesi djevičanskog maslinovog i lješnjakovog ulja ispod 20 % (Gumus i Tekin, 2021), ali Peña i sur. (2005) uspješno su razvili metodu za utvrđivanje patvorenja.

Što se tiče primjene lješnjakovog ulja, najčešće se konzumira kao dodatak salatama. Proizvod sličan majonezi, emulzija vode i lješnjakovog ulja, mogao bi pronaći mjesto na tržištu u budućnosti kao funkcionalna hrana (Sahin i sur., 2022). U današnje vrijeme, oleogelovi privlače pažnju brojnim znanstvenicima budući da se smatra da mogu zamijeniti masti u čokoladi i krem-proizvodima čime bi se navedeni proizvodi nutritivno poboljšali. Oleogelovima se štetne zasićene i trans masne kiseline zamjenjuju nezasićenima. U mrežu polimernih molekula inkorporiraju se kapljice nezasićenih masti (tekućeg ulja) prilikom čega nastaje gelasta struktura koja je maziva (Ačkar, 2024). Zbog visoke koncentracije zasićenih masnih kiselina i prisutnosti trans masnih kiselina u margarinu i maslacu, kao zdravija alternativa za namaz, ispitivani su jestivi oleogelovi od lješnjakovog ulja (**Slika 1**) koji su napravljeni pomoću različitih voskova koji djeluju kao gelirajući agens. Osim što imaju bolji učinak na zdravlje ljudi, senzorska svojstva su također pozitivno ocijenjena (Yilmaz i Ölütcü, 2015).



Slika 1 Prikaz oleogelova od lješnjakovog ulja (Yilmaz i Ölütcü, 2015)

Osim u prehrambene svrhe, lješnjakovo ulje ima široku primjenu i u kozmetičkoj i farmaceutskoj industriji (Moslavac i sur., 2023). Lješnjakovo ulje kao sastojak u kozmetičkim pripravcima poboljšava hidrataciju suhe kože zahvaljujući fosfolipidima prisutnim u lješnjakovom ulju (Masson i sur., 1990). Ulje od lješnjaka pripada u skupinu brzoupijajućih ulja zbog čega se može koristiti tijekom masaža. Koristi se i tijekom aromaterapije s ciljem očuvanja zdravlja te prevencije bolesti (Athar i Nasir, 2005). Lješnjakovo ulje pokazuje potencijalnu primjenu i u proizvodnji biodizela (Xu i Hanna, 2009).

2.2.1. Proizvodnja lješnjakovog ulja

Općenito, jestiva biljna ulja dijele se na tri kategorije ovisno o postupku proizvodnje: rafinirana, hladno prešana te djevičanska (NN 11/19). Karakterističnost vezana uz hladno prešana ulja je ta što se ne primjenjuje visoka temperatura tijekom prešanja kako bi se termolabilne komponente u sastavu ulja sačuvale u što većoj mjeri (temperatura ulja na izlazu iz preše ne smije prelaziti 50 °C). Osim toga, na taj način ulje zadržava svoju prirodnu aromu koja je karakteristična za sirovinu, što nije slučaj kod rafiniranih ulja. Razlika između hladno prešanih i djevičanskih ulja je upravo u primjeni topline. Kod proizvodnje djevičanskih ulja se primjenjuje toplina kako bi se povećao prinos ulja što znači da temperatura ulja na izlazu iz preše smije biti iznad 50 °C (Lenart i sur., 2020).

Prije proizvodnje lješnjakovog ulja, potrebno je sirovinu na adekvatan način pripremiti. Nakon berbe, lješnjak je potrebno odvojiti od ovojnice (operacija zvana komušanje), osušiti, sortirati po veličini te izdrobiti kako bi se jezgra lješnjaka odvojila od ljuske. Nakon pripreme, izdvaja se ulje iz lješnjaka uz što optimalnije uvjete kako bi prinos ulja iz lješnjaka bio što veći (Jakobović i sur., 2020).

Zbog visokog udjela ulja u svome sastavu, lješnjak je pogodna sirovina za proizvodnju ulja. Dobiveni nusproizvodi nakon hladnog prešanja lješnjaka su svi upotrebljivi za daljnju preradu za hranu. Osim u prehrambene svrhe, lješnjakovo ulje ima široku primjenu i u kozmetičkoj i farmaceutskoj industriji. Sorta lješnjaka koja se upotrebljava za hladno prešanje utječe na prinos ulja, a i na to kakvo će u konačnici ulje biti dobiveno što se tiče mirisa i boje. Iz sorti *rimski* i *lambert* je nakon hladnog prešanja izdvojeno 4 % veća količina izdvojenog ulja u odnosu na sortu *istarski duguljasti*, što će reći da sorte *rimski* i *lambert* imaju veći udio ulja u svome sastavu (Jakobović i sur, 2020).

Ulje lješnjaka dobiva se mehaničkim ili kemijskim putem. Kod mehaničkog načina, koriste se pužne preše (**Slika 2**), koje uz pomoć visokog tlaka istiskuju ulje iz jezgre lješnjaka (Jokić i sur., 2016). Iz dobivenog sirovog ulja, vidljivog na **Slici 2** u menzuri, potrebno je ukloniti nepoželjne sitne krute čestice jezgre lješnjaka koje zajedno s uljem izlaze iz preše. Uklanjaju se iz razloga što se takve čestice talože u ulju, a zamućenost ulja uzrokovana talogom odbija potrošače od kupnje takvog proizvoda na tržištu (Gumus i Tekin, 2021).

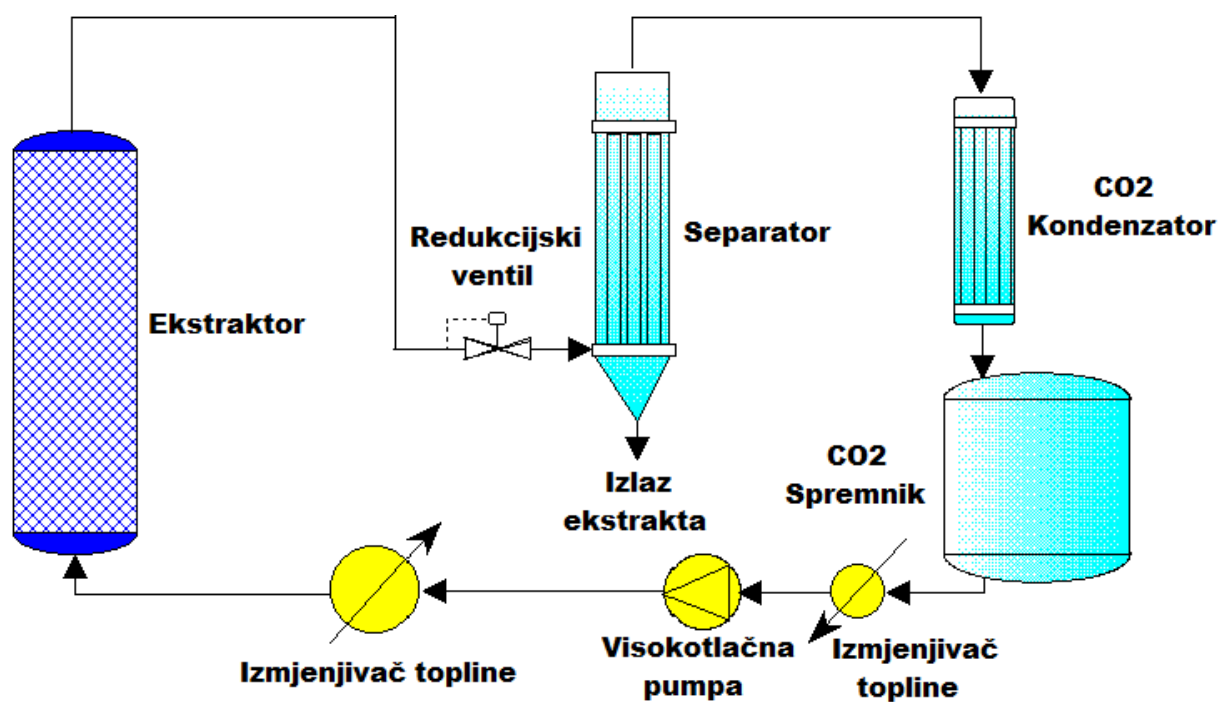


Slika 2 Pužna preša pri proizvodnji hladno prešanog lješnjakovog ulja

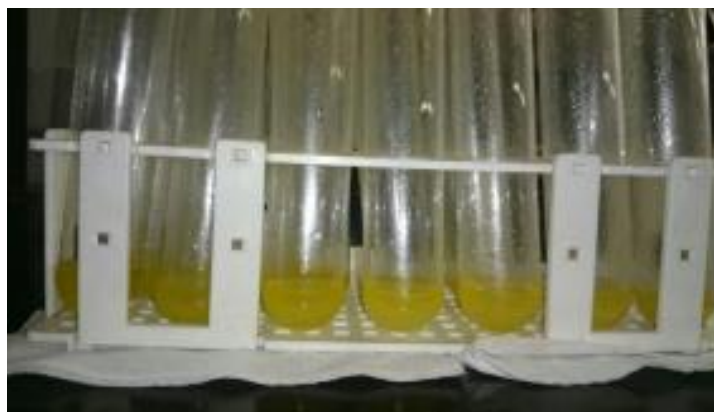
Što se tiče kemijskog načina, ulje se dobiva ekstrakcijom. Najčešće korišteno otapalo za ekstrakciju ulja iz lješnjaka je heksan (Gumus i Tekin, 2021). Princip rada ekstrakcije je taj što ulje ima veću topljivost u nepolarnom otapalu pa ulje prelazi iz lješnjaka u heksan. Međutim, smjesu heksana i ulja lješnjaka potrebno je pročititi. Da bi se dobio finalni proizvod, potrebna je rafinacija navedene smjese kako bi se u konačnici dobilo zdravstveno ispravno rafinirano lješnjakovo ulje. Takvo ulje manje je kvalitetno od hladno prešanog lješnjakovog ulja

dobivenog pomoću pužne preše zbog rezidua kemikalija koji i nakon rafinacije zaostaju u ulju. Također, rafinacijom se gube i brojne bioaktivne komponente, poput esencijalnih masnih kiselina, fenolnih spojeva, flavonoida, tokoferola i ostalih, što čini hladno prešano ulje i u tom pogledu kvalitetnije. Osim toga, nusproizvod kod proizvodnje hladno prešanog ulja je pogača, koja u sebi ne sadržava nikakve štetne kemikalije, a kod rafiniranog ulja je tzv. sačma kao nusproizvod neupotrebljiva za daljnju obradu pošto je kontaminirana heksanom i ostalim kemikalijama kojima se provodi rafinacija (Moslavac, 2022). Međutim, glavni nedostatak proizvodnje lješnjakovog ulja primjenom pužne preše je taj što je prinos malen (Jokić i sur, 2016).

U današnje vrijeme, sve je veća primjena ekstrakcije superkričnim ugljikovim dioksidom. Navedena metoda, kao i hladno prešanje pomoću pužne preše, spadaju u zelene tehnologije budući da ne utječu štetno na okoliš (Vladić i sur., 2020). Princip rada (**Slika 3**) zasniva se na prevođenju plinovitog ugljikovog dioksida u superkrično stanje pomoću visokotlačne pumpe. Ugljikov dioksid, kao superkrični fluid, odlazi u ekstraktor gdje ekstrahira komponente iz određenog materijala, zatim smjesa ekstrahirane tvari i ugljikovog dioksida prolazi kroz redukcijski ventil gdje ugljikov dioksid ponovno prelazi u plinovito stanje, što znači da će se zbog manje specifične težine u separatoru odvajati u gornjem dijelu, dok će u donjem dijelu separatora zaostajati čisti ekstrakt. Plinoviti ugljikov dioksid dalje ide na ukapljivanje u kondenzator radi lakšeg skladištenja budući da kapljevina zahtjeva manje prostora u usporedbi s plinom (Laitinen, 1999). Ekstrakti dobiveni navedenom metodom nemaju tragova toksičnih kemikalija kao što je bio slučaj kod ekstrakcije heksanom, stoga su vrlo cijenjeni. Nusproizvod koji zaostaje nakon ekstrakcije superkričnim ugljikovim dioksidom je pogača, jednako kao i kod hladnog prešanja primjenom pužne preše, što znači da se takav nusproizvod može naknadno preraditi u proizvod za ljudsku konzumaciju. Özkal i sur. (2005) uspješno su ekstrahirali ulje iz lješnjaka primjenom superkričnog ugljikovog dioksida. Osim toga, Jokić i sur. (2016) dokazali su mogućnost potpune ekstrakcije zaostalog ulja iz pogače (**Slika 4**), dobivene nakon hladnog prešanja, pomoću superkričnog ugljikovog dioksida čime se povećava prinos ulja, a pogača bez prisutnosti ulja, dobivena nakon ekstrakcije, pokazuje potencijal kod proizvodnje funkcionalne hrane poput ekstrudiranih proizvoda obogaćenih prehrambenim vlaknima. Kao otapalo kod ovakvog tipa ekstrakcije, koristi se superkrični ugljikov dioksid koji nema ni toksična svojstva niti je štetan za okoliš, međutim, glavni nedostatak navedene metode su visoki investicijski te proizvodni troškovi (Jokić i sur., 2016).



Slika 3 Princip rada ekstrakcije sa superkričnim ugljikovim dioksidom (Laitinen, 1999)



Slika 4 Ekstrahirano lješnjakovo ulje pomoću superkričnog ugljikovog dioksida iz pogače dobivene hladnim prešanjem (Rot, 2015)

2.2.2. Kvarenje lješnjakovog ulja

Ulja su, općenito, podložna kvarenju zbog kemijskih, enzimskih te mikrobioloških reakcija koje s vremenom uzrokuju kvarenje ulja, stoga je bitno osigurati ambalažu koja će ulju pružiti zaštitu od sekundarne kontaminacije, prodiranja štetnih plinova i UV-zraka. Najčešće se u tu svrhu upotrebljava ambalaža od tamnog stakla (**Slika 5**), polimernih materijala te nehrđajućeg čelika (**Slika 6**) (Ljiljanić, 2015).



Slika 5 Ambalaža od tamnog stakla (web izvor 1)



Slika 6 Inox spremnik za skladištenje većih kapaciteta biljnih ulja (Lipinčić, 2019)

Kvarenje ulja se očituje u smanjenju nutritivne vrijednosti te narušavanju senzorskih karakteristika ulja. Osim toga, dolazi do sinteze toksičnih spojeva, kao što su malondialdehidi te peroksidi nastali oksidacijom ulja. Indikator kvarenja ulja je neugodan okus i miris, a takvo stanje ulja se naziva užeglost (Čorbo, 2008).

Kemijske reakcije koje dovode do kvarenja ulja su autooksidacijske, termooksidacijske promjene te reverzija. Najčešće su autooksidacijske reakcije gdje dolazi do pucanja dvostruke veze i formiranja slobodnih radikala koji pokreću niz lančanih štetnih reakcija. Odvijaju se u tri faze: inicijacija, propagacija i terminacija. Primarni produkti autooksidacije su hidroperoksidi, a njihovom razgradnjom nastaju aldehidi, ketoni te alkoholi koji su nositelji neugodnog okusa i mirisa. Što ulje sadrži više masnih kiselina koje u svome sastavu imaju veći broj nezasićenih veza, to je ulje podložnije oksidacijskom kvarenju. Osim autooksidacije koju uzrokuju molekule kisika, može doći i do termooksidacijskih promjena koje su rezultat izlaganja ulja visokim temperaturama. Zbog toga se ne preporučuje višekratno korištenje ulja za prženje zbog formiranja štetnih produkata tijekom termooksidacije. Uz oksidacijske reakcije, bitno je spomenuti i reverziju u koju se ubrajaju kemijske reakcije koje dovode do formiranja neugodnog okusa i mirisa na ribu (Moslavac, 2022).

Uz kemijske promjene, kvarenje ulja mogu uzrokovati i mikrobiološke ili enzimske reakcije. U tu skupinu ubrajaju se reakcije β -ketoosidacije te hidrolitička razgradnja. Uzročnici β -ketoosidacije su mikroorganizmi. Plijesni iz roda *Aspergillus* i *Penicillium*, zajedno s bakterijama *Bacillus mesentericus* i *Bacillus subtilis*, djelovanjem metabolizma iz zasićenih masnih kiselina stvaraju β -keto kiseline i metil ketone koji su nositelji užglosti ulja. Kako bi se to spriječilo, ulje se podliježe pasterizaciji ili sterilizaciji, a osim toga, isti učinak je moguće postići dodatkom konzervansa ili sniženjem pH. Hidrolitičkom razgradnjom (djelovanjem enzima lipaza) dolazi do cijepanja molekule triglicerida na slobodne masne kiseline i trovalentni alkohol glicerol. Zbog slobodnih masnih kiselina koje se oslobađaju hidrolitičkom razgradnjom, dolazi do povećanja kiselosti ulja, a kako ne bi došlo do toga, potrebno je zaustaviti djelovanje lipaza djelovanjem temperature iznad 80 °C ili ispod -20 °C (Moslavac, 2022).

Nakon što je iz sirovog lješnjakovog ulja, dobivenog pomoću pužne preše, uklonjen talog, potrebno ga je na adekvatan način skladištiti kako bi se u što većoj mjeri usporilo oksidacijsko kvarenje. Pojmom oksidacijska stabilnost označava se vrijeme tijekom kojeg ne dolazi do autooksidacije i užglosti ulja. Kako bi ulje bilo što dulje oksidacijski stabilno, drugim riječima, kako bi se produljio rok trajanja, moguće je koristiti antioksidanse koji u malim količinama usporavaju oksidacijsko kvarenje. Antioksidansi mogu biti prirodni ili sintetski. Vitamin A (retinol) i vitamin E (α -tokoferol) prisutni u lješnjakovom ulju također imaju antioksidacijska svojstva, međutim, bez obzira na njihovu prisutnost, moguće je dodatno produljiti rok trajanja dodatkom antioksidanasa koji se ne nalaze prirodno u lješnjakovom ulju. Antioksidacijsko se djelovanje može očitovati na dva različita načina, stoga se antioksidansi mogu podijeliti na primarne i sekundarne. Primarni antioksidansi sprječavaju negativno djelovanje slobodnih radikala tako da im doniraju vodikov atom, dok sekundarni antioksidansi (sinergisti) sprječavaju djelovanje prooksidanasa (tvari koje potiču oksidaciju kao što su ioni metala). Sinergisti samostalno ne djeluju kao antioksidansi, nego u kombinaciji s primarnim antioksidansima pospješuju njihov rad. Ne djeluje svaki sinergist jednako sa svakim primarnim antioksidansom, štoviše, moguće je da određena kombinacija primarnih i sekundarnih antioksidanasa dovodi do ubrzanja autooksidacije, stoga je potrebno pažljivo odabirati parove. Najčešći sinergisti su lecitin te askorbinska, octena i limunska kiselina, a od primarnih antioksidanasa ističu se tokoferoli, flavonoidi, askorbati, fenoli, galati, hidrokvinoni i ekstrakti biljaka i začina (Moslavac, 2022).

Prooksidansi su čimbenici koji imaju suprotno djelovanje od antioksidanasa, što znači da oni pospješuju proces autooksidacije. U skupinu prooksidanasa spadaju povišena temperatura, svjetlost, tragovi metala, određeni pigmenti te slobodne masne kiseline (Oštrić-Matijašević i Turkulov, 1980).

Kako bi se utvrdilo zadovoljava li određeno ulje uvjete zakonske regulative, potrebno je napraviti analizu ulja. Postoje brojne metode za određivanje stupnja oksidacije, a one se mogu podijeliti na senzorske, fizikalne te kemijske metode. Senzorskim analizama se određuje prisutnost užeglog okusa i mirisa ulja, međutim, navedene analize su subjektivne i neprecizne, stoga su u praksi češće fizikalne i kemijske metode. Od fizikalnih metoda najčešće korištene su spektrofotometrija, nuklearna magnetska rezonancija te kromatografske metode. Kemijskim metodama se najčešće određuju peroksidni, anisidinski, saponifikacijski te jodni broj (Moslavac, 2022).

Sve navedene činjenice o kvarenju ulja, općenito vrijede za sve vrste ulja pa tako i za lješnjakovo ulje.

2.2.3. Nusproizvodi hladnog prešanja lješnjaka

Pogača

Kod proizvodnje hladno prešanog ulja lješnjaka, kao nusproizvod zaostaje pogača lješnjaka u kojoj zaostaje mali udio ulja. Preostali udio ulja iz dobivene pogače može se ekstrahirati pomoću superkritičnog ugljikovog dioksida (Rot, 2015). Pogača dobivena hladnim prešanjem ili superkritičnom ekstrakcijom (**Slika 7**) nije kontaminirana štetnim kemikalijama za razliku od nusproizvoda zvanog sačma, koji se dobiva ekstrakcijom ulja iz lješnjaka pomoću otapala (najčešće se koristi heksan kao otapalo). Iz sačme je prethodno uklonjeno organsko otapalo, međutim, ipak zaostaje mali dio organskog otapala i to je razlog zašto se takav nusproizvod ne može koristiti za pripremu hrane namijenjene za ljude. Sačma se može koristiti jedino u svrhu pripreme stočne hrane (Gul i sur., 2018).



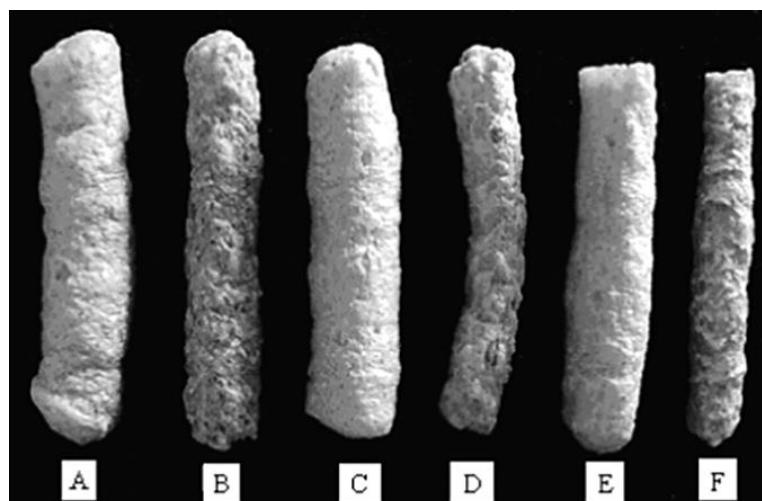
Slika 7 Pogača od jezgre lješnjaka nakon superkritične ekstrakcije s ugljikovim dioksidom (Rot, 2015)

Općenito, pogače su bogate proteinima, vlaknima te bioaktivnim komponentama (Jozinović i sur., 2024). Gul i sur. (2018) odredili su prisutnost proteina u pogači od lješnjaka u iznosu od 37 % što ju čini potencijalnim izvorom biljnih proteina (Acan i sur., 2021). Sen i Kahveci (2020) su izoelektričnim taloženjem uspješno izolirali proteine iz lješnjakove pogače. Dobiveni izolat proteina upotrijebili su za proizvodnju napitka s funkcionalnim svojstvima te potvrdili tezu da je pogača od lješnjaka potencijalan izvor biljnih proteina. Pogača od lješnjaka može poslužiti i kao sirovina za proizvodnju mlijeka od lješnjaka.

U današnje vrijeme, do izražaja dolaze biljna mlijeka kao zamjena za kravlje mlijeko, koja su dobra alternativa za osobe intolerantne na laktozu, osobe alergične na proteine kravljeg mlijeka te vegane. Kao sirovina za izradu biljnih mlijeka najčešće se koriste žitarice i orašasti plodovi. Biljna mlijeka ne sadrže ni laktozu niti kolesterol, a osim toga, bogata su nezasićenim masnim kiselinama, vitaminima, mineralima, vlaknima, antioksidansima te ostalim bioaktivnim komponentama koje takvo mlijeko čine izrazito nutritivno vrijednim. Mlijeko od lješnjaka se može pripremiti pomoću pogače koja zaostaje nakon hladnog prešanja lješnjaka tako da se izmljevena pogača pomiješa s vodom te se takva smjesa homogenizira. Osim mlijeka od lješnjaka, na tržištu se mogu pronaći i druga biljna mlijeka, kao što su bademovo, sojino, kokosovo te rižino mlijeko (Gul i sur., 2018). Novija istraživanja pokazala su mogućnost inkorporacije mlijeka od lješnjaka u klasične mliječne proizvode (poput jogurta) s ciljem povećanja ukupnih fenolnih spojeva, nezasićenih masnih kiselina te povećanja antioksidacijske aktivnosti. Osim obogaćivanja mliječnih proizvoda raznim bioaktivnim komponentama, utječe se i na reološka te senzorska svojstva takvih proizvoda (Gul i sur., 2022).

Lješnjakova pogača može se koristiti kao djelomična zamjena za šećer, mlijeko ili sirutku u prahu kod proizvodnje krem-proizvoda čime se smanjuju troškovi proizvodnje. Osim toga, proizvod dobiva karakteristike funkcionalnog proizvoda zbog prisutnosti antioksidanasa, fenolnih spojeva te vlakana u samoj pogači (Acan i sur., 2021).

Mljevenjem pogače dobiva se brašno od lješnjaka (Jakobović i sur., 2020). Brašno od lješnjaka može se koristiti kao sastojak ekstrudiranih proizvoda (**Slika 8**) (Yağci i Göğüş, 2008). Također, može se dodavati u sladoled što će poboljšati senzorska svojstva samog sladoleda, ali uz to, mijenjaju se i kemijska i fizikalna svojstva sladoleda, stoga je potrebno odrediti optimalnu količinu brašna od lješnjaka koja se dodaje (Dervisoglu, 2006). Brašno od lješnjaka ne sadržava gluten, stoga ga se može koristiti u proizvodnji bezglutenskog kruha (**Slika 9**) pogodnog za osobe koje boluju od celijakije (Tunç i Kahyaoglu, 2016).



Slika 8 Prikaz ekstrudiranih proizvoda koji u sebi sadržavaju lješnjakovo brašno (Yağcı i Göğüş, 2008)



Slika 9 Izgled kruha koji u sebi sadrži brašno od lješnjaka (Tunç i Kahyaoglu, 2016)

Talog

Kako bi se dobio finalni proizvod, iz dobivenog sirovog lješnjakovog ulja, kao što je ranije spomenuto, potrebno je nakon hladnog prešanja ukloniti nepoželjne sitne krute čestice jezgre lješnjaka koje zajedno s uljem izlaze iz preše. Uklanjaju se iz razloga što se takve čestice talože u ulju, a zamućenost ulja uzrokovana talogom odbija potrošače od kupnje takvog proizvoda na tržištu (Gumus i Tekin, 2021). Ulje se od taloga može izdvojiti dekantiranjem (nakon taloženja pod utjecajem sile teže), filtriranjem ili centrifugiranjem (NN 11/19). Izdvojeni gusti talog (fino mljevena krema) primjenu pronalazi u konditorskoj industriji, ponajprije u proizvodnji raznovrsnih kolača (Jakobović i sur., 2020).

2.3. KREM-PROIZVODI

Prema Pravilniku o proizvodima sličnim čokoladi, krem-proizvodima i bombonskim proizvodima (MPŠVG, 2005), da bi se dobili krem-proizvodi, potrebno je određenom tehnologijom sjediniti šećer, biljne masnoće, mliječne i kakaove proizvode. Osim navedenih osnovnih sirovina, u krem-proizvode se mogu dodati lješnjak, badem, kikiriki, i ostali različiti sastojci i aditivi. Što se tiče konzistencije krem-proizvoda, oni moraju biti mazivi te ne smije doći do skrutnjavanja na sobnoj temperaturi (Barišić i sur., 2021). Na tržištu je moguće pronaći kakao (**Slika 10**) ili mliječni (**Slika 11**) krem-proizvod te krem-proizvod s dodacima, kao što su kava, sušeno voće, sirutka u prahu, orašasti plodovi itd. Ukoliko se zadovolji minimalni udio jezgričavog voća, krem-proizvod se deklarira kao lješnjak, ili badem, ili kikiriki, ili rogač ili sličan krem-proizvod. Što se tiče ukupnih masnoća, u krem-proizvodima potrebno je zadovoljiti uvjet da ih sadrže najmanje 25 %. Razlika između kakao i mliječnog krem-proizvoda je ta što kakao krem-proizvod mora sadržavati minimalno 4 % bezmasne suhe tvari kakaovih dijelova, dok mliječni krem-proizvod mora ispuniti minimum od 15 % suhe tvari mlijeka. Krem-proizvodi se skladište na suhim i hladnim mjestima, u što većoj mjeri potrebno je izbjegavati utjecaj svjetlosti, vlage te fluktuacije temperature. S obzirom da krem-proizvodi sadrže veću količinu masti, bitno ih je odvojiti od tvari od kojih mogu upiti aromu (NN 73/05).

Glavni nedostatak krem-proizvoda je izrazito visoka energetska vrijednost budući da sadrže visoki udio šećera i masti (*nutri-score E*). Povećana konzumacija ovakvih proizvoda dovodi do pretilosti i drugih zdravstvenih problema. Iako su masti i šećer zaslužni za senzorska svojstva poželjna za potrošače, današnji prehrambeni stručnjaci pokušavaju naći alternativu za navedene sirovine kako bi razvili nutritivno obogaćeni krem-proizvod smanjene energetske vrijednosti s prihvatljivim senzorskim svojstvima. Oleogelovi pokazuju potencijal kao zamjena za masti jer poboljšavaju profil masnih kiselina u proizvodu (smanjuje se udio nepoželjnih zasićenih masnih kiselina). Iako je glavni benefit korištenja oleogelova zamjena zasićenih masnih kiselina, određene studije pokazuju da oleogelovi smanjuju sadržaj lipida u krvi. Almeida i Lannes (2017) uspješno su napravili krem-proizvod sa smanjenim udjelom masti koristeći želatinu dobivenu iz nusproizvoda obrade piletine. Krem-proizvodima se također može poboljšati profil masnih kiselina koristeći biljna ulja koja sadrže više nezasićenih kiselina u odnosu na zasićene (zamjena palmine masti drugim jestivim uljima) (Barišić i sur., 2021).

Kao alternativa za šećere moguće je koristiti brojna sladila, prirodna ili sintetska, koja imaju manju kalorijsku vrijednost, a osim toga, pogodnija su za dijabetičare. Nadalje, kao zamjena šećera mogu se koristiti nusproizvodi kao što su trop jabuke ili pogača lješnjaka (Flanjak i sur., 2022).

Isto tako, krem-proizvodi mogu se obogatiti brojnim bioaktivnim komponentama, čime se pridonosi na funkcionalnosti proizvoda, što je moguće postići korištenjem nusproizvoda iz prehrambene industrije. Na taj način krem-proizvod se obogaćuje s polifenolima, vlaknima itd. Barišić i sur. (2021) ispitali su dodatak kakaove ljuske u čokoladi s ciljem obogaćivanja udjela polifenola, vlakana i proteina. Isto se može primijeniti i na krem-proizvode. Osim što se proizvod obogati nutraceuticima, rješava se problem zbrinjavanja kakaove ljuske kao nusproizvoda u okolišu.

Krem-proizvodi za razliku od čokolade prema Pravilnicima ne moraju sadržavati kakao maslac, nego se koriste jeftinija i manje kvalitetna biljna ulja (Barišić i sur., 2021).



Slika 10 Kakao krem-proizvod s tržišta (web izvor 2)



Slika 11 Mliječni krem-proizvod s tržišta (web izvor 3)

2.4. SIROVINE ZA PROIZVODNJU KREM-PROIZVODA

2.4.1. Kakao proizvodi

Iz kakaovog zrna dobivaju se kakao proizvodi. Kakaovo zrno sastoji se od ljuske, jezgre i klice. Kada se izdvoje klica i ljuska iz fermentiranih, osušenih, očišćenih i prženih kakaovih zrna, zaostaje kakao lom (endosperm) koji se mehanički usitnjava do kakao mase iz koje se prešanjem (najčešće hidrauličnom prešom) izdvaja kakaov maslac. Kada se iz kakaove mase izdvoji kakaov maslac, zaostaje kakao pogača iz koje se mljevenjem dobiva kakao prah (NN 73/05). Ovisno o tome koliko je kakaovog maslaca zaostalo u pogači koja se melje, razlikuje se bezmasni kakao prah ili prah s određenim udjelom kakaovog maslaca. Alkalizacija kakao proizvoda radi se samo u slučaju proizvodnje kakao napitaka budući da se alkalizirani kakao prah bolje dispergira u tekućoj fazi te se na taj način poboljšava otapanje. Osim toga, alkalizacijom se dobiva intenzivnija, tamnija boja što privlači veću pozornost potrošača. Međutim, u slučaju čokolade i krem-proizvoda, alkalizirani kakao proizvodi nisu poželjni budući da dolazi do nastanka soli masnih kiselina što dovodi do nepoželjnog sapunastog okusa (Ačkar, 2023).

Od navedenih kakaovih proizvoda, za proizvodnju krem-proizvoda najčešće se koristi nealkalizirani kakao prah. U novije vrijeme, sve je češća uporaba kakao ljuske koja zaostaje kao nusproizvod. Dodatkom kakao ljuske povećava se udio polifenola, vlakana i proteina, a osim toga, olakšava se zbrinjavanje navedenog nusproizvoda u okolišu (Barišić i sur., 2021).

2.4.2. Mliječni proizvodi

Za proizvodnju krem-proizvoda najčešća je upotreba mlijeka u prahu. S obzirom da sadrže veliku količinu vode, sušenje mlijeka i nusproizvoda (sirutka, mlaćenica) provodi se u svrhu produljenja trajnosti. Također, olakšava se distribucija i skladištenje budući da se znatno smanjuje volumen. Lakše je i postići željenu suhu tvar mlijeka u proizvodu. Glavni nedostatak mliječnih proizvoda u prahu je visoka potrošnja energije te termički utjecaj na termolabilne komponente. Prema Pravilniku o ugušćenom (kondenziranom) mlijeku i mlijeku u prahu (MPŠVG, 2007), mlijeko u prahu je proizvod dobiven isparavanjem vode iz mlijeka, djelomično ili potpuno obranog mlijeka, vrhnja ili smjese ovih proizvoda. Maksimalni maseni udio vode u mlijeku u prahu je 5 %. S obzirom na maseni udio mliječne masti, mlijeko u prahu se dijeli na ekstra-masno, punomasno, djelomično obrano i obrano. Dozvoljeni postupak obrade mlijeka za dobivanje mlijeka u prahu je dehidracija (NN 80/07). Dehidracija (sušenje) se može provesti na valjcima ili raspršivanjem. Kako bi proces sušenja bio efektivan, sušenju prethodi uparavanje (predkoncentriranje) do određenog udjela vode. Finalni produkt sušenja raspršivanjem je kvalitetniji u usporedbi s prahom dobivenog sušenjem na valjcima, ali je proces skuplji. Budući da se u konditorskoj industriji mlijeko u prahu koristi kao poluproizvod,

češća je upotreba mlijeka u prahu dobivenog sušenjem na valjcima radi ekonomskih razloga. Osim toga, na taj se način osigurava veći sadržaj slobodne mliječne masti, što povoljno utječe na svojstva finalnog krem-proizvoda (Lučan Čolić, 2023).

U današnje vrijeme, kako bi se dobili nutritivno poboljšani krem-namazi, sve je češće istraživani dodatak i drugih mliječnih proizvoda, kao što su kazein (Pukey, 2021), sirutka u prahu i drugi (Kumar, 2015).

2.4.3. Šećer

Konzumni šećer (saharoza) dobiva se ekstrakcijom iz šećerne repe ili trske. Razlika u dobivenom šećeru između navedenih sirovina je minimalna, moguće ih je otkriti jedino pomoću izotopa ugljika ili određivanjem udjela rafinoze pomoću tekućinske kromatografije visoke djelotvornosti. Saharoza je, kemijski gledano, disaharid sastavljen od glukoze i fruktoze povezanih glikozidnom vezom. Da bi se šećer deklarirao kao bijeli, čistoća saharoze, odnosno stupanj polarizacije mora iznositi minimalno 99,7 °Z (NN 39/09; Babić, 2023).

Dodatak šećera u čokoladi i krem-proizvodima doprinosi slatkoći. Bitno utječe i na teksturu proizvoda. Osim toga, pojeftinjuje proizvodnju budući da je ekonomski gledano najjeftiniji sastojak u recepturi za čokoladu ili krem-proizvode. U proizvodnji krem-proizvoda koristi se šećer u prahu (Gutiérrez, 2017).

Međutim, porastom svijesti potrošača o prehrani, velike količine šećera se nastoje zamijeniti manje kaloričnijim sladilima kako bi se smanjila pojavnost pretilosti, dijabetesa i kardiovaskularnih bolesti. Pravilnik o prehranbenim aditivima (MZSS, 2010) definira sladila kao tvari koje dodane hrani nadopunjuju ili stvaraju sladak okus. Osim saharoze, u proizvodnji čokolade i krem-proizvoda moguće je koristiti glukozu, fruktozu, šećerne alkohole (maltitol, ksilitol, sorbitol) i brojna druga sladila. Pri izračunima koliko je potrebno dodati pojedinog alternativnog sladila, bitno je imati na umu da nemaju sva sladila istu relativnu slatkoću kao saharozu. Za saharozu, relativna slatkoća iznosi 1, dok je za ostala sladila relativna slatkoća određena u odnosu na saharozu. Prema intenzitetu slatkoće, sladila se dijele na intenzivna (brojna umjetna sladila, od prirodnih najpoznatiji taumatin, steviozid, Luo han Guo) i ekstenzivna (monosaharidi, disaharidi, škrobni sirupi, polioli). Prema podrijetlu, sladila se dijele na umjetna i prirodna. Mogu se podijeliti i prema energetske vrijednosti na nutritivna i nenutritivna. Osim navedenih podjela, što se tiče kemijske strukture, sladila mogu biti ugljikohidratna ili neugljikohidratna. Prije stavljanja sladila na tržište, potrebno je dokazati njihovu netoksičnost kako bi zavrijedili povjerenje potrošača. Popis dopuštenih sladila u proizvodnji hrane za Europsku uniju definira Direktiva 94/35/EC. Poželjno je da sladila imaju sličan okus konzumnom šećeru, da ne utječu na boju i miris proizvoda, da imaju neznatnu energetske vrijednosti te da su konkurentne cijene. S obzirom da bijeli šećer pogoduje

nastanku karijesa, poželjno je da sladila pomažu u što većoj mjeri u održavanju oralnog zdravlja (Jozinović, 2018). Brojna današnja istraživanja usmjeravaju se na implementaciji niskokaloričnih sladila u prehrambene proizvode. Petković i sur. (2012) uspješno su konzumni šećer u proizvodnji krem-proizvoda zamijenili maltitolom. Isto tako, Berk i sur. (2024) koristili su smjesu inulina i stevije kao zamjena šećera u krem namazima.

Na području Azije, čest zaslađivač je šećer kokosovog cvijeta (**Slika 12**). Iz kokosovog cvijeta iscijedi se sok koji u sebi sadržava produkte asimilacije, između ostalog šećere. Navedeni sok važan je za opskrbu energije u stanicama cijele biljke. Nakon što se sok prikupio, ukuhava se do postizanja prezasićene otopine kako bi, nakon hlađenja, šećer iskristalizirao. Budući da se u soku, osim šećera, nalaze i aminokiseline, tijekom kuhanja dolazi do Maillardovih reakcija. Također, događa se i karamelizacija. Zbog navedenih reakcija neenzimskog posmeđivanja tijekom kuhanja, krajnji proizvod, kokosov šećer, smeđe je boje. Krajnja kvaliteta šećera kokosovog cvijeta ovisi o kvaliteti početnog soka. Šećer kokosovog cvijeta u svom sastavu sadržava i minerale, vitamine, fenole, proteine te vlakna. Nažalost, moguće je patvorenje šećera kokosovog cvijeta dodavanjem jeftinijih šećera dobivenih iz šećerne trske ili repe, međutim, postoje analitičke metode za detekciju prijevare. Saputro i sur. (2019) koristili su kokosov šećer za proizvodnju čokolade te na taj način dobili nutritivno bogatiji proizvod s nižim glikemijskim indeksom, obogaćen antioksidansima i mineralima. Kokosov šećer ima značajnu količinu vlakna zvanog inulin koji usporava apsorpciju šećera u krvotok što rezultira manjim porastom razine glukoze u krvi zbog čega kokosov šećer ima niži glikemijski indeks u usporedbi sa šećerom dobivenog iz trske ili repe. Zbog toga ga se smatra pogodnim za dijabetičare. Što se tiče sastava šećera, najzastupljenija je saharoza (85 %), glukoza (10 %), fruktoza (3 %) te manoza (2 %). Smatra se da kokosov šećer zamjenjuje bijeli šećer u omjeru 1:1, što znači da ne utječe bitno na recepturu što se tiče količine (Saraiva, 2023).



Slika 12 Šećer kokosovog cvijeta (web izvor 4)

2.4.4. Masnoće

Masti i ulja su u vodi netopljive tvari biljnog ili životinjskog podrijetla, ali topljive u organskim otapalima. Po kemijskom sastavu, masnoće su esteri masnih kiselina i trovalentnog alkohola glicerola. Osim toga, sadržavaju i negliceridne komponente (1-2 %) koje mogu biti poželjne ili nepoželjne. Tokoferol (vitamin E) je primjer poželjnog negliceridnog sastojka budući da ima vitaminsko i antioksidacijsko djelovanje. Također, karotenoidi su poželjni pigmenti u sastavu ulja jer, osim što čine ulje privlačnije potrošaču zbog boje, karotenoidi imaju provitaminsko djelovanje i djeluju kao sinergist u kombinaciji tokoferolima. Isto tako, prisutni su poželjni liposolubilni vitamini (A, D, E, K). Nepoželjni negliceridni sastojci su voskovi koji zamućuju ulje budući da se talože, a osim njih, tragovi metala koji djeluju kao prooksidansi (Moslavac, 2022).

Masnoće se međusobno razlikuju u omjeru zastupljenosti pojedinih masnih kiselina i njihovoj raspodjeli u molekulama triglicerida. Ovisno o kemijskim vezama, masne kiseline mogu biti zasićene ili nezasićene. Kod nezasićenih prisutna je barem jedna dvostruka veza. Položaj dvostruke veze unutar ugljikovog lanca bitno utječe na svojstva, kao i prostorna konfiguracija dijelova molekule s obje strane dvostruke veze pa tako razlikujemo cis i trans masne kiseline. U prirodnim biljnim masnoćama nije moguće pronaći trans oblik masnih kiselina, međutim, visokim prerađivanjem hrane može doći do prelaska u trans oblik. Zasićene i trans nezasićene masne kiseline imaju negativan utjecaj na zdravlje ljudi, povećavaju rizik od kardiovaskularnih bolesti i pretilosti. Masne kiseline se razlikuju i po broju ugljikovih atoma u lancu, stoga masne kiseline mogu biti kratkolančane, srednjelančane i dugolančane. Određene masne kiseline naše tijelo ne može sintetizirati, nego ih se mora u organizam unijeti hranom, a nazivaju se esencijalne (Moslavac, 2022).

Prema definiciji iz Pravilnika o proizvodima sličnim čokoladi, krem-proizvodima i bombonskim proizvodima (MPŠVG, 2005), u proizvodnji krem-proizvoda, koriste se biljne masnoće. U krem-proizvodima mora se ispuniti zahtjev da sadrži minimalno 25 % ukupnih masnoća, no bitno je spomenuti da se u navedeni postotak ubraja mliječna mast koja spada pod animalnu mast. Najčešće su u uporabi zamjenske masti za kakaov maslac koje su jeftinije te se skraćuje vrijeme proizvodnje budući da nije potrebno provesti temperiranje kao što je slučaj kod proizvodnje čokolade. Najčešća uporaba je palmine i kokosove masti. Prema agregatnom stanju pri sobnoj temperaturi, masnoće se dijele na tekuća ulja i na krute masti. Biljne masnoće su uglavnom u tekućem stanju, međutim, izuzetak su palminova i kokosova mast te kakaov maslac koje su na sobnoj temperaturi u krutom stanju s obzirom da imaju veći udio zasićenih masnih kiselina.

Palmino ulje

Palmino ulje (**Slika 13**) kao sastojak krem-proizvoda osigurava glatku kremastu teksturu. Glatkoća se osigurava budući da je ulje u polu-krutom stanju na sobnoj temperature. Isto tako, pogodno je za proizvodnju krem-proizvoda jer nije potrebno prolaziti kroz proces hidrogenizacije koji uzrokuje nastanak nezdravih trans masnih kiselina. Glavna prednost palminog ulja je visoki prosječni godišnji prinos po hektaru u tonama u usporedbi s drugim uljaricama, zbog čega je danas najčešće ulje na globalnom tržištu. Najviše zastupljene masne kiseline u palminom ulju su oleinska i palmitinska (Cornelius, 1977; Katalenić Iljkić, 2017, Moslavac, 2022).

Prvi korak u proizvodnji palminog ulja je branje grozdova palminih plodova. Nakon branja, navedeni grozdovi se steriliziraju s ciljem uklanjanja nepoželjnih mikroorganizama. Zatim se odvaja stapka od plodova koji su bogati uljem. Plodovi se potom obrađuju vodenom parom kako bi se prisutni nepoželjni enzimi (lipaze i lipoksigenaze) inaktivirali, a osim toga, omekšava se struktura mezokarpa čime se olakšava izdvajanje ulja za vrijeme prešanja što je idući korak. Prešanjem se dobiva tekuća smjesa biljne vode i ulja. Budući da se navedene dvije faze ne miješaju, nakon određenog vremena dolazi do odvajanja faza, a ukoliko se želi ubrzati proces, moguće je koristiti centrifugalnu silu. Izdvojeno sirovo palmino ulje potom prolazi kroz operacije rafinacije. Dekoloracija je posebno važna za palmino ulje budući da sadrži visoki sadržaj karotenoidnih pigmenta koji negativno utječu na stabilnost ulja. Nije poželjno ukloniti sve pigmente jer bi se dobilo ulje neprihvatljive boje za potrošače. Sirovo palmino ulje je intenzivne narančaste boje (Cornelius, 1977; Katalenić Iljkić, 2017, Moslavac, 2022).

Zbog jedinstvenog sastava glicerida u palminom ulju, kontroliranim hlađenjem mogu se dobiti frakcije palmin olein i stearin budući da imaju različite temperature taljenja. Navedeni proces naziva se frakcioniranje. Olein je tekuća frakcija koja se koristi za kuhanje i prženje, dok je palmin stearin čvrsta frakcija koja se koristi u proizvodnji margarina bez prethodno potrebne hidrogenacije budući da je već sama po sebi u polu-krutom stanju. Hidrogenacija se primjenjuje ukoliko je poželjno postići stabilnije ulje i još kruću konzistenciju. Stearin pokazuje dobra svojstva kao zamjena za kakaov maslac u čokoladi. Ove informacije pokazuju kako se palmino ulje može modificirati i prilagoditi različitim primjenama putem procesa kao što su hidrogenacija i frakcioniranje. Osim u prehrambene svrhe, palmino ulje se često primjenjuje i u kozmetičkoj i kemijskoj industriji (Cornelius, 1977; Katalenić Iljkić, 2017; Moslavac, 2022).

Nakon prešanja palminih plodova, kao nusproizvod zaostaje pogača koja je bogata vlaknima. Također, u pogači se nalaze i koštice plodova koje se izdvajaju iz pogače. Koštica se razbija kako bi se mogla odvojiti jezgra od ljuske. Ljuska se koristi kao potpala, a izdvojena jezgra se preša te se dobiva ulje palminih koštica. Također je korišteno u prehrambenoj industriji, međutim, postoje određena ograničenja budući da proizvodu može dati sapunasti okus i podložno je oksidaciji. Nije pogodno ulje za prženje budući da intenzivno pjenu. Što se tiče profila masnih kiselina, vrlo je slično kokosovom ulju, tako da imaju slične određene karakteristike (Cornelius, 1977; Katalenić Ijkić, 2017, Moslavac, 2022).

Bitno je napomenuti da je iz jednog ploda palme moguće dobiti dvije vrste ulja, a to su palmino ulje iz mezokarpa i ulje palminih koštica iz unutarnjeg dijela jezgre ploda koje se znatno razlikuje od palminog ulja po sastavu i senzorskim karakteristikama (Moslavac, 2022).



Slika 13 Plod palme i palmino ulje (web izvor 5)

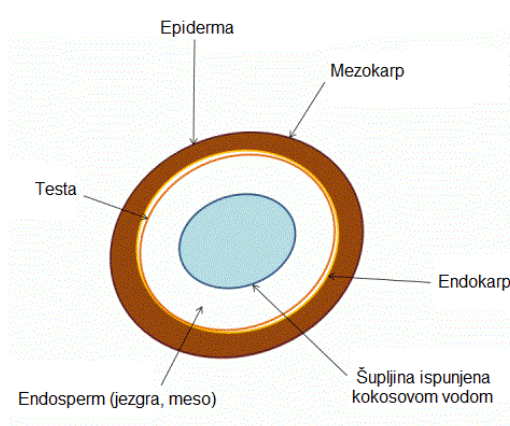
Kokosova mast

Meso plodova je bogato jestivim biljnim uljem koje sadrži prosječno 90-95 % zasićenih masnih kiselina zbog čega je pri sobnoj temperaturi u krutom stanju. Orah (**Slika 14**) je obavijen glatkom epidermom (egzokarp) ispod koje se nalazi vlaknasti mezokarp. Potom slijedi endokarp koji predstavlja tvrdi, unutrašnji sloj ljuske. Tanki smeđi sloj zvan testa razdvaja ljusku od endosperma (jezgra, meso). Unutar jezgre nalazi se šupljina koja je ispunjena kokosovom vodom. Nakon branja plodova kokosove palme, uklanja se ljuska, a smeđi se sloj testa oguli. Zaostaje bijeli endosperm koji se prepolovi kako bi se izdvojila kokosova voda. Polovice se potom suše najčešće na suncu budući da je to najjeftiniji način dehidracije. Problem navedenog načina sušenja je ukoliko su padaline učestale, što povećava rizik od mikrobiološke kontaminacije. Kada se postigne vlažnost od 6 do 8 %, dobiva se sušeno meso kokosovog oraha koje se naziva kopra. Kopra se melje te se kuha do vlažnosti od 3 % čime se olakšava daljnja obrada. Kao takva, preša se pomoću ekspelera (pužna automatska preša) te se izdvaja bezbojno kokosovo ulje i pogača od kopre. Što se tiče nusproizvoda, pogača se može koristiti kao hrana za životinje, dok se izdvojene ljuske koriste kao potpala. Kada se orasi beru za kopru, kokosova voda je manje kvalitete (Canapi i sur., 2005).

Bitno je napomenuti da kokosova voda i mlijeko nisu isti proizvodi. Kokosova voda se prirodno nalazi u svakom kokosovom orahu, dok je kokosovo mlijeko proizvod dobiven miješanjem mesa kokosovog oraha i vode prilikom čega dolazi do ekstrakcije topljivih komponenata iz mesa u vodu. Kao nusproizvod proizvodnje kokosovog mlijeka je pulpa koja se izdvaja, toplinski obrađuje te se dobiva kokosovo brašno (Canapi i sur., 2005).

Specifičnost kokosove masti je u njezinom kemijskom sastavu. Sadrži visoki udio srednje-lančanih masnih kiselina, među kojima je najzastupljenija laurinska. Zbog navedene činjenice, kokosova mast pripada kategoriji laurinskih ulja, zajedno s uljem palminih koštica (Dayrit, 2015). Laurinska kiselina se u organizmu pretvara u monolaurin koji destabilizira staničnu stjenku mikroorganizama te na taj način djeluje antimikrobno, a osim toga, djeluje i antivirusno (Lima i Block, 2019). Stoga, kokosovo ulje i ulje palminih koštica imaju navedena svojstva budući da sadrže visoke udjele laurinske masne kiseline.

U proizvodnji krem-proizvoda, kokosova mast se koristi kako bi se postigla određena konzistencija i specifičan okus, a osim toga, uz nju se veže prethodno spomenute zdravstvene prednosti.



Slika 14 Presjek kokosovog oraha (web izvor 6)

2.4.5. Emulgator

Emulgatori su površinski aktivne tvari koje smanjuju površinsku napetost između dvije faze različitog kemijskog sastava. Na taj način omogućavaju stvaranje stabilnih emulzija u sustavima koji sadržavaju mješavinu ulja i vode. Djelovanjem emulgatora postiže se homogenost smjese te se reguliraju reološka svojstva. Upotrebljavaju se u malim koncentracijama, a mogu biti prirodni ili sintetski. Emulgatori su amfipatske molekule što znači da imaju hidrofilni i hidrofobni kraj. Hidrofilni privlači vodu, dok je hidrofobni kraj lipofilan, što znači da privlači uljnu komponentu. Na taj način se orijentiraju u sustavu. Emulgator stvara površinski omotač na dispergiranim česticama (kapljicama), to sprječava pojavu koalescencije, tj. ponovnog međusobnog povezivanja što bi izazvalo nestabilnost emulzije. Stoga, bitna uloga emulgatora nije samo ta da omogući stvaranje emulzije, nego da i osigura stabilnost nastale emulzije tijekom skladištenja. Zbog toga je potrebno odabrati adekvatan emulgator za pojedini proizvod kako bi bili sigurni da neće doći do naknadnog izdvajanja faza.

U proizvodnji krem-proizvoda, emulgatori imaju značajnu ulogu. Smanjuju potrebu za količinu masti u krem proizvodima što pojeftinjuje proizvodnju, stabiliziraju proizvod te poboljšavaju reološka svojstva krem-proizvoda.

Postoji 2 tipa emulzija ovisno o tome koja je kontinuirana, a koja dispergirana faza, a to su emulzija ulja u vodi (npr. majoneza) ili emulzija vode u ulju (npr. maslac). Što se tiče čokolade i krem-proizvoda, oni ne spadaju u klasične emulzije, ali može se reći da krem-proizvodi naginju kategoriji emulzija vode u ulju gdje su ostaci vode dispergirani u uljnoj fazi. Vodenu fazu u navedenim proizvodima čini zaostala voda nakon sušenja u mlijeku i kakau u prahu (Jozinović, 2018; Kopjar, 2021).

Lecitin

Najčešće korišteni prirodni emulgator u prehrambenoj industriji je lecitin. Značajnu ulogu ima i u kozmetičkoj industriji. Kemijski gledano, riječ je o fosfatidilkolinu. Lecitin je fosfolipid kojeg se izolira najčešće iz soje ili suncokreta. Prisutan je i u žumanjku jajeta. Na tržištu se lecitin može pronaći u raznim oblicima, uključujući tekući, u prahu i modificirani lecitin (Jozinović, 2018).

Tijekom procesa rafinacije sirovog sojinog ili suncokretovog ulja, jedna od operacija je degumiranje. To je tehnološki postupak kojim se iz sirovog ulja uklanjaju prvenstveno fosfolipidi, proteini i druge hidrofilne tvari. Navedeni negliceridni sastojci su nepoželjni u rafiniranom ulju budući da u finalnom proizvodu mogu izazvati zamućenja (talog). Osim toga, zbog emulgirajućih svojstava, ponajprije fosfolipida, uzrokuju visoke rafinacijske gubitke. Također, ukoliko zaostanu, tijekom kasnije operacije dezodorizacije može doći do njihove termičke razgradnje što negativno djeluje na senzorska svojstva finalnog ulja. Zbog navedenih razloga se uklanjaju dodatkom određene količine vode u sirovo ulje što izaziva bubrenje navedenih negliceridnih sastojaka budući da su hidrofilni (upijaju vodu) i naposljetku dolazi do sedimentacije. Potom se dobiveni talog lako izdvoji iz ulja pomoću ventila. Dobiveni fosfolipidni talog je sirovina iz koje se tehnološkim postupkom može izvući lecitin, a to je važno jer ga se može prodati kao nusproizvod proizvodnje rafiniranog ulja i na taj način ostvariti dodatni profit. Osim navedene vodene deguminacije, može se provesti i kiselinsko-vodena deguminacija kojom se nehidratibilni fosfolipidi prevode u hidratibilni oblik čime se pospješuje proces, međutim, bitno je napomenuti da se fosfolipidni talog dobiven na ovakav način ne može koristiti za izdvajanje lecitina budući da kiselinsko-vodenom deguminacijom dolazi do gubitka emulgirajućih svojstava (Moslavac, 2022).

Sintetski emulgatori

U proizvodnji čokolade se često koriste sintetski emulgatori poput poliglicerol poliricinoleata (PGPR) i citrema. Moguće ih je koristiti i u proizvodnji krem-proizvoda.

PGPR je emulgator koji se proizvodi djelomičnom esterifikacijom masnih kiselina ricinusovog ulja poliglicerolom. Pri 25 °C je viskozna tekućina. Netopljiv je u hladnoj vodi, ali je topljiv u uljima i mastima. Dodavanjem PGPR-a čokoladnoj masi značajno se smanjuje vrijednost granice tečenja. U proizvodnji čokolade najčešće se koristi u kombinaciji s lecitinom (Jozinović, 2018).

Citrem je ester limunske kiseline i mono- i diglicerida masnih kiselina. Proizvodi se putem esterifikacije glicerola limunskom kiselinom i jestivim masnim kiselinama ili reakcijom smjese mono- i diglicerida jestivih masnih kiselina s limunskom kiselinom. Suncokretovo ulje često se koristi kao sirovina za proizvodnju navedenog emulgatora. Citrem učinkovito smanjuje

vrijednost plastične viskoznosti i granice tečenja čokoladnih masa. Njegova osnovna karakteristika je sličnost sojinom lecitinu pri temperaturama iznad 20 °C te se u potpunosti može koristiti kao zamjena za standardni sojin lecitin (Jozinović, 2018).

2.4.6. Arome

Arome su aditivi koji se dodaju prehrambenim proizvodima u maloj koncentraciji u svrhu postizanja boljeg okusa i/ili mirisa. Prema podrijetlu, dijele se na prirodne, prirodno identične te umjetne arome.

Eterična ulja spadaju pod kategoriju prirodnih aroma. Navedena ulja su sastojak aromatičnih biljaka, a moguće ih je pronaći i u voću, začinima i mirisnim travama. Izoliraju se iz navedenih sirovina različitim tehnološkim postupcima, najčešće destilacijom vodenom parom, ekstrakcijom odgovarajućim otapalom ili prešanjem. Glavni sastojci eteričnih ulja su terpeni. Osim što su nositelji arome, određena eterična ulja pokazuju i baktericidna i/ili ljekovita svojstva. Često se prethodno spomenuta ulja otapaju u etanolu radi lakše inkorporacije u proizvode, kako prehrambene, tako i kozmetičke. Primjer prirodne aromatične tvari koja se može pronaći u proizvodnji čokolade, ujedno i krem-proizvoda, je mentol. Eterično ulje metvice, ljekovite i mirisne biljke, sadrži 50 % mentola koji se izolira pomoću kristalizacije. Mentol je specifičan po tome što izaziva osjećaj hlađenja u ustima budući da aktivira receptor TRPM8 (*Transient Receptor Potential Cation Channel Subfamily Melastatin Member 8*) koji aktivira osjećaj hladnoće u usnoj šupljini. Navedeni receptor može aktivirati i zaslađivač ksilitol koji također izaziva osjećaj hladnoće ukoliko ga se doda u proizvodnji krem-proizvoda (González-Muñiz, 2019; Jozinović, 2018).

Prirodno identične arome su organski spojevi dobiveni kemijskim sintezama ili procesima prerade prirodnih sirovina ili sastojaka prirodnih sirovina. Kemijski su identične tvarima koje su prirodno prisutne u odgovarajućim tvarima biljnog ili životinjskog podrijetla. Glavna razlika između prirodnih i prirodno identičnih aroma leži u tome što su prirodno identične arome sintetički proizvedene, dok su prirodne arome ekstrahirane iz prirodnih izvora. Općenito, prirodno identične arome često su jeftinije od prirodnih aroma budući da se prirodno identične arome mogu proizvoditi sintetički u kontroliranim uvjetima, što može rezultirati većom proizvodnjom po nižim troškovima. S druge strane, prirodne arome zahtijevaju ekstrakciju ili procese dobivanja iz prirodnih izvora, što može biti skuplje i složenije. Najbolji primjer za navedenu činjenicu je prirodno identična aromatična tvar vanilin. Vanilija spada u kategoriju izrazito skupocjenih začina, međutim, laboratorijskom sintezom vanilina u kontroliranim uvjetima omogućeno je postići sličan okus originalnoj vaniliji koji je dostupan širem rasponu potrošača. Vanilin se dobiva sintezom iz eugenola (sastojak eteričnog ulja karanfilčica),

gvajakola (sastojak smole tropskog drveta) ili iz lignina (polimer prisutan u tkivu drveta). Vanilin je prisutan u brojnim recepturama za krem-proizvode kao jedna od dominantnih aroma.

Umjetne arome su organski spojevi sastavljeni od jedne ili više aromatičnih tvari, dobiveni različitim kemijskim tehnološkim procesima. Kemijski su različite od prirodno prisutnih tvari u sirovinama biljnog ili životinjskog podrijetla. Primjer umjetne arome je etil-vanilin (burbonal) koji je dva do četiri puta intenzivniji od vanilina što se tiče mirisa (Jozinović, 2018).

2.4.7. Lješnjak pasta

Za proizvodnju krem-proizvoda, lješnjaci se najčešće prže i melju u lješnjak pastu kako bi se izvukla aroma lješnjaka u što većoj mjeri. Tijekom mljevenja lješnjaka dolazi do oslobađanja topline zbog trenja, što izaziva izlazak ulja iz stanica lješnjaka, a to omogućava stvaranje glatke i homogene teksture paste. Osim toga, dolazi do koncentriranja arome budući da jedan dio vode isparava. Cijeli lješnjaci u krem-proizvodima bi otežavali postizanje kremaste teksture, a osim toga, otežava se standardizacija recepture budući da pojedinačni lješnjaci mogu biti različitih senzorskih karakteristika. Korištenje lješnjakove paste olakšava proces proizvodnje jer se može lako miješati s ostalim sastojcima kako bi se postigla homogenost proizvoda.

2.5. INDUSTRIJSKA PROIZVODNJA KREM-PROIZVODA

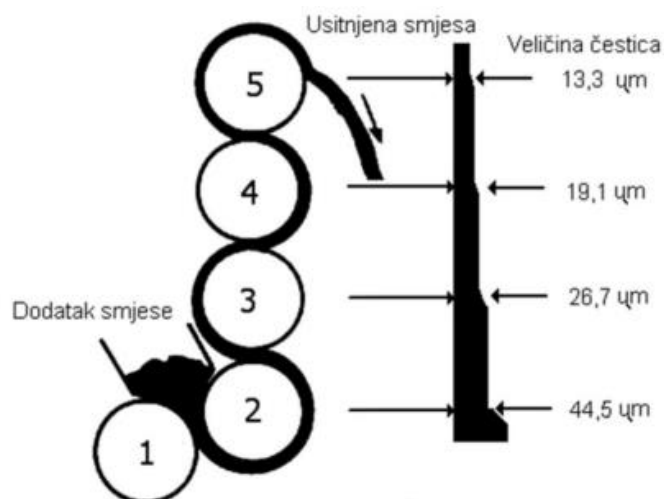
Industrijska proizvodnja krem-proizvoda podijeljena je u tri glavne faze, a to su priprava zamjesa, valcanje i končiranje. Prije navedenih proizvodnih procesa, nužno je napraviti odgovarajuću recepturu te sirovine na adekvatan način pripremiti.

2.5.1. Zamjes

Zamjes se priprema u melanžerima, šaržnim mješalicama ili kontinuiranim gnjetilicama. Melanžeri su granitne posude s dva rotirajuća valjka koji vrše zamjes sastojaka, a zazor između valjaka i dna se može podesiti ovisno o potrebama. Strugala odvajaju masu sa stjenki i usmjeravaju ju u sredinu posude. Glavni nedostatak melanžera je taj što je otežana kontrola temperature. Šaržne mješalice su posude s dvostrukom stjenkom što omogućava kontrolu temperature za razliku od melanžera. Zamjes u navedenim posudama vrše mješači u obliku slova Z. Za velike kapacitete mogu se koristiti kontinuirani uređaji, kao što su Bussova, Wernerova ili Pfeleidererova gnjetilica te Baker-Perkinsov univerzalni mješač. Cilj zamjesa je homogenizirati sastojke u što većoj mjeri te postići tjestastu teksturu pogodnu za sljedeću fazu. Bitno je navesti da se biljna masnoća ne dodaje odjednom prilikom zamjesa. U protivnom bi biljna masnoća kompletno obavila bezmasnu suhu tvar kakao dijelova te bi se spriječilo izdvajanje nepoželjnih hlapljivih sastojaka koji se uklanjaju kako bi se postigla fina aroma (Ačkar, 2023).

2.5.2. Valcanje

Kada je pripremljen zamjes, dobivena masa ide na valcanje. Valcanje je postupak usitnjavanja krutih čestica bezmasne suhe tvari prethodno dobivenog tjestastog zamjesa. Na taj način omogućava se postizanje glatke teksture finalnog proizvoda. Čestice u krem-proizvodu ne smiju biti prevelike jer daju osjećaj pjeskovitosti u ustima. Cjelokupan postupak se provodi u dvije faze, a to su predvalcanje i glavno valcanje. Poželjno je da su čestice nakon predvalcanja veličine od 100 do 150 mikrona, a nakon valcanja od 15 do 35 (Beckett, 2009). U industrijskoj proizvodnji krem-proizvoda, za valcanje se najčešće koriste mlinovi sa šupljim čeličnim valjcima. Za predvalcanje najčešće su korišteni dvovaljci, a za valcanje petovaljci. Petovaljci (**Slika 15**) djeluju na način da prethodno pripremljeni zamjes ulazi na dnu između prvog i drugog valjka. Između navedenih valjaka je razmak najveći, a kako se smjesa penje prema vrhu, smanjuje se razmak između sljedećih valjaka čime se postiže veći stupanj usitnjavanja. Oblikovani sloj prelazi na valjak veće brzine i prenosi dalje gore, postaje tanji i skida se s petog valjka. Temperatura valjaka je od velikog značaja. Unutar valjaka struji medij kojim se regulira temperatura smjese, najčešće temperirana voda. Budući da se usitnjavanjem povećava ukupna površina čestica u smjesi, otežano je obavljanje čestica biljnom masnoćom, stoga je potrebno postepeno povećavati temperaturu valjaka kako bi se snizila viskoznost masnoće, a samim time se omogućuje navedeno obavljanje čime se održava tjestasto stanje smjese koja putuje po valjcima. Osim toga, temperiranjem se olakšava prijelaz s valjka na valjak, sprječava se lijepljenje. Temperatura prvog valjka je 25 °C, drugog i trećeg iznosi 35 °C, a četvrtog 40 °C. Bitno je napomenuti da se temperatura na petom valjku smanjuje na 25 °C. Svrha toga je da se masa na petom valjku skrutne kako bi se olakšalo skidanje. Na izlazu iz petovaljaka se dobiva suhi proizvod praškasto-grubičaste strukture. Razlog takve strukture leži u tome što je česticama bezmasne suhe tvari višestruko povećana ukupna površina, toliko da biljna masnoća ne može obavijati sve čestice te ih držati u tekućem stanju. Dvovaljci i petovaljci primjenu pronalaze u industriji, dok se za manje kapacitete proizvodnje i laboratorijska ispitivanja mogu koristiti kuglični mlinovi za postupak valcanja (Ačkar, 2023).



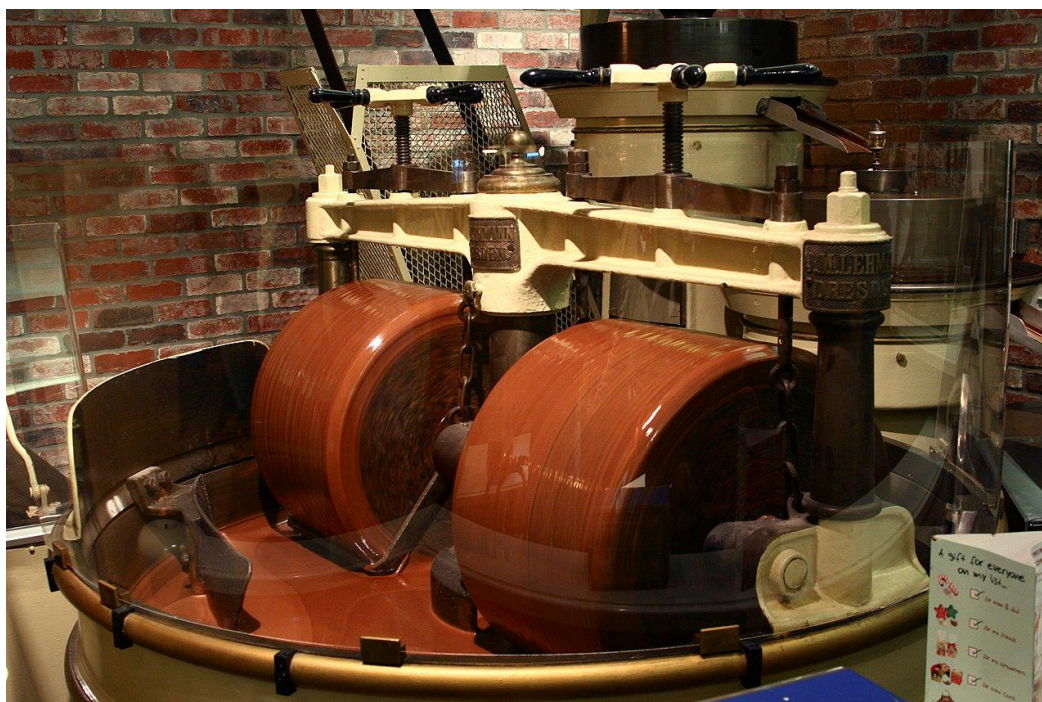
Slika 15 Princip rada petovaljaka (Goldoni, 2004)

2.5.3. Končiranje

Izvalcana masa ide na končiranje gdje se formira finalna aroma, kao i reološka svojstva. Iako se oplemenjuje aroma, ne mogu se nadomjestiti nedostaci tijekom krivo provedenih prijašnjih operacija ili u slučaju upotrebe nekvalitetnih sirovina. Tijekom končiranja se masa miješa, bućka i zagrijava što uzrokuje fizikalne i kemijske promjene. Do kemijskih promjena dolazi uslijed bućkanja što uzrokuje kontakt sa zrakom koji uzrokuje oksidaciju komponenata iz smjese. Jedan od sastojaka koji se oksidira je tanin iz kakaovog praha čime se smanjuje trpkost i gorčina finalnog proizvoda. Osim oksidacije, što se tiče kemijskih promjena, dolazi i do Streckerove sinteze aminokiselina koje reagiraju s reducirajućim šećerima što uzrokuje Maillardove reakcije kojima se formiraju tvari arome. Končiranje se provodi u tri faze, koje uključuju suhu, pastoznu i tekuću fazu. Suha faza nosi naziv po praškasto-grubičastoj masi koja ulazi u proces končiranja. U navedenoj fazi dolazi do smicanja mase, zbog trenja se oslobađa toplina koja dovodi do djelomičnog isparavanja vode te uklanjanja nepoželjnih hlapljivih tvari. Oslobođena toplina uslijed trenja nije dovoljna za postizanje željenih efekata, stoga je masi potrebno dodatno dovesti toplinsku energiju preko medija za zagrijavanje. Podizanje temperature u suhoj fazi se provodi kako bi se smanjila viskoznost te na taj način olakšalo dispergiranje bezmasne suhe tvari u masnoj fazi. Bitno je da ne dođe do prebrzog zagrijavanja jer u protivnom će se čestice bezmasne suhe tvari prebrzo presvući slojem masti te se na takav način sprječava isparavanje nepoželjnih hlapljivih tvari i vode što bitno utječe na aromu i reološka svojstva. Nakon suhe, slijedi pastozna faza u kojoj se održava konstantna optimalna temperatura za postizanje željene arome. Potrebno je djelomično odvoditi toplinu oslobođenu zbog trenja kako bi se postiglo navedeno. U pastoznoj fazi se dodaje preostala količina biljne masnoće. Dolazi do još bolje disperzije bezmasne suhe tvari u masti, homogenizacije, poboljšavaju se svojstva tečenja te dolazi do daljnjeg smanjenja količine vode

što utječe na reologiju. U trenutku kada se doda preostala količina masnoće, iz paste, masa prelazi u tekućinu i nastupa tekuća faza. U njoj se nastavlja homogenizacija mase i smanjenje viskoznosti. Pri kraju končiranja se dodaju arome (kao što je vanilin) i emulgator (najčešće lecitin) (Ačkar, 2023).

Končiranje se provodi u uređajima zvanim konče (lat. *concha* = školjka) (**Slika 16**). Prve izvedbe, uzdužne konče, sadrže posudu u obliku školjke po čemu su i dobile ime. U navedenoj velikoj posudi nalazi se veliki granitni valjak koji se kreće u smjeru naprijed-natrag, miješajući krem-masu. Uzdužne konče zahtijevaju puno energije, imaju male kapacitete, potrebno je duže vrijeme za adekvatno končiranje, otežana je kontrola temperature te je otežano isparavanje vode. Zbog toga se danas rijetko koriste. Stoga, češće su u uporabi rotacijske konče, poput TRC, Clover ili Petzholdt konče koje eliminiraju prethodno spomenute nedostatke prijašnjih izvedbi. Za velike kapacitete koriste se kontinuirane konče (Ačkar, 2023).



Slika 16 Končiranje čokoladne mase (web izvor 7)

2.5.4. Završna obrada

Budući da se prilikom proizvodnje krem-proizvoda ne koristi kakaov maslac, nego netemperirajuće biljne masnoće koje su jeftinije, nakon končiranja nije potrebno provesti temperiranje kao što je slučaj kod proizvodnje čokolade.

Nakon končiranja, dobiveni krem-proizvod potrebno je dozirati i oblikovati unutar posuda od plastike ili stakla. Proces je automatiziran. Nakon doziranja u posude, zatvaraju se adekvatnim poklopcima. Ambalaža je birana na način da se tijekom skladištenja sačuvaju prvobitna svojstva u što većoj mjeri. Ne smije doći do izdvajanja ulja na površini, krem-proizvod mora zadržati svojstvo mazivosti, a površina mu mora biti sjajna i glatka (Tisai, 2023).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Cilj ovog diplomskog rada bio je odrediti svojstva krem-proizvoda proizvedenih na bazi lješnjakove paste te ih usporediti s krem-proizvodima dobivenim uz primjenu lješnjakovog taloga i pogače, kao nusproizvoda u proizvodnji hladno prešanog ulja. Inkorporacijom navedenih nusproizvoda u krem-proizvod umjesto lješnjakove paste, uspostavlja se održivi razvoj kroz kružni proces prerade lješnjaka. U tu svrhu su pripremljene različite recepture kakao i mliječnih krem-proizvoda. U pojedinim recepturama je kao alternativno sredstvo za zaslađivanje korišten šećer kokosovog cvijeta kao zamjena za saharozu. Uzorci su pripremljeni na bazi 1 kg u kugličnom mlinu pri temperaturi 60 °C, sa 6 kg kuglica i pri brzini 70 o/min. Dobivenim proizvodima su određeni sljedeći parametri: boja, veličina čestica, koloidna stabilnost, tekstura, reologija i oksidativna stabilnost.

3.2. MATERIJALI I METODE

3.2.1. Korištene sirovine

Prilikom proizvodnje krem-proizvoda u sklopu ovog diplomskog rada, korištene su sljedeće sirovine:

Šećer u prahu proizvođača Franck (Hrvatska) (**Slika 17**) i šećer kokosovog cvijeta proizvođača Alnatura (Njemačka) (**Slika 18**). Budući da šećer kokosovog cvijeta (**Slika 19**) sadrži veći udio viših ugljikohidrata (vlakana) i ponešto proteina koji sprječavaju adekvatno usitnjavanje u kugličnom mlinu, prije doziranja tijekom proizvodnje krem-proizvoda, potrebno ga je usitniti (**Slika 20**) u laboratorijskom mlinu IKA MF20 kako se u finalnom krem-proizvodu ne bi osjetila pjeskovitost.



Slika 17 Šećer u prahu



Slika 18 Šećer kokosovog cvijeta



Slika 19 Kokosov šećer prije mljevenja



Slika 20 Kokosov šećer nakon mljevenja

Lješnjak (OPG Šarić, Hrvatska) je samljeven u uređaju Preethi Chef Pro Mixer Grinder (snage 750 W) do postizanja paste od lješnjaka. Proizvedene paste od lješnjaka korištene su u recepturama za referentne uzorke. Dio lješnjaka je direktno samljeven kako bi se dobila pasta od neprženog lješnjaka (**Slika 21**), a drugi dio lješnjaka je prije mljevenja ispržen u laboratorijskom pržioniku na 170 °C tijekom 10 minuta s ciljem lakšeg uklanjanja ljuske i razvijanja specifične arome (**Slika 22**). Udio ulja u neprženim lješnjacima iznosi je 54,65 %, dok su prženi lješnjaci sadržavali 60,73 % ulja. Pasta od neprženih lješnjaka sadržavala je 65,96 % ulja, a od prženih 65,18 %. Tijekom mljevenja lješnjaka u pastu, oslobađa se toplina koja djelomično isparava vodu pa paste imaju veći udio ulja od polaznih sirovina. Prženje lješnjaka također uzrokuje djelomični gubitak vode, što povećava udio ulja u prženim lješnjacima u odnosu na nepržene.



Slika 21 Pasta neprženog lješnjaka



Slika 22 Pasta prženog lješnjaka

3. Eksperimentalni dio

Talog i pogača prikazani na **Slici 23** i **24** nusproizvodi su proizvodnje hladno prešanog lješnjakovog ulja u tvornici BBOil (Bijelo brdo, Hrvatska). Lješnjaci su neprženi. Talog je sadržavao 66,19 % ulja, dok je pogača sadržavala 25,22 % ulja.



Slika 23. Talog



Slika 24 Pogača

Punomasno mlijeko u prahu proizvođača Dukat (Hrvatska) s minimalno 26 % mliječne masti (**Slika 25**) te kakao u prahu proizvođača Kraš (Hrvatska) s 20 % kakao maslaca (**Slika 26**).



Slika 25 Mlijeko u prahu



Slika 26 Kakao u prahu

Kokosovo djevičansko ulje proizvođača Narayan (Slovenija) (**Slika 27**) upotrijebljeno je za proizvodnju referentnih uzoraka.



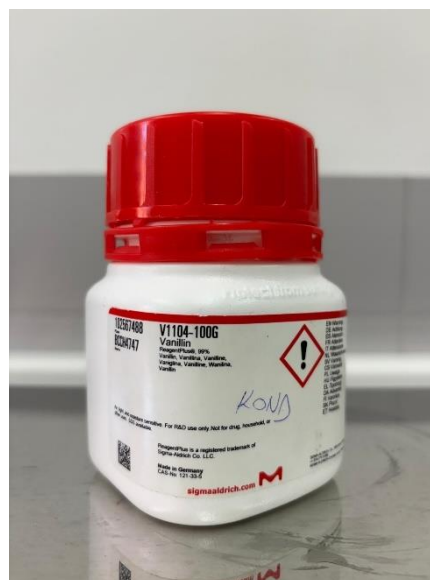
Slika 27 Kokosovo ulje

Lecitin granulat, granule, dodatak prehrani sa sojinim lecitinom kao emulgator marke Mivolis (**Slika 28**).

Vanilin proizvođača ReagentPlus (Njemačka) kao aroma (**Slika 29**).



Slika 28 Lecitin



Slika 29 Vanilin

3.2.2. Laboratorijska proizvodnja krem-proizvoda

Laboratorijska proizvodnja krem-proizvoda provedena je u kugličnom mlinu Prehrambeno tehnološkog fakulteta (PTF) u Osijeku (**Slika 30**). Navedeni je uređaj proizveden u suradnji PTF-a i D&D metala Osijek. Što se tiče tehničkih značajki mlina, izrađen je u potpunosti od nehrđajućeg čelika. Ovisno o kapacitetima, mogu se upotrijebiti 2 različite posude, jedna od 5 L, druga od 10 L. Posude sadrže dvostruku stjenku kako bi se uz pomoć temperirane vode mogla regulirati temperatura tijekom procesa. Pomoću mješača se pokreću inoks kuglice promjera 9,525 mm (**Slika 31**) koje rotiraju unutar bubnja i na taj način vrše usitnjavanje materijala. Mlin pokreće motor snage 1,3 kW uz mogućnost regulacije brzine rotiranja mješača (Babić i sur., 2023).



Slika 30 Kuglični mlin



Slika 31 Kuglice od inoksa

Budući da su uzorci pripremljeni na bazi 1 kg, u posudu je potrebno staviti 6 kg inoks kuglica. Kuglični mlin se povezuje s cirkulirajućom vodenom kupelji preko cijevi kako bi se uspostavila temperatura sustava od 60 °C tijekom 3 sata miješanja. Mješač je podešen na brzinu 70 o/min tijekom cijelog procesa. Nakon što su se postavili procesni parametri na mlinu, doziraju se izvagane sirovine sve odjednom. U **Tablicama 1 i 2** prikazane su recepture upotrijebljene za potrebe diplomskog rada. Budući da krem-proizvod prema Pravilniku mora sadržavati najmanje 25 % ukupnih masnoća, prilikom izrade receptura nužno je poznavati udjele ulja u sirovinama kako bi se moglo precizno odrediti potrebne količine sastojaka za ispunjenje tog zahtjeva. Potrebno je obratiti pozornost i na druge parametre definirane unutar Pravilnika, kao što su bezmasna suha tvar kakaovih dijelova ili suha tvar mlijeka, ovisno radi li se o kakaovom ili mliječnom krem-proizvodu.

Tablica 1 Recepture za proizvodnju krem-proizvoda za kontrolne uzorke

| SIROVINE | Maseni udio [%] | |
|---------------------------|-----------------|----------|
| | Uzorak 1 | Uzorak 2 |
| Šećer | 50 | 50 |
| Kakao u prahu | 8 | 8 |
| Mlijeko u prahu | 8 | 8 |
| Lecitin | 0,5 | 0,5 |
| Vanilin | 0,5 | 0,5 |
| Pasta neprženog lješnjaka | 11,84 | 0 |
| Pasta prženog lješnjaka | 0 | 12,72 |
| Kokosova mast | 21,15 | 20,28 |

Tablica 2 Receptura za proizvodnju krem-proizvoda na bazi taloga i pogače od lješnjaka

| SIROVINE | Maseni udio [%] | | | | | |
|-------------------------|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Uzorak A | Uzorak B | Uzorak C | Uzorak D | Uzorak E | Uzorak F |
| Šećer | 30 | 30 | 30 | 0 | 0 | 0 |
| Šećer kokosovog cvijeta | 0 | 0 | 0 | 30 | 30 | 30 |
| Kakao u prahu | 8 | 8 | 0 | 8 | 8 | 0 |
| Mlijeko u prahu | 8 | 0 | 18 | 8 | 0 | 18 |
| Lecitin | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Vanilin | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Pogača | 21,39 | 29,23 | 20,59 | 21,39 | 29,23 | 20,59 |
| Talog | 31,61 | 31,77 | 30,41 | 31,61 | 31,77 | 30,41 |

Uzorci 1 i 2 predstavljaju standardne recepture i koriste se kao kontrolni, referentni uzorci. Cilj je postići što sličniji proizvod s uzorcima označenima slovima od A do F. Razlika između uzoraka 1 i 2 je u tome što je uzorak 1 napravljen s pastom od neprženog lješnjaka, dok je uzorak 2 napravljen s pastom od prženog lješnjaka. Uzorci označeni slovima od A do F pravljani su na bazi taloga i pogače od lješnjaka. Uzorci A i D predstavljaju kakaov krem-proizvod (**Slika 32**). Receptura im je ista, osim što je u uzorku D umjesto stolnog šećera u prahu korišten mljeveni šećer kokosovog cvijeta (u istom omjeru) u svrhu postizanja funkcionalnijeg proizvoda. Uzorci B i E su također kakao krem-proizvodi, ali bez mlijeka u prahu, u svrhu dobivanja veganskog proizvoda. Uzorci C i F predstavljaju mliječne krem-proizvode (**Slika 33**) koji u svome sastavu ne sadrže kakao u prahu. Kao što je slučaj s uzorkom D, uzorci E i F su također pravljani sa šećerom kokosovog cvijeta.



Slika 32 Unutrašnjost kugličnog mlina tijekom izrade kakao krem-proizvoda



Slika 33 Unutrašnjost kugličnog mlina tijekom izrade mliječnog krem-proizvoda

3.2.3. Određivanje boje

Uzorcima je određena boja na kromametri Konica Minolta, Chroma Meter CR-400 (**Slika 34**). Sastoji se od mjerne glave s otvorom mjernog promjera 8 mm kroz koji pulsirajuća ksenonska lampa baca difuzno svjetlo okomito na površinu uzorka. Reflektirana svjetlost s površine uzorka detektira se pomoću šest osjetljivih silikonskih fotoćelija. Vrijeme mjerenja je jedna sekunda s minimalnim intervalom između mjerenja 3 s. Uređaj omogućuje rad u različitim mjernim sustavima, no za potrebe diplomskog rada su korišteni $L^*a^*b^*$ i L^*C^*h sustavi. Prije uporabe kromametra, potrebno je provesti kalibraciju pomoću bijele kalibracijske pločice (CR-A43).



Slika 34 Kromametar

Nakon kalibriranja, posuda prikazana na **Slici 35** i **36** puni se uzorkom. Kromametar se prislanja na napunjenu posudu te se provede mjerenje. Sa zaslona kromametra se očitaju vrijednosti za parametre. Određivanje boje se provelo u 5 paralela za svaki uzorak. Dobivene srednje vrijednosti se uvrštavaju u **formulu (1)** za izračun ukupne promjene boje u odnosu na referentni uzorak.



Slika 35 Posuda napunjena kakao krem-proizvodom



Slika 36 Posuda napunjena mliječnim krem-proizvodom

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \quad (1)$$

gdje je:

ΔE - ukupna promjena boje

L^* - svjetlina

L_0^* - svjetlina referentnog uzorka

a^* - crvena (+ vrijednost) ili zelena boja (- vrijednost)

a_0^* - crvena ili zelena boja referentnog uzorka

b^* - žuta boja (+ vrijednost) ili plava boja (- vrijednost)

b_0^* - žuta ili plava boja referentnog uzorka

Vrijednosti za L^* kreću se od 0 do 100. Nula označava crnu, dok 100 označava bijelu boju. Budući da su talog i pogača dobiveni od neprženog lješnjaka, za parametre vezane uz referentni uzorak, označene s nulom u indeksu u sklopu **formule (1)**, uzet je uzorak 1 jer je pripremljen s pastom od neprženog lješnjaka (za uzorak 1 je $\Delta E = 0$).

3.2.4. Određivanje veličine čestica

Uzorcima je veličina čestica određena pomoću digitalnog mikrometra (**Slika 37**) proizvođača Insize koji mjeri raspon čestica 0-25 mm. Prije mjerenja, krem-proizvod se dispergira u glicerolu radi lakšeg određivanja. Razlog zašto se upotrebljava glicerol je taj što se krute čestice ne otapaju u navedenom otapalu, nego se dispergiraju. Kada bi se upotrijebilo otapalo u kojima se čestice otapaju, ne bi bilo moguće odrediti njihovu veličinu. U slučaju krem-proizvoda pripremljenih u sklopu ovog diplomskog rada, najveće čestice su čestice šećera te pogače i taloga od lješnjaka. Njih je poželjno usitniti u što većoj mjeri kako se u finalnom krem-proizvodu ne bi osjetila pjeskovitost.



Slika 37 Mikrometar (lijevo) te zazor (desno)

U sklopu mikrometra nalaze se veliki i mali vijak pomoću kojih se stvara zazor prikazan na **Slici 37**. Unutar stvorenog zazora se nanosi sloj pripremljenog uzorka dispergiranog u glicerolu. Pomoću vijaka se zazor smanjuje sve do trenutka kada krute čestice iz uzorka sprječavaju daljnje smanjenje. U tom trenutku se očita vrijednost izražena u milimetrima s digitalnog ekrana. Navedena vrijednost predstavlja veličinu čestica u uzorku. Za svaki uzorak rađeno je 5 mjerenja kako bi srednja vrijednost pokazala što točniji rezultat.

3.2.5. Određivanje koloidne stabilnosti

Koloidni sustavi smjese su koje se sastoje od dvije faze, a to su disperzna faza koju čine čestice te disperzno sredstvo u kojem se čestice raspoređuju. Koloidni su sustavi, prema karakteristikama, smješteni između pravih otopina i suspenzija gdje su dispergirane čestice vidljive golim okom. Prema tome, koloidno stanje vrijedi za svaku slabo topljivu tvar. U koloidnim sustavima ne dolazi do pojave taloga kao što je slučaj kod suspenzija, nego je disperzna faza raspoređena kroz disperzno sredstvo na način da su najveće čestice na dnu, a prema vrhu se promjer čestica smanjuje. Veličina čestica u koloidnim sustavima kreće se od 1 nm do 1 µm. Ovisno o fizikalnom stanju disperzne faze i disperznog sredstva, koloidi se dijele na koloidne otopine, emulzije, prašinu (dim), maglu i pjenu. Krem-proizvodi pripadaju u kategoriju emulzija gdje su disperzna faza i disperzno sredstvo u tekućem stanju (Čatić i sur., 2008; Jakobek Barron, 2021). Krem-proizvode je potrebno na adekvatan način skladištiti, naročito pripaziti na temperaturu skladišta, kako ne bi došlo do razdvajanja različitih faza, u protivnom će potrošači smatrati neprihvatljivim ukoliko dođe do izdvajanja ulja.

Koloidna se stabilnost krem-proizvoda odnosi na mogućnost izdvajanja ulja tijekom destabilizacije sustava. Što se više ulja izdvoji, krem-proizvod ima nižu koloidnu stabilnost. Prije analize, uzorci se pripremaju u 2 paralele vaganjem 15 g krem-proizvoda u plastične epruvete od 15 mL. Budući da visoka temperatura izaziva destabilizaciju sustava, uzorci se zagrijavaju u vodenoj kupelji na 80 °C kroz 30 minuta. Potom se uzorci hlade 15 minuta na sobnoj temperaturi nakon čega se podvrgavaju centrifugiranju u termostatiranoj centrifugi (IEC Cnra-MP4R, SAD) na 2900 g (centrifugalna sila) pri 20 °C tijekom 20 minuta. Centrifugiranjem se ulje izdvaja na površinu (**Slika 38**) koje se uklanja dekantiranjem i ubrusima. Zatim se određuje masa uzorka nakon izdvojenog ulja. Dobiveni podatak se zajedno s početnom masom uvrštava u **formulu (2)** za izračun koloidne stabilnosti.

$$CS = \frac{M_u}{M_0} * 100 \quad (2)$$

gdje je: CS - koloidna stabilnost [%]
 M_u - masa uzorka nakon dekantiranja ulja [g]
 M_0 - masa uzorka bez izdvojenog ulja



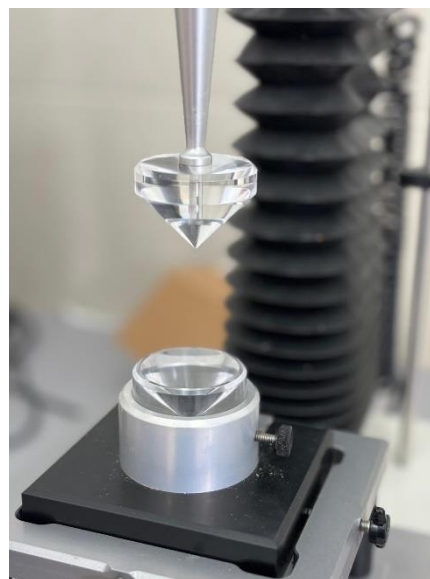
Slika 38 Izdvojeno ulje nakon centrifugiranja

3.2.6. Određivanje teksture

Tekstura je određena pomoću analizatora teksture TA.XT Plus, Stable Micro Systems (Godalming, Velika Britanija) (**Slika 39**). Maksimalna sila za navedeni uređaj je 50 kg, dok je sila osjetljivosti 0,1 g (Babić i sur., 2023). Tijekom mjerenja korišten je poseban set sastavljen od posude i konusnog nastavka (**Slika 40**), specijaliziran za određivanje teksture krem-proizvoda. Posuda napunjena uzorkom se postavlja na uređaj, a konusni nastavak se brzinom 3 mm/s s visine 25 mm spušta do uzorka te prodiranjem kroz njega uređaj bilježi podatke. Mjerenje se nastavlja i tijekom vraćanja konusnog nastavka u prvobitni položaj. Za svaki uzorak rađene su 3 paralele. Iz dobivenih rezultata se iščitavaju podaci o čvrstoći (maksimalna sila na grafu ovisnosti sile o vremenu) i mazivosti krem-proizvoda (određena pomoću otpora smicanju koji se računa preko površine ispod dobivene krivulje). Sila je iskazana u gramima. Što je potrebna veća sila za prodiranje konusnog nastavka do dna posude, to je veća čvrstoća uzorka. Otpor smicanja i mazivost su obrnuto proporcionalne veličine.



Slika 39 Teksturometar



Slika 40 Set specijaliziran za određivanje teksture krem-proizvoda

3.2.7. Određivanje oksidacijske stabilnosti

Određivanje oksidacijske stabilnosti značajno je s aspekta predviđanja roka trajanja proizvoda i optimiziranja recepture kako bi se u konačnici postigla što veća oksidacijska stabilnost. Određuje se pomoću metoda ubrzanog oksidacijskog testa kojom se promatra kako uzorak reagira na oksidacijske reakcije. Uzorcima u sklopu ovog diplomskog rada, oksidacijska je stabilnost krem-proizvoda analizirana primjenom uređaja Rapid Oxy 100 (Anton Paar, Njemačka) (**Slika 41**). Odmjeren je 3 g uzorka u staklenu posudicu koja se postavlja u komoru uređaja. U uređaj se uvodi kisik do porasta tlaka do 700 kPa. Potom se komora s uzorkom zagrijava do 120 °C. Povećanjem temperature, povećava se tlak unutar komore (do oko 1000 kPa) sve do početka procesa oksidacije. Uslijed reakcije kisika s ispitivanim uzorkom, dolazi do potrošnje kisika, a radi toga dolazi do pada tlaka unutar komore. Kada tlak u komori opadne za 10 %, to znači da se dogodila potpuna reakcija oksidacije uzorka. Period indukcije predstavlja vrijeme koje prođe od trenutka kada se postigne tlak od 700 kPa pa sve dok tlak ne opadne za 10 % od maksimalno postignutog tlaka uslijed reakcije oksidacije. Što je duži period indukcije, to je uzorak stabilniji na oksidaciju, što je od velike važnosti za produljenje roka trajanja i održavanje kvalitete krem-proizvoda.



Slika 41 Uređaj za određivanje oksidacijske stabilnosti

3.2.8. Određivanje reologije krem-proizvoda

Reologija je znanstvena disciplina koja proučava deformacije i tečenje materijala (tekućina, krutih granuliranih i praškastih materijala) pod utjecajem sile. Za krute materijale, osnovna su reološka svojstva elastičnost i plastičnost, dok je za tekuće i polutekuće materijale ključno reološko svojstvo viskoznost. Budući da krem-proizvodi spadaju u kategoriju polutekućih materijala, u kontekstu krem-proizvoda je najznačajnije reološko svojstvo viskoznost. Viskozitet je unutarnje trenje koje nastaje uslijed relativnog gibanja susjednih slojeva tekućine ili plina. Krem-proizvodi dijele slična reološka svojstva s čokoladom, uključujući podložnost Cassonovom zakonu tečenja, koji se definira kroz granicu tečenja i plastični viskozitet prema Cassonu. Osim toga, krem-proizvodi pripadaju kategoriji binghamovskih tekućina kod kojih je potrebno postići određeni prag naprezanja kako bi tečenje započelo. Mjerenje reoloških parametara se provodi pri temperaturi 40 °C kako bi se spriječila kristalizacija biljnih masnoća tijekom analiza.

3. Eksperimentalni dio

Najprije se uzorci kondicioniraju na 50 °C radi lakšeg rukovanja tijekom analize. Mjerna posuda (**Slika 43**) se puni termostatisanim uzorkom do oznake te se postavlja na reometar HAAKE Viscotester iQ (**Slika 42**). Mjerenje se provodi na temperaturi 40 °C koja se ostvaruje strujanjem etilenglikola oko mjerne posude. Za svaki je uzorak provedeno ponavljanje u dvije paralele. Reometar određuje ovisnost napona smicanja o brzini smicanja. Metoda započinje rotacijom mjernog tijela (**Slika 44**) unutar uzorka u mjernoj posudi. Prvih 5 minuta se rotor okreće brzinom 5 okretaja po sekundi kako bi se uzorak homogenizirao. Osim toga, dolazi do razbijanja eventualno zaostalih mjehurića koji bi utjecali na točnost rezultata. Nakon prve faze, uređaj prelazi na fazu u kojoj se brzina smicanja povećava s 2 na 50 okretaja po sekundi tijekom 180 sekundi. Zatim se brzina smicanja održava na 50 s⁻¹ tijekom 60 sekundi. Nakon toga, brzina smicanja postupno se smanjuje s 50 s⁻¹ na 2 s⁻¹ u periodu od 180 sekundi. Po završetku mjerenja, iz dobivenih se rezultata računaju reološki parametri po Cassonu.



Slika 42 Rotacijski reometar



Slika 43 Mjerna posuda



Slika 44 Rotor

4. REZULTATI I RASPRAVA

4.1. BOJA KREM-PROIZVODA

Parametri dobiveni analizom boje, koji se koriste za izračun ukupne promjene boje, prikazani su u **Tablici 3**. Prema Mokrzycki i Tatol (2011) vrijedi:

- 0 < ΔE < 1 - ukupna promjena boje nije vidljiva
- 1 < ΔE < 2 - iskusni promatrači primijete promjenu boje,
- 2 < ΔE < 3,5 - neiskusni promatrači primijete razliku boje,
- 3,5 < ΔE < 5 - jasna je razlika u promjeni boje,
- 5 < ΔE - promatrač primjećuje dvije različite boje.

Budući da ukupna promjena boje za kontrolni uzorak 2 iznosi 1,48 u odnosu na uzorak 1, iskusni promatrači mogu primijetiti promjenu boje uzrokovanu prženjem lješnjaka prije izrade paste, što znači da prženje lješnjaka blago utječe na boju finalnog krem-proizvoda.

Svi kakao krem-proizvodi na bazi taloga i pogače imaju niže vrijednosti parametra L^* , što znači da su tamniji u odnosu na uzorak 1 koji je na bazi lješnjak paste. Prema rezultatima iz **Tablice 3**, dolazi do značajne promjene boje upotrebom taloga i pogače od lješnjaka kao zamjene za pastu od lješnjaka jer su vrijednosti za ukupnu promjenu boje (ΔE) veći od 5 (promatrač primjećuje dvije različite boje kada se uspoređuje određeni uzorak s referentnim).

Što se tiče uzoraka C i F, budući da je riječ o mliječnim krem-proizvodima, vrijednost je veća što se tiče parametra L^* , što ih čini svjetlijima u odnosu na referentni uzorak 1.

Kod svih uzoraka je parametar a^* pozitivna vrijednost, što znači da je boja krem-proizvoda u crvenoj domeni. Vrijednosti za parametar b^* su također pozitivne, što znači da su prisutnije žute u odnosu na plave nijanse.

Svi uzorci na bazi taloga i pogače imaju manje zasićenje boje (C^*) u odnosu na kontrolni uzorak. Prema rezultatima, vidljivo je da zamjena stolnog šećera (uzorci A, B i C) sa šećerom kokosovog cvijeta (uzorci D, E i F) također utječe na promjenu boje, iako je receptura ista.

Kakao krem-proizvodi (uzorci A, B, D i E) imaju manji ton boje (h°) u odnosu na uzorak 1, dok mliječni kakao-krem proizvodi (uzorci C i F) pokazuju veće vrijednosti parametra h° . Razlike u nijansama boje između određenih uzoraka pripremljenih u sklopu diplomskog rada vidljiva je na **Slici 45**.

U usporedbi sa studijama koje su ispitivale utjecaj dodatka kazeina (Puhec, 2021) i kore mandarine (Tisai, 2023) na svojstva krem-proizvoda, primijećeno je da dodatak nusproizvoda prerade lješnjaka najviše utječe na promjenu ukupne boje od ostalih dodataka. Prema istraživanju Acana i sur. (2021), koje je ispitivalo utjecaj dodatka pogače od lješnjaka u kakao krem-proizvode, vrijednosti za svjetlinu (L^*) i parametar a^* poklapaju se s rezultatima iz **Tablice 3**. Zasićenje boje također pokazuje približne vrijednosti, međutim, ton boje i parametar b^* pokazuju značajna odstupanja, što ukazuje na razlike u nijansama boje između uzoraka.

Tablica 3 Srednje vrijednosti parametara boje zajedno sa standardnim devijacijama za određivanje ukupne promjene boje krem-proizvoda u odnosu na Uzorak 1

| Uzorak | L^* | a^* | b^* | C^* | h° | ΔE |
|--------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------|
| 1 | $35,67 \pm 0,06$ | $10,88 \pm 0,12$ | $18,55 \pm 0,09$ | $21,51 \pm 0,05$ | $59,59 \pm 0,37$ | 0 |
| 2 | $35,77 \pm 0,02$ | $10,51 \pm 0,05$ | $17,12 \pm 0,03$ | $20,09 \pm 0,04$ | $58,45 \pm 0,11$ | 1,48 |
| A | $26,35 \pm 0,02$ | $10,11 \pm 0,05$ | $12,27 \pm 0,10$ | $15,90 \pm 0,04$ | $50,51 \pm 0,36$ | 11,26 |
| B | $25,80 \pm 0,01$ | $9,84 \pm 0,05$ | $11,54 \pm 0,05$ | $15,17 \pm 0,07$ | $49,56 \pm 0,11$ | 12,14 |
| C | $52,12 \pm 0,04$ | $2,85 \pm 0,04$ | $14,33 \pm 0,03$ | $14,62 \pm 0,02$ | $78,72 \pm 0,17$ | 18,79 |
| D | $25,12 \pm 0,02$ | $9,53 \pm 0,07$ | $10,70 \pm 0,10$ | $14,33 \pm 0,08$ | $48,31 \pm 0,36$ | 13,21 |
| E | $24,73 \pm 0,02$ | $9,50 \pm 0,17$ | $10,70 \pm 0,08$ | $14,31 \pm 0,06$ | $48,41 \pm 0,71$ | 13,53 |
| F | $44,75 \pm 0,01$ | $5,05 \pm 0,02$ | $19,28 \pm 0,02$ | $19,94 \pm 0,01$ | $75,31 \pm 0,06$ | 10,82 |

*Uzorak 1 – standardna receptura, neprženi lješnjak; Uzorak 2 – standardna receptura, prženi lješnjak; Uzorak A – kakaov s pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak B – kakaov bez mlijeka u prahu s pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak C – mliječni s pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak D – kakaov sa šećerom kokosovog cvijeta, pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak E – kakaov bez mlijeka u prahu, sa šećerom kokosovog cvijeta, pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak F – mliječni sa šećerom kokosovog cvijeta, pogačom i talogom od lješnjaka



Slika 45 Različite nijanse boje pripremljenih uzoraka

4.2. VELIČINA ČESTICA UNUTAR KREM-PROIZVODA

Na osnovu rezultata prikazanih u **Tablici 4**, krem-proizvode se može podijeliti u tri kategorije na osnovu veličine čestica. U prvu kategoriju se mogu ubrojiti referentni uzorci 1 i 2 koji imaju uvjerljivo najmanju veličinu čestica s vrijednosti od oko 13 mikrona, što znači da imaju glatku teksturu. Međutim, uzorci A, B i C pokazuju veće vrijednosti veličine čestica, u rasponu od 30 do 35 mikrona. Razlog tome je prisutnost pogače i taloga od lješnjaka, naročito pogače koja se zbog prisutnosti vlakana teže usitnjava na manje dijelove. Prema autorima Bursa i sur. (2021), udio sirovih vlakana u pogači od lješnjaka kreće se u rasponu od 9,2 do 10,1 %. U kategoriju s najvećim česticama ubrajaju se uzorci D, E i F koji u svome sastavu, osim pogače i taloga, sadržavaju šećer kokosovog cvijeta koji također sadrži vlakna.

Uzorku B izmjerena je veličina čestica nakon 3 sata. Potom je ponovno pokrenut proces miješanja u kugličnom mlinu dodatnih 30 minuta kako bi se odredio utjecaj produljenja vremena na veličinu čestica. Međutim, prema rezultatima, vidljivo je da nema značajnih promjena u veličini čestica, stoga je radi uštede vremena i energije zadržano vrijeme trajanje procesa od 3 sata.

Prema standardnoj devijaciji, vidljivo je da metoda ne pokazuje visoku preciznost, ali svrhu pronalazi u približnom određivanju veličine čestica.

Prema istraživanju Acana i sur. (2021), koje je ispitivalo utjecaj dodatka pogače od lješnjaka u kakao krem-proizvode, krute čestice u sastavu krem-proizvoda istih su dimenzija kao uzorci pripremljeni u sklopu ovog diplomskog rada. Veličina krutih čestica se u navedenom istraživanju kreće oko vrijednosti od 35 mikrona.

Tablica 4 Veličina čestica izražena u mikronima zajedno sa standardnom devijacijom

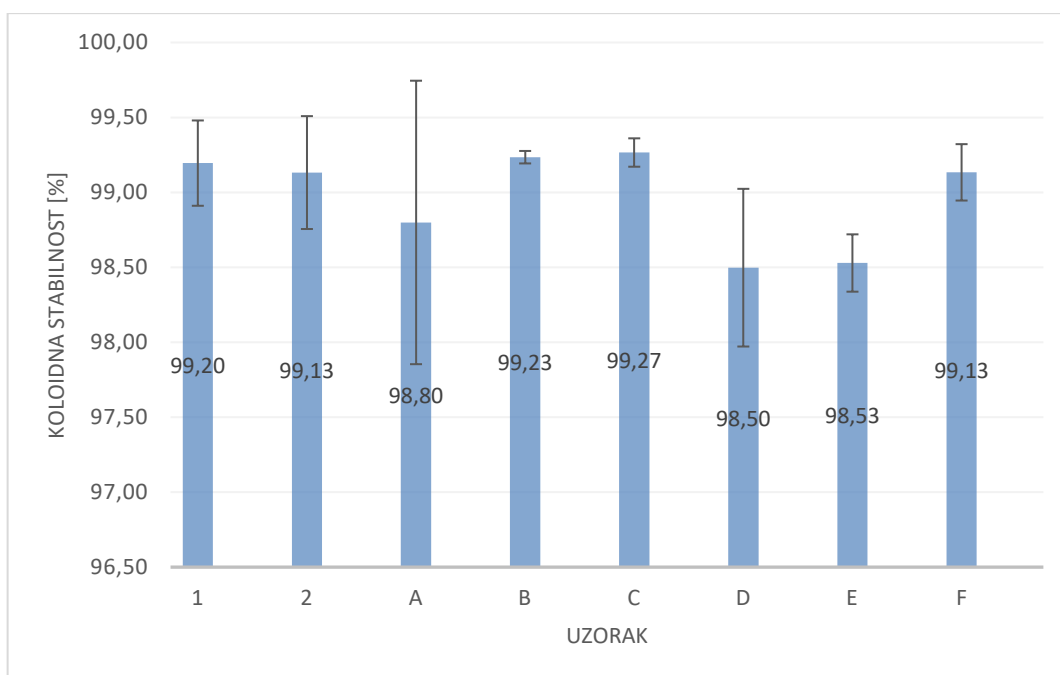
| UZORAK | VELIČINA ČESTICA [μm] |
|-----------|---------------------------------------|
| 1 | 13,8 \pm 0,84 |
| 2 | 13,0 \pm 0,00 |
| A | 35,4 \pm 0,89 |
| B (3 h) | 32,0 \pm 1,41 |
| B (3,5 h) | 32,6 \pm 3,05 |
| C | 33,6 \pm 1,14 |
| D | 36,4 \pm 1,52 |
| E | 39,4 \pm 2,88 |
| F | 47,8 \pm 1,79 |

*Uzorak 1 – standardna receptura, neprženi lješnjak; Uzorak 2 – standardna receptura, prženi lješnjak; Uzorak A – kakaov s pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak B – kakaov bez mlijeka u prahu s pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak C – mliječni s pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak D – kakaov sa šećerom kokosovog cvijeta, pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak E – kakaov bez mlijeka u prahu, sa šećerom kokosovog cvijeta, pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak F – mliječni sa šećerom kokosovog cvijeta, pogačom i talogom od lješnjaka

4.3. KOLOIDNA STABILNOST KREM PROIZVODA

Uzimajući u obzir standardne devijacije, iz rezultata prikazanih na **Slici 46**, vidljivo je da dodatak nusproizvoda prerade lješnjaka, točnije pogače i taloga od lješnjaka u krem-proizvode, ne utječe značajno na koloidnu stabilnost, s obzirom na to da se vrijednosti kreću u sličnim rasponima kao i referentni uzorci 1 i 2. U krem-proizvodima se nalazi lecitin koji stabilizira sustav te na taj način sprječava intenzivnije izdvajanje ulja. Uspoređujući recepture koje sadrže šećer kokosovog cvijeta s onima koje ga ne sadrže, uzorci sa šećerom kokosovog cvijeta pokazuju niže vrijednosti koloidne stabilnosti. To sugerira da dodatak šećera kokosovog cvijeta smanjuje koloidnu stabilnost, ali navedena promjena nije značajna.

U usporedbi sa studijama koje su ispitivale utjecaj dodatka kazeina (Pukec, 2021) i kore mandarine (Tisai, 2023) na svojstva krem-proizvoda, vidljivo je da pogača i talog, poput kazeina, ne utječu značajno na koloidnu stabilnost. Suprotno tome, dodatak kore mandarine smanjuje koloidnu stabilnost s povećanjem koncentracije. U radu gdje je ispitan utjecaj dodatka različitih emulgatora na svojstva krem-namaza smanjene kalorijske vrijednost (Pavličević, 2021), svim uzorcima se vrijednosti za koloidnu stabilnost kreću oko 99,50 %, što će reći da dodatak nusproizvoda prerade lješnjaka blago utječe na smanjenje koloidne stabilnosti s obzirom na rezultate prikazane na **Slici 46**. Prema radu autora Botunac (2021), primijećeno je da nusproizvod kakao ljuska manje utječe na koloidnu stabilnost od nusproizvoda prerade lješnjaka.



Slika 46 Utjecaj dodatka nusproizvoda prerade lješnjaka na koloidnu stabilnost krem-proizvoda

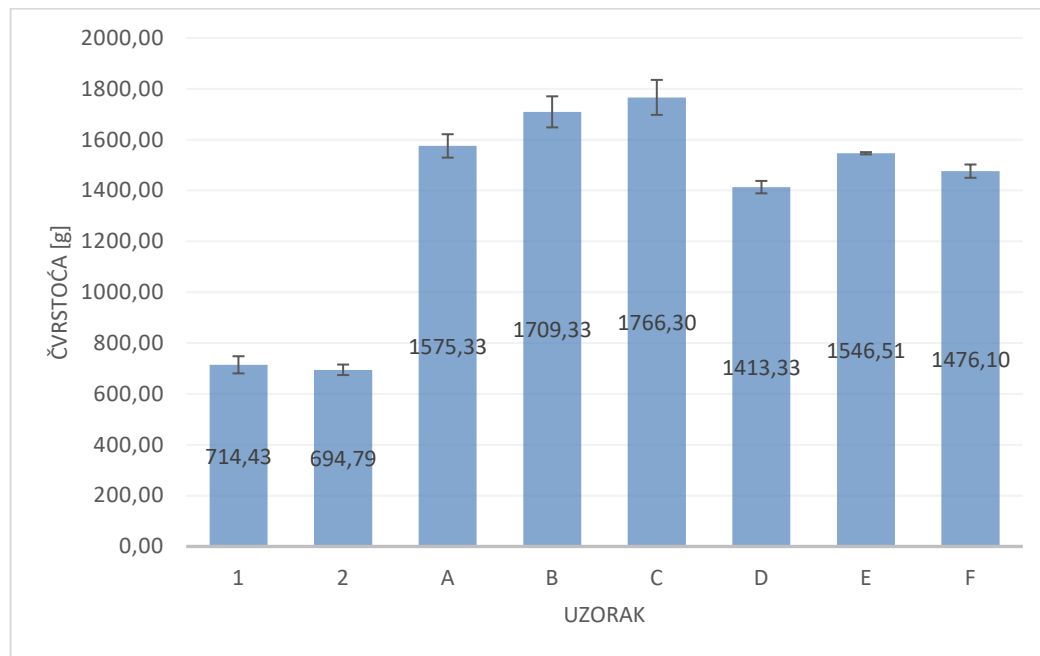
*Uzorak 1 – standardna receptura, neprženi lješnjak; Uzorak 2 – standardna receptura, prženi lješnjak; Uzorak A – kakaov s pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak B – kakaov bez mlijeka u prahu s pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak C – mliječni s pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak D – kakaov sa šećerom kokosovog cvijeta, pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak E – kakaov bez mlijeka u prahu, sa šećerom kokosovog cvijeta, pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak F – mliječni sa šećerom kokosovog cvijeta, pogačom i talogom od lješnjaka

4.4. TEKSTURA KREM-PROIZVODA

Prema rezultatima prikazanih na grafovima (**Slika 47** i **48**), vidljivo je da referentni uzorci 1 i 2 imaju znatno manju čvrstoću od uzoraka koji su na bazi nusproizvoda prerade lješnjaka (pogača i talog). Dakle, dodatak pogače i taloga bitno utječe na povećanje čvrstoće krem-proizvoda. Također, uzorci D, E i F, u kojima je korišten šećer kokosovog cvijeta umjesto stolnog šećera u prahu, pokazuju manju čvrstoću u odnosu na uzorke A, B i C sa stolnim šećerom. Nadalje, kontrolni uzorci pokazuju najbolju mazivost jer imaju najmanji otpor smicanju. Pogača, talog i šećer kokosovog cvijeta imaju isti utjecaj na otpor smicanja kao i za čvrstoću, što znači da najmanju mazivost pokazuju uzorci pravljeni na bazi taloga i pogače sa stolnim šećerom. Najveću čvrstoću ($1766,30 \pm 68,84$ g) i najmanju mazivost (otpor smicanju iznosi $1341,48 \pm 67,19$ gsec) pokazuje mliječni krem-proizvod sa stolnim šećerom (Uzorak C).

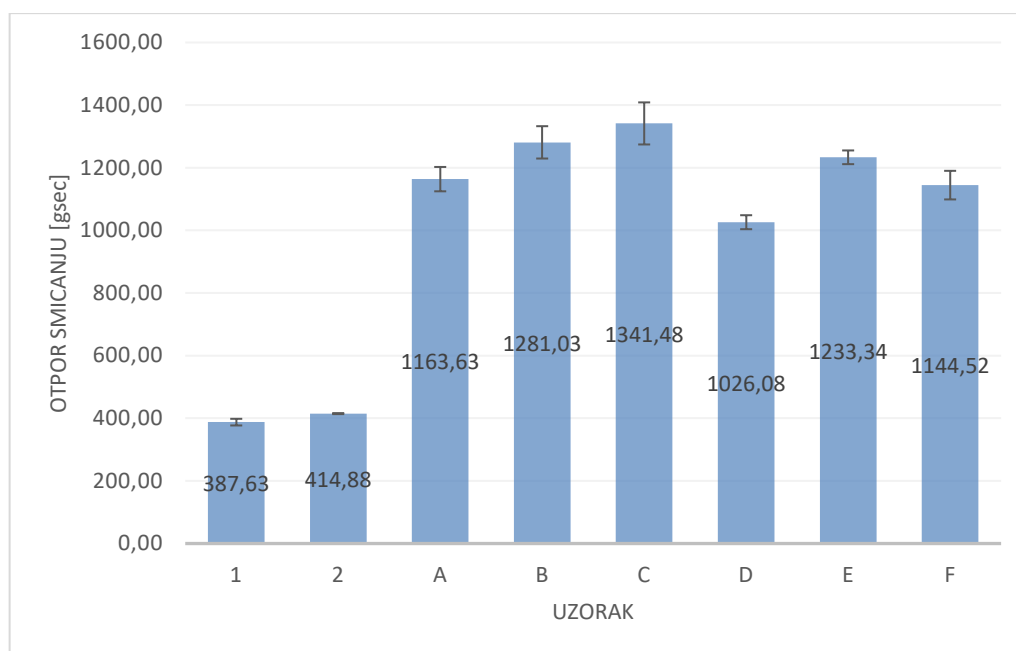
U usporedbi sa studijama koje su ispitivale utjecaj dodatka kazeina (Pukey, 2021) i kore mandarine (Tisai, 2023) na svojstva krem-proizvoda, vidljivo je da dodatak pogače i taloga najviše povećava vrijednost čvrstoće. Isto tako, najmanju mazivost pokazuju uzorci s dodatkom nusproizvoda prerade lješnjaka. Usporedbom rezultata prikazanih na **Slici 47** s vrijednostima dobivenih u istraživanju Acana i sur. (2021), ustanovljeno je da uzorci u sklopu

ovog diplomskog rada imaju znatno veće vrijednosti čvrstoće. Osim toga, mazivost je također manja, što ukazuje da su uzorci pripremljeni pri različitim uvjetima ili da je receptura za pripremu krem-proizvoda različita u usporedbi s navedenim literaturnim izvorom.



Slika 47 Utjecaj dodatka nusproizvoda prerade lješnjaka na čvrstoću krem-proizvoda

*Uzorak 1 – standardna receptura, neprženi lješnjak; Uzorak 2 – standardna receptura, prženi lješnjak; Uzorak A – kakaov s pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak B – kakaov bez mlijeka u prahu s pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak C – mliječni s pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak D – kakaov sa šećerom kokosovog cvijeta, pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak E – kakaov bez mlijeka u prahu, sa šećerom kokosovog cvijeta, pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak F – mliječni sa šećerom kokosovog cvijeta, pogačom i talogom od lješnjaka



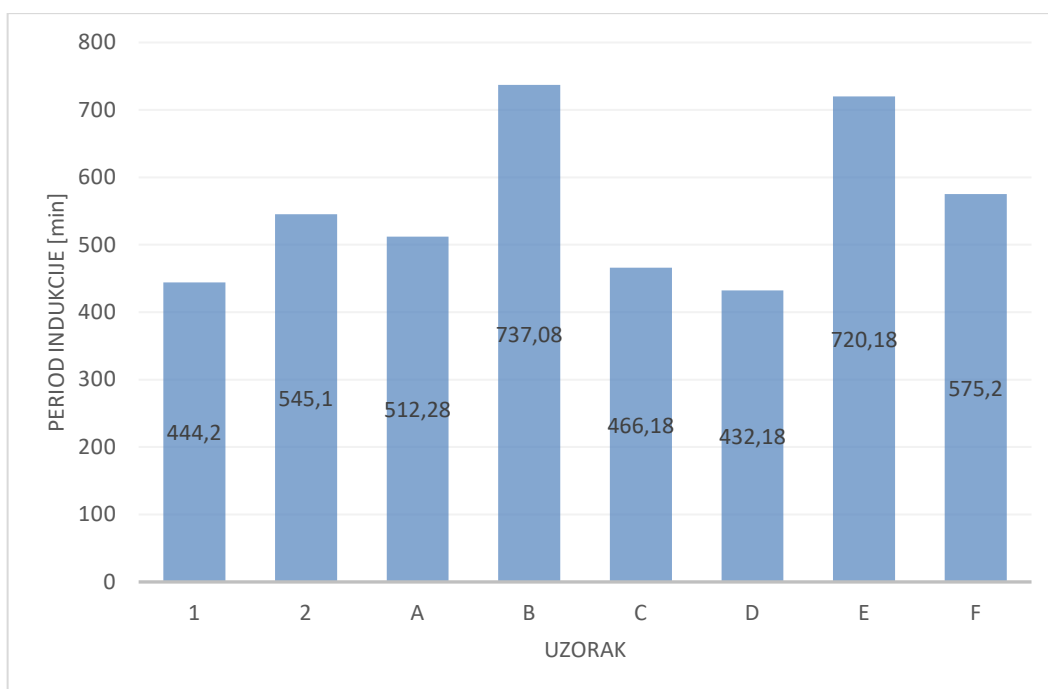
Slika 48 Utjecaj dodatka nusproizvoda prerade lješnjaka na mazivost krem-proizvoda

*Uzorak 1 – standardna receptura, neprženi lješnjak; Uzorak 2 – standardna receptura, prženi lješnjak; Uzorak A – kakaov s pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak B – kakaov bez mlijeka u prahu s pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak C – mliječni s pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak D – kakaov sa šećerom kokosovog cvijeta, pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak E – kakaov bez mlijeka u prahu, sa šećerom kokosovog cvijeta, pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak F – mliječni sa šećerom kokosovog cvijeta, pogačom i talogom od lješnjaka

4.5. OKSIDACIJSKA STABILNOST KREM-PROIZVODA

Prema podacima o periodu indukcije prikazanim na **Slici 49**, vidljivo je da su uzorci koji ne sadržavaju mlijeko u prahu oksidacijski najstabilniji (uzorci B i E). Što se tiče utjecaja taloga i pogače na oksidacijsku stabilnost krem-proizvoda, vidljivo je da nemaju značajan utjecaj budući da su vrijednosti perioda indukcije slične referentnim uzorcima. U pojedinim slučajevima, određeni uzorci pokazuju čak i veću oksidacijsku stabilnost u odnosu na kontrolni uzorak.

Ukoliko se želi odrediti rok trajanja proizvoda s obzirom na oksidacijsko kvarenje, potrebno je provesti postupak na više različitih temperatura kako bi se mogla kreirati linija trenda pomoću koje bi se približno odredio period indukcije pri sobnoj temperaturi, samim time rok trajanja proizvoda.

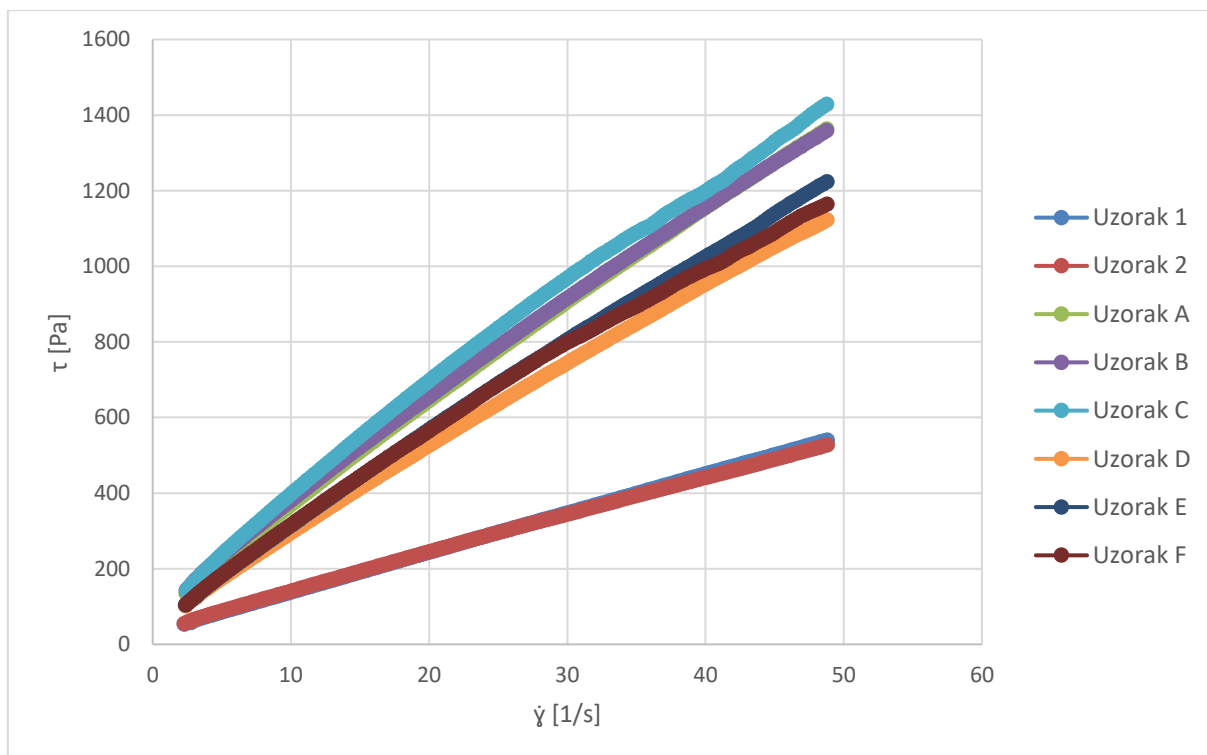


Slika 49 Utjecaj dodatka nusproizvoda prerade lješnjaka na oksidacijsku stabilnost krem-proizvoda

*Uzorak 1 – standardna receptura, neprženi lješnjak; Uzorak 2 – standardna receptura, prženi lješnjak; Uzorak A – kakaov s pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak B – kakaov bez mlijeka u prahu s pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak C – mliječni s pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak D – kakaov sa šećerom kokosovog cvijeta, pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak E – kakaov bez mlijeka u prahu, sa šećerom kokosovog cvijeta, pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak F – mliječni sa šećerom kokosovog cvijeta, pogačom i talogom od lješnjaka

4.6. REOLOGIJA KREM-PROIZVODA

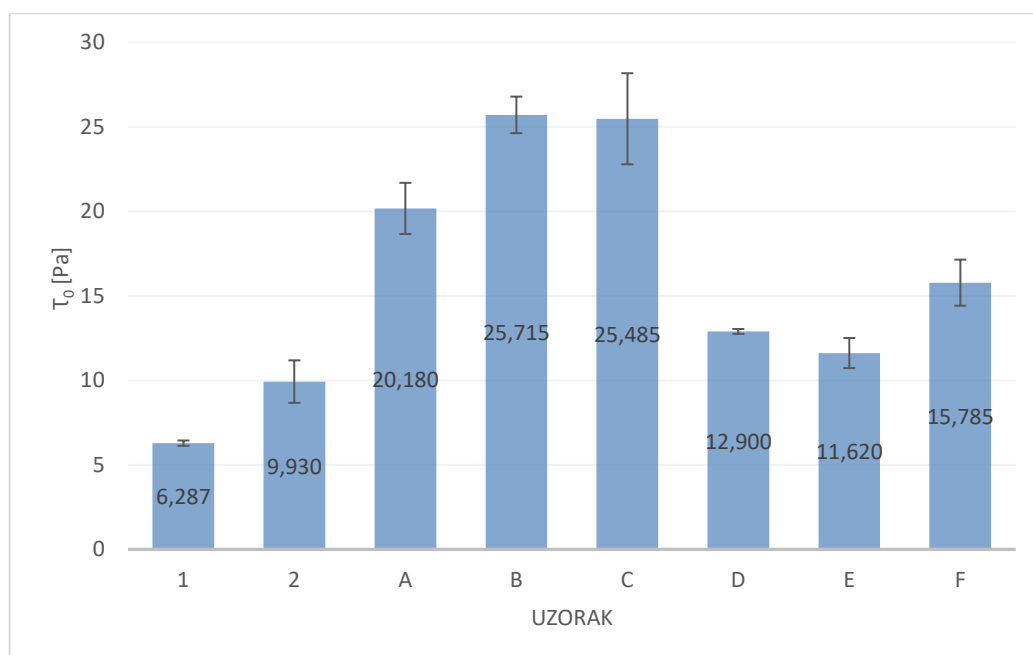
Za potrebe izrade ovog diplomskog rada, uzeto je obzir uzlazno mjerenje reometra prikazano na **Slici 50**. Vidljive su krivulje (reogrami) koji potvrđuju teoriju da krem-proizvodi spadaju u kategoriju binghamovskih nenewtonskih tekućina. Reogrami ne kreću iz ishodišta, što znači da je potrebno postići određeni prag naprezanja kako bi se krem-proizvod naveo da teče. Binghamovske tekućine pripadaju kategoriji stacionarnih tekućina kod kojih se viskoznost mijenja s promjenom brzine smicanja, ali ne mijenja se s vremenom smicanja (strujanja). Prema **Slici 50**, vidljivo je da uzorci A, B i C, pravljeni sa stolnim šećerom u prahu s dodatkom taloga i pogače od lješnjaka, pokazuju najveću viskoznost. Za postizanje iste brzine smicanja (strujanja) im je potreban najveći napon smicanja u usporedbi s drugim uzorcima. Prema istoj logici, referentni uzorci pokazuju najmanju viskoznost.



Slika 50 Utjecaj dodatka nusproizvoda prerade lješnjaka na reograme krem-proizvoda

*Uzorak 1 – standardna receptura, neprženi lješnjak; Uzorak 2 – standardna receptura, prženi lješnjak; Uzorak A – kakaov s pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak B – kakaov bez mlijeka u prahu s pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak C – mliječni s pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak D – kakaov sa šećerom kokosovog cvijeta, pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak E – kakaov bez mlijeka u prahu, sa šećerom kokosovog cvijeta, pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak F – mliječni sa šećerom kokosovog cvijeta, pogačom i talogom od lješnjaka

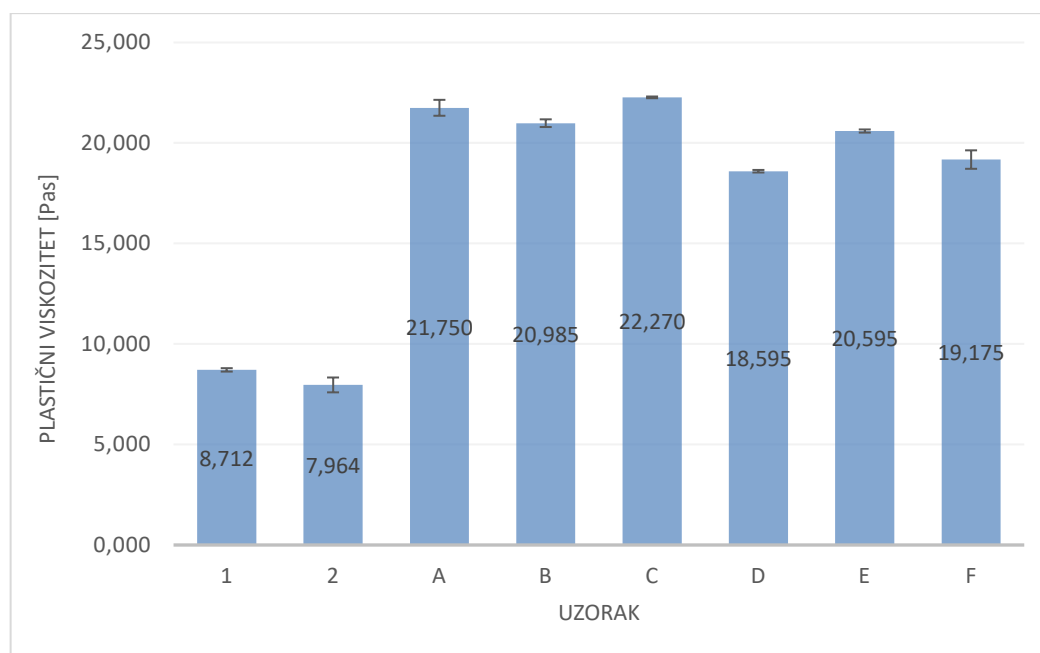
Prema rezultatima granica tečenja prikazanih na **Slici 51**, vidljivo je da je uzorke 1 i 2 (kontrolni uzorci) najlakše navesti da teku, što znači da dodatak nusproizvoda prerade lješnjaka povećava vrijednosti granica tečenja, u različitim uzorcima u različitoj mjeri. Vidljivo je da je uzorke A, B i C, pravljeni sa stolnim šećerom u prahu s dodatkom taloga i pogače od lješnjaka, najteže navesti da teku.



Slika 51 Utjecaj dodatka nusproizvoda prerade lješnjaka na vrijednosti granice tečenja prema Cassonu

*Uzorak 1 – standardna receptura, neprženi lješnjak; Uzorak 2 – standardna receptura, prženi lješnjak; Uzorak A – kakaov s pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak B – kakaov bez mlijeka u prahu s pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak C – mliječni s pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak D – kakaov sa šećerom kokosovog cvijeta, pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak E – kakaov bez mlijeka u prahu, sa šećerom kokosovog cvijeta, pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak F – mliječni sa šećerom kokosovog cvijeta, pogačom i talogom od lješnjaka

Kao što je bio slučaj na **Slici 50**, prema rezultatima prikazanim na **Slici 52**, najveću plastičnu viskoznost pokazuju uzorci A, B i C, dok referentni uzorci najmanju. Vrijednosti za granice tečenja i plastične viskoznosti prema Cassonu u radu autora Tisai (2023), gdje je ispitivan utjecaj dodatka kore mandarine na svojstva krem-proizvoda, manje su u odnosu na rezultate u sklopu ovog diplomskog rada, što će reći da dodatak nusproizvoda prerade lješnjaka ne utječe pozitivno na reološka svojstva krem-proizvoda. Razlog leži u tome što se dodatkom pogače i taloga od lješnjaka povećava udio krupnih krutih čestica u proizvodu koje bitno utječu na povećanje viskoznosti, s obzirom na to da veće čestice pružaju veći otpor protoku proizvoda. Uzimajući u obzir rezultate veličina čestica iz **Tablice 4**, vidljivo je da su veličina krutih čestica i viskoznost proporcionalne veličine.



Slika 52 Utjecaj dodatka nusproizvoda prerade lješnjaka na vrijednosti plastične viskoznosti prema Cassonu

*Uzorak 1 – standardna receptura, neprženi lješnjak; Uzorak 2 – standardna receptura, prženi lješnjak; Uzorak A – kakaov s pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak B – kakaov bez mlijeka u prahu s pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak C – mliječni s pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak D – kakaov sa šećerom kokosovog cvijeta, pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak E – kakaov bez mlijeka u prahu, sa šećerom kokosovog cvijeta, pogačom i talogom od lješnjaka; Uzorak F – mliječni sa šećerom kokosovog cvijeta, pogačom i talogom od lješnjaka

5. ZAKLJUČAK

Usporedbom referentnih uzoraka, pripremljenih uz dodatak paste od lješnjaka, s uzorcima na bazi nusproizvoda prerade lješnjaka, vidljiva je značajna promjena boje dodatkom pogače i taloga od lješnjaka. Uzorci su tamniji i imaju manje zasićenje boje. Inovativni krem-proizvodi sadrže veće krute čestice zbog prisutnosti vlakana, naročito u pogači, što otežava dodatno usitnjavanje. Što se tiče utjecaja na oksidacijsku i koloidnu stabilnost, analiza je pokazala da nusproizvodi nemaju značajan utjecaj. U nekim slučajevima, oksidacijska stabilnost je čak veća nego kod kontrolnih uzoraka. Dodatak nusproizvoda prerade lješnjaka značajno povećava viskoznost i čvrstoću krem-proizvoda, smanjujući time njihovu mazivost. Također, dodatak pogače i taloga povećava vrijednost granice tečenja prema Cassonu. Svi dobiveni krem-proizvodi pripadaju binghamovskim tekućinama.

Zamjena stolnog šećera u prahu sa šećerom kokosovog cvijeta uzrokuje promjenu boje, iako je receptura ista. Uzorci sa šećerom kokosovog cvijeta imaju najveće čestice što znači da se pjeskovitost najviše osjeti u takvim uzorcima. Također, uzorci s kokosovim šećerom pokazuju smanjenu koloidnu stabilnost (iako ne značajno) i nemaju značajan utjecaj na oksidacijsku stabilnost. Međutim, takvi uzorci su manje čvrsti i bolje mazivosti u usporedbi s uzorcima sa stolnim šećerom. Dodatak šećera kokosovog cvijeta smanjuje vrijednost granice tečenja prema Cassonu, dok je uzorke sa stolnim šećerom najteže navesti da teku.

Zamjenom paste od lješnjaka s pogačom i talogom od lješnjaka dobivaju se senzorski prihvatljivi krem-proizvodi uz manje nedostatke, što ukazuje na njihov potencijal za buduće tržište. Time bi se osigurao kružni proces prerade lješnjaka, valorizacija nusproizvoda, ekonomičnost, inovativnost proizvoda i očuvanje okoliša. Slično se može primijeniti i na kokosov šećer koji, iako utječe na senzorska svojstva krem-proizvoda, doprinosi funkcionalnosti proizvoda.

6. LITERATURA

- Acan BG., Toker OS, Palabiyik I, Rasouli Pirouzian H, Bursa K, Kilicli M, Yaman M, Er T, Konar N: Physicochemical properties of chocolate spread with hazelnut cake: Comparative study and optimization. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 147(5):111548, 2021.
- Ačkar Đ: Bez šećera i s puno više proteina! Stiže čokolada budućnosti - i to iz Osijeka. 2024. <https://zivim.jutarnji.hr/zivim/rastem/bez-secera-i-s-puno-vise-proteina-stize-cokolada-buducnosti-i-to-iz-osijeka-15436575> [2.5.2024].
- Ačkar Đ: Tehnologija ugljikohidrata i konditorskih proizvoda, nastavni materijali. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, 2023.
- Almeida PF, Lannes SC da S: Effects of chicken by-product gelatin on the physicochemical properties and texture of chocolate spread. *Journal of Texture Studies*, 48 (5), 392-402, 2017.
- Athar M, Nasir SM: Taxonomic perspective of plant species yielding vegetable oils used in cosmetics and skin care products. *African Journal of Biotechnology*, 4(1):36-44, 2005.
- Babić J, Ačkar Đ, Jokić S, Strelec I, Jozinović A: Katalog opreme. Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, 2023.
- Babić J: Tehnologija ugljikohidrata i konditorskih proizvoda, nastavni materijali. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, 2023.
- Barišić V, Petrović J, Lončarević I, Flanjak I, Šubarić D, Babić J, Miličević B, Doko K., Blažić M, Ačkar Đ: Physical Properties of Chocolates Enriched with Untreated Cocoa Bean Shells and Cocoa Bean Shells Treated with High-Voltage Electrical Discharge. *Sustainability* 13(5), 2620, 2021.
- Barišić V, Šarkanj B, Flanjak I, Doko K, Miličević B, Ačkar Đ: Nutritionally Improved Chocolate Spreads – A Review. *Food in Health and Disease, scientific-professional journal of nutrition and dietetics*, 10(1):10-13, 2021.
- Beckett ST: *Industrial chocolate manufacture and use*, 4th edition. Blackwell Publishing, Ujedinjeno Kraljevstvo, 2009.
- Berk B, Cosar S, Mazi B.G., Oztop M.H.: Textural, rheological, melting properties, particle size distribution, and NMR relaxometry of cocoa hazelnut spread with inulin-stevia addition as sugar replacer. *Journal of Texture Studies*, 55(2):e12834, 2024.

- Botunac M: Utjecaj dodatka kokosove i palmine masti na svojstva krem-namaza bez šećera. Diplomski rad. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2021.
- Bursa K, Toker O.S., Palabiyik I, Yaman M, Kian-Pour N, Konar N, Kilicli M: Valorization of hazelnut cake in compound chocolate: The effect of formulation on rheological and physical properties. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 139(2):110609, 2021.
- Canapi EC, Augustin YTV, Moro EA, Pedrosa EJr, Bendaño ML: Coconut Oil. U *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. John Wiley & Sons, 2005.
- Cornelius JA: Palm Oil and Palm Kernel Oil. *Progress in the Chemistry of Fats and Other Lipids*, 15(1):5-27, 1977.
- Čatić I, Rujnić-Sokele M, Barić G: Sistematizacija proizvodnje šupljikavih proizvoda. *Polimeri: Časopis za plastiku i gumu*, 29(3):164-169, 2008.
- Čorbo S: Tehnologija ulja i masti, Sarajevo Publishing, Sarajevo, 2008.
- Dayrit F: The Properties of Lauric Acid and Their Significance in Coconut Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92(1):1-15, 2015.
- Dervisoglu M: Influence of hazelnut flour and skin addition on the physical, chemical and sensory properties of vanilla ice cream. *International Journal of Food Science and Technology*, 41(6):657-661, 2006.
- European Parliament and Council: Directive 94/35/EC on Sweeteners for Use in Foodstuffs. EUR-Lex, 2010.
- Flanjak I, Barišić V, Jozinović A, Babić J, Šubarić D, Miličević B, Tot A, Ačkar Đ: Senzorska svojstva krem-proizvoda s kakaovom ljuskom. Croatian Science Foundation, 2022.
- Goldoni L: Tehnologija konditorskih proizvoda – kakao i čokolada. Kugler, Zagreb, 2004.
- González-Muñiz R, Bonache MA, Martín-Escura C, Gómez-Monterrey I: Recent Progress in TRPM8 Modulation: an Update. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(11):2618, 2019.
- Gul O, Atalar I, Mortas M, Saricaoglu FT, Besir A, Gul LB, Yazici F: Potential Use of High Pressure Homogenized Hazelnut Beverage for a Functional Yoghurt-Like Product. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, 94(1):e20191172, 2022.

- Gul O, Atalar I, Mortas M, Saricaoglu FT, Yazıcı F: Application of TOPSIS methodology to determine optimum hazelnut cake concentration and high pressure homogenization condition for hazelnut milk production based on physicochemical, structural and sensory properties. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(4):2404-2415, 2018.
- Gul O, Atalar I, Saricaoglu FT, Yazici F: Effect of multi-pass high pressure homogenization on physicochemical properties of hazelnut milk from hazelnut cake: An investigation by response surface methodology. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(5): e13615, 2018.
- Gumus CE, Tekin A: Hazelnut oil chemistry and technology. *Oil Crops: Growth, Uses, and Toxicity*. Perea Flores MDJ, Camacho Diaz BH, Ximena Quintanilla Carvajal M. Nova Science Publishers. Ankara, Turska, 2021.
- Gutiérrez T: State of the Art Chocolate Manufacture: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 16(6):1313-1344, 2017.
- Jakobek Barron L: Fizikalna kemija, nastavni materijali. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, 2021.
- Jakobović M, Šnajder I, Soldo T, Moslavac T, Kovačević J, Del Vechio J: Utjecaj sorte lješnjaka na iskorištenje ulja prešanjem pužnom prešom KOMET CA 59 G. *MESO: Prvi hrvatski časopis o mesu*, 22(6):484-490, 2020.
- Jokić S, Moslavac T, Aladić K, Bilić M, Ačkar Đ, Šubarić D: Hazelnut oil production using pressing and supercritical CO₂ extraction. *Hemijska industrija*, 70(4):359-366, 2016.
- Jozinović A, Panak Balentić J, Ačkar Đ, Benšić M, Babić J, Barišić V, Lončarić A, Miličević B, Šubarić D: Nutritionally Valuable Components and Heat-Induced Contaminants in Extruded Snack Products Enriched with Defatted Press Cakes. *Molecules*, 29(4):791, 2024.
- Jozinović A: Tehnologija ugljikohidrata i konditorskih proizvoda, nastavni materijali. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, 2018
- Katalenić Ijkić S: Palmino ulje – kvaliteta i sigurnost. Hrvatski zavod za javno zdravstvo, 2017.
- Kopjar M: Kemija hrane, nastavni materijali. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, 2021.

- Kumar P: Process Optimization for the Preparation of Chocolate Spread Incorporating Whey Protein Concentrate, Cocoa Powder, Olive Oil and Butterfat Using Response Surface Methodology. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6):745-757, 2015.
- Laitinen A: Supercritical fluid extraction of organic compounds from solids and aqueous solutions. *Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus Publications*, (403):2-58, 1999.
- Lenart L, Moslavac T, Jager N: Nutritivna svojstva i mikrobiološka ispravnost organski uzgojenih uljarica i orašastih plodova. *MESO: Prvi hrvatski časopis o mesu*, 22(6):475-483, 2020.
- Lima R de S, Block J.M.: Coconut oil: what do we really know about it so far?. *Food Quality and Safety*, 3(2):61-72, 2019.
- Lipinčić J: Proizvodnja lješnjakovog ulja. Završni rad. *Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek*, 2019.
- Lučan Čolić M: Tehnologija mlijeka i mliječnih proizvoda, nastavni materijali. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, *Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek*, 2023.
- Ljiljanić T: Utjecaj antioksidanasa i sinergista na oksidacijsku stabilnost proizvedenog hladno prešanog lješnjakovog ulja. Diplomski rad. *Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek*, 2015.
- Masson P, Merot F, Bardot J: Influence of hazelnut oil phospholipids on the skin moisturizing effect of a cosmetic emulsion. *International Journal of Cosmetic Science*, 12(6):243-251, 1990.
- Mokrzycki W, Tatol M: Color Difference Delta E - a Survey. *Machine Graphics and Vision*, 20:383-411, 2011.
- Moslavac T, Jokić S, Jozinović A, Kovačić M: Utjecaj antioksidanasa na stabilizaciju mješavine lješnjakovog i lanenog ulja. *Glasnik Zaštite Bilja*, 46(5):48-56, 2023.
- Moslavac T: *Prehrambeno inženjerstvo, nastavni materijali*. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, *Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek*, 2022.
- Moslavac T: *Tehnologija ulja i masti, nastavni materijali*. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, *Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek*, 2022.
- MP, *Ministarstvo poljoprivrede Republike Hrvatske: Pravilnik o jestivim uljima i mastima*. Narodne novine 11/19, 2019.

- MPRRR, Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja: Pravilnik o šećerima i metodama analiza šećera namijenjenih za konzumaciju. Narodne novine 39/09, 2009
- MPŠVG, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnoga gospodarstva: Pravilnik o proizvodima sličnim čokoladi, krem-proizvodima i bombonskim proizvodima. Narodne novine 73/05, 2005.
- MPŠVG, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnoga gospodarstva: Pravilnik o kakau i čokoladnim proizvodima. Narodne novine 73/05, 2005.
- MPŠVG, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnoga gospodarstva: Pravilnik o ugušćenom (kondenziranom) mlijeku i mlijeku u prahu. Narodne novine 80/07, 2007.
- MZSS, Ministarstvo zdravstva i socijalne skrbi: Pravilnik o prehrambenim aditivima. Narodne novine 62/10, 2010.
- Oštrić-Matijašević B, Turkulov J: Tehnologija ulja i masti. Tehnološki fakultet Sveučilišta u Novom Sadu, Novi Sad, 1980.
- Özkal SG, Salgin U, Yener ME: Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Hazelnut Oil. *Journal of Food Engineering*, 69(2):217-223, 2005.
- Pavličević K: Utjecaj dodatka različitih emulgatora na svojstva krem-namaza smanjene kalorijske vrijednosti. Diplomski rad. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2021.
- Peña F, Cárdenas S, Gallego M, Valcárcel M: Direct olive oil authentication: Detection of adulteration of olive oil with hazelnut oil by direct coupling of headspace and mass spectrometry, and multivariate regression techniques. *Journal of Chromatography A*, 1074(1-2):215-221, 2005.
- Petković MM, Pajin BS, Tomić JM, Torbica AM, Šereš ZI, Zarić DB, Šoronja Simović DM: Teksturalna i senzorna svojstva krem proizvoda sa saharozom i maltitolom. *Hemijska Industrija*, 66(3):385-394, 2012.
- Pukec A: Utjecaj dodatka kazeina na svojstva nutritivno poboljšanih krem-namaza. Diplomski rad. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2021.
- Rot T: Optimizacija procesa proizvodnje lješnjakovog ulja. Diplomski rad. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2015.

- Sahin SS, Akpınar AN, Gumus-Bonacina CE: Formation and physical stability of hazelnut oil nanoemulsions: Comparison of a synthetic surfactant and a natural emulsifier. *Journal of Surfactants and Detergents*, 25(6):799-811, 2022.
- Saputro AD, Van de Walle D, Dewettinck K: Palm Sap Sugar: A Review. *Sugar Tech*, 21(6):862-867, 2019.
- Saraiva A, Carrascosa C, Ramos F, Raheem D, Lopes M, Raposo A: Coconut Sugar: Chemical Analysis and Nutritional Profile; Health Impacts; Safety and Quality Control; Food Industry Applications. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4):3671, 2023.
- Sen D, Kahveci D: Production of a Protein Concentrate from Hazelnut Meal Obtained as a Hazelnut Oil Industry By-Product and Its Application in a Functional Beverage. *Waste and Biomass Valorization*, 11(10):5099-5107, 2020.
- Tisai P: Utjecaj dodatka kore mandarine na svojstva kakaovih krem-proizvoda. Diplomski rad. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2023.
- Tunç MT, Kahyaoglu T: Improving Rheological and Baking Properties of Gluten-Free Breads Using Defatted Hazelnut Flour with Various Gums. *International Journal of Food Engineering*, 12(4):343-353, 2016.
- Vladić J, Gavarić A, Jokić S, Pavlović N, Moslavac T, Popović Lj, Matias A, Agostinho A, Banožić M: Alternative to conventional edible oil sources: Cold pressing and supercritical CO₂ extraction of plum (*prunus domestica* L.) kernel seed. *Acta Chimica Slovenica*, 67(3):778-784, 2020.
- WEB 1: <https://www.dihambalaza.hr/boce-za-ulje> [27.6.2024.]
- WEB 2: <https://www.konzum.hr/web/products/nutella-400-g> [27.6.2024.]
- WEB 3: <https://lino.eu/proizvod/lino-lada-milk/> [27.6.2024.]
- WEB 4: <https://www.vecernji.ba/vijesti/prirodni-zasla-ivaci-zdrava-alternativa-stetnom-seceru-1218140> [27.6.2024.]
- WEB 5: <https://alhiladoil.com/about-us/> [27.6.2024.]
- WEB 6: <https://www.feedipedia.org/content/coconut-mature-fruit-scheme> [27.6.2024.]
- WEB 7: https://hr.wikipedia.org/wiki/Prehrambena_tehnologija [27.6.2024.]

Xu YX, Hanna MA: Synthesis and characterization of hazelnut oil-based biodiesel. *Industrial Crops and Products*, 29(2-3):473-479, 2009.

Yağci S, Göğüş F: Response surface methodology for evaluation of physical and functional properties of extruded snack foods developed from food-by-products. *Journal of Food Engineering*, 86(1):122-132, 2008.

Yilmaz E, Ölütcü M: Oleogels as spreadable fat and butter alternatives: Sensory description and consumer perception. *The Royal Society of Chemistry Advances*, 5(62):50259-50267, 2015.