Utjecaj hladnog prešanja oraha na iskorištenje ulja i reološka svojstva namaza od orahove pogače

Foruglaš, Diana

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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:109:077009

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

REPOZITORIJ PTFOS PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK dabar DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Food Technology Osijek

zir.nsk.hr

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

dabar DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

Diana Foruglaš

UTJECAJ HLADNOG PREŠANJA ORAHA NA ISKORIŠTENJE ULJA I REOLOŠKA SVOJSTVA NAMAZA OD ORAHOVE POGAČE

DIPLOMSKI RAD

Osijek, listopad 2016.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
Zavod za prehrambene tehnologije
Katedra za prehrambeno inženjerstvo
Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

Diplomski sveučilišni studij prehrambenog inženjerstva

Znanstveno područje:	Biotehničke znanosti
Znanstveno polje:	Prehrambena tehnologija
Nastavni predmet:	Prehrambeno inženjerstvo
Tema rada	je prihvaćena na III. izvanrednoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2015/2016 održanoj 12. rujna 2016.
Mentor:	izv. prof. dr. sc. *Tihomir Moslavac*
Pomoć pri izradi:	*Daniela Paulik,* tehnički suradnik

UTJECAJ HLADNOG PREŠANJA ORAHA NA ISKORIŠTENJE ULJA I REOLOŠKA SVOJSTVA NAMAZA OD ORAHOVE POGAČE

Diana Foruglaš, 335-DI

Sažetak: U ovom radu istraživan je utjecaj procesnih parametara hladnog prešanja oraha na iskorištenje orahovog ulja. Prešanje jezgre oraha provedeno je na laboratorijskoj kontinuiranoj pužnoj preši. Prilikom prešanja mijenjani su procesni parametri: nastavak za izlaz pogače, temperatura glave preše i brzina pužnice. Nakon prešanja provedeno je prirodno taloženje i vakum filtracija sirovog ulja . Primjenom standardnih metoda određeni su osnovni parametri kvalitete proizvedenog ulja: peroksidni broj, slobodne masne kiseline, udio netopljivih nečistoća te udio vlage. Također, cilj ovog rada je ispitati utjecaj sastojaka na reološka svojstva namaza od orahove pogače. Mjerenja reoloških svojstva su provedena na rotacijskom viskozimetru s koncentričnim cilindrima pri temperaturi od 60 ˚C. Iz dobivenih podataka su izračunati reološki parametri namaza: indeks tečenja, prividna viskoznost i koeficijent konzistencije. Dobiveni rezultati ukazuju da ispitivani procesni parametri prešanja oraha utječu na iskorištenje ulja. Također, iz rezultata može se zaključiti da namaz od orahove pogače pripada ne-Newtonskim sustavima. Veća viskoznost namaza se postiže dodatkom kakao praha, dok manju viskoznost ima namaz od jezgre oraha. Manja se viskoznost namaza postiže sa smanjenjem uljne faze.

Ključne riječi: orahovo ulje, hladno prešanje, namaz od orahove pogače, reološka svojstva

Rad sadrži: 49 stranica
11 slika
6 tablica
0 priloga
24 literaturnih referenci

Jezik izvornika: hrvatski

Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu rada i diplomskog ispita

1.	prof. dr. sc. *Vedran Slačanac*	predsjednik
2.	izv. prof. dr. sc. *Tihomir Moslavac*	član- mentor
3.	izv. prof.. dr. sc. *Stela Jokić*	član
4.	izv. prof. dr. sc. *Jurislav Babić*	zamjena člana

Datum obrane: 10. listopada 2016.

Rad je u tiskanom i električkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Prehrambeno- tehnološkog fakulteta Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

BASIC DOCUMENTATAION CARD

GRADUATE THESES

University Josip Juraj Strossmayer in Osijek
Faculty of Food Technology Osijek
Deparment of Food Technologies
Sub department of Food Engineering
Franje Kuhača 20, HR-31000 Osijek, Croatia

Graduate program of Food Engineering

Scientific area:	Biotechnical sciences
Scientific field:	Food technology
Course title:	Food engineering
Thesis subject:	was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no III. held on September 12, 2016.
Supervisor:	*Tihomir Moslavac*, PhD, associate prof.
Technical assistance:	*Daniela Paulik*, technical associate

INFLUENCE COLD PRESSING WALNUT ON UTILIZATION OF OIL AND RHEOLOGICAL PROPERTIES SPREAD OF WALNUT JOHNNYCAKE

Diana Foruglaš, 335-DI

Summary: In this thesis author researches the influence of process parameters of cold pressing walnut on utilization of walnut oil. The pressing of walnut core was conducted on a laboratory continuous worm screw press. During pressing following process parameters varied: johnnycake output extension, press head temperature and cochlea frequency. After pressing, natural sedimentation was conducted and vacuum filtration of crude oil. Walnut oil quality parameters were determined applying standards methods: peroxide number, free fatty acids, the proportion of insoluble impurities and moisture. Second goal of this thesis is to examine the influence of ingredients to the reological properties of spread walnut johnnycake. Measurements on reological properties were conducted on rotation viscosimeter with circular cylinder at a temperature of 60 ˚C. From conducted experiment following reological butter parameters were calculated: flow index, apparent viscosity and consistent coefficient. The results showed that the studied process parameters pressing walnut affect utilization of oil. From obtained data, it is possible to conclude that spread belongs to non-Newtonian systems. Greater viscosity was gained by cocoa powder, while walnut core has lower viscosity. With reduction in the oil phase you achieve lower viscosity of spread.

Key words: walnut oil, cold pressing, spread of walnut johnnycake, reological properties.

Thesis contains: 49 pages
11 figures
6 tables
0 supplements
24 references

Original in: Croatian

Defenese committee:

1.	*Vedran Slačanac*, PhD, prof.	chair person
2.	*Tihomir Moslavac*, PhD, associate prof.	supervisor
3.	*Stela Jokić,* PhD, associate prof.	member
4.	*Jurislav Babić*, PhD, associate prof.	stand-in

Defenese date: October 10, 2016.

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in Library oft he Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek

Zahvaljujem mentoru izv. prof. dr. sc. Tihomiru Moslavcu na stručnoj pomoći i savjetima pri izradi i pisanju diplomskog rada.

Zahvaljujem se tehničarki Danieli Paulik koja mi je pomogla da sav svoj trud oko diplomskog rada provedemo u djelo.

Veliko hvala svim mojim prijateljicama, prijateljima, kolegicama, kolegama i naravno mojim cimericama od kojih moram izdvojiti Tonku i Meri koje su prošle zajedno taj trnoviti, ali sladak put mog života i bez kojih studiranje ne bi bilo tako lijepo razdoblje života.

Sve ovo ne bi bilo moguće bez tebe Luka i zato ti veliko hvala.

Posebno veliko hvala želim uputiti svojim roditeljima što su mi to sve omogućili, što su me tješili i što su uvijek tu kada mi je teško, a isto tako hvala mojoj braći Goranu i Petru, te baki i djedu na svim molitvama.

Sadržaj

1. UVOD 1

2. TEORIJSKI DIO 4

2.1. SIROVINE ZA PROIZVODNJU BILJNIH ULJA 5

2.2. PROCES PROIZVODNJE HLADNO PREŠANIH BILJNIH ULJA 6

2.2.1. Čišćenje sjemenki 7

2.2.2. Sušenje sjemenki 8

2.2.3. Ljuštenje sjemenki 9

2.2.4. Mljevenje sjemenki 9

2.2.5. Prešanje 10

2.2.6. Odvajanje netopljivih nečistoća 11

2.3. PAKIRANJE I SKLADIŠTENJE ULJA 12

2.4. SIROVINE ZA PROIZVODNJU NAMAZA 13

2.5. REOLOŠKA SVOJSTVA 14

2.5.1. Reološka svojstva tekućih namirnica 15

2.5.2. Utjecaj temperature na reološka svojstva 20

2.5.3. Uređaji za mjerenje reoloških svojstava 21

3. EKSPERIMENTALNI DIO 24

3.1. ZADATAK 25

3.2. MATERIJALI I METODE 25

3.2.1. Materijali 25

3.2.2. Metode rada 28

4. REZULTATI 25

5. RASPRAVA 41

6. ZAKLJUČCI 42

7. LITERATURA 46

Popis oznaka, kratica i simbola

MK	masne kiseline
SMK	slobodne masne kiseline
Pbr	peroksidni broj
KOH	kalijev hidroksid
NaOH	natrijev hidroksid
KI	kalijev jodid
$Na_2S_2O_3$	natrijev tiosulfat
HCl	klorovodična kiselina

1. UVOD

Juglans retgia L., pitomi je orah, podrijetlom sa Kavkaza, koji se odavno proširio po cijelom svijetu. Izuzetno je bogat nezasićenim masnim kiselinama, linolnom i linolenskom koje su ujedno i esencijalne masne kiseline (Marković, 2010.). Orahovo ulje je visoke nutritivne vrijednosti zbog visokog sadržaja ω-3 i ω-6 esencijalnih masnih kiselina. Ima antibakterijsko i antifungalno djelovanje te zaštitnu ulogu kod kardiovaskularnih oboljenja i karcinoma. Jestivo orahovo ulje proizvodi se hladnim prešanjem, a ostatak jezgre nakon prešanja (pogača) se može koristiti za izradu raznih prehrambenih proizvoda ili kao stočna hrana.

Hladno prešana jestiva biljna ulja dobivamo prešanjem odgovarajućih sirovina na temperaturi do 50 ˚C. Za dobivanje kvalitetnih ulja važna je kvaliteta sirovine i temperatura prešanja kako bi se održala nutritivna vrijednost sirovine. Sirovina se prije svega čisti, suši, ljušti i usitnjava, a dobivena sirova ulja se mogu pročišćavati isključivo pranjem vodom, taloženjem, centrifugiranjem i filtriranjem. Kontrola kvalitete sirovine obuhvaća: kontrolu zdravstveno-higijenske ispravnosti, mikrobiološku kontrolu, kontrolu senzorskih svojstava, kontrolu tehnološke i kemijske kvalitete sirovine.

Najvažniji čimbenici kvalitete namaza od orahove pogače su reološka i senzorska svojstva.

Poznavanje reoloških svojstava važno je za proizvodnju namaza željene konzistencije, u kontroli kvalitete kod proizvodnje i tijekom skladištenja. Reološka svojstva namaza od orahove pogače karakterizirana su uglavnom udjelom krutih čestica, udjelom i vrstom uljne faze te prisutnošću emulgatora i stabilizatora. Na samu viskoznost namaza utječu veličina čestica pogače te efikasnost postupaka miješanja tijekom izrade. Reološka svojstva namaza prikazuju se reološkim parametrima (koeficijent konzistencije, indeks tečenja, prividna viskoznost), a mogu se izračunati matematičkim izrazima.

Osnovni sastojci koji se koriste u proizvodnji namaza su: orahova pogača, samljeveni orah, šećer u prahu, palmino ulje, rafinirano suncokretovo ulje, hladno prešano orahovo ulje, kakao prah, sirutka u prahu, punomasno mlijeko u prahu, lecitin i morska sol. Zadatak ovog rada je ispitati utjecaj parametara hladnog prešanja na iskorištenje ulja. Također, cilj rada je ispitati utjecaj sastojaka na reološka svojstva namaza od orahove pogače. Mjerenje reoloških svojstava ispitivanih namaza od orahove pogače provedeno je na rotacijskom viskozimetru

pri temperaturi od 60 ˚C. Iz dobivenih eksperimentalnih podataka izračunati su reološki parametri koeficijent konzistencije, indeks tečenja i prividna viskoznost namaza.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. SIROVINE ZA PROIZVODNJU BILJNIH ULJA

Biljna ulja razlikujemo po botaničkoj pripadnosti (leguminoze, krstašice) te po sastavu masnih kiselina. U grupu masti laurinske kiseline i biljnih maslaca spadaju masti i ulja tropskih uljarica (kokos, koštice uljane palme). Masti uljarica sa područja tople klime (pamukovo ulje). Od toplijih do umjereno hladnih klimatskih područja velik broj uljarica daje ulja oleinsko-linolne kiseline (repičino, suncokretovo, sezamovo…). Sa područja u kojem vlada izrazito hladna klima ulja uljarica spadaju u grupu linolenske kiseline (soja, konoplja, lan…) (Dimić, 2005.; Rac, 1964.).

Većina biljaka sadrži ulja, važne sastojke za razvoj nove biljke jer predstavljaju rezervnu hranjivu tvar. Uljarice su biljke pogodne za preradu u biljna ulja zbog bogatog sadržaja ulja u sjemenkama, košticama ili plodu biljke (Rac, 1964.).

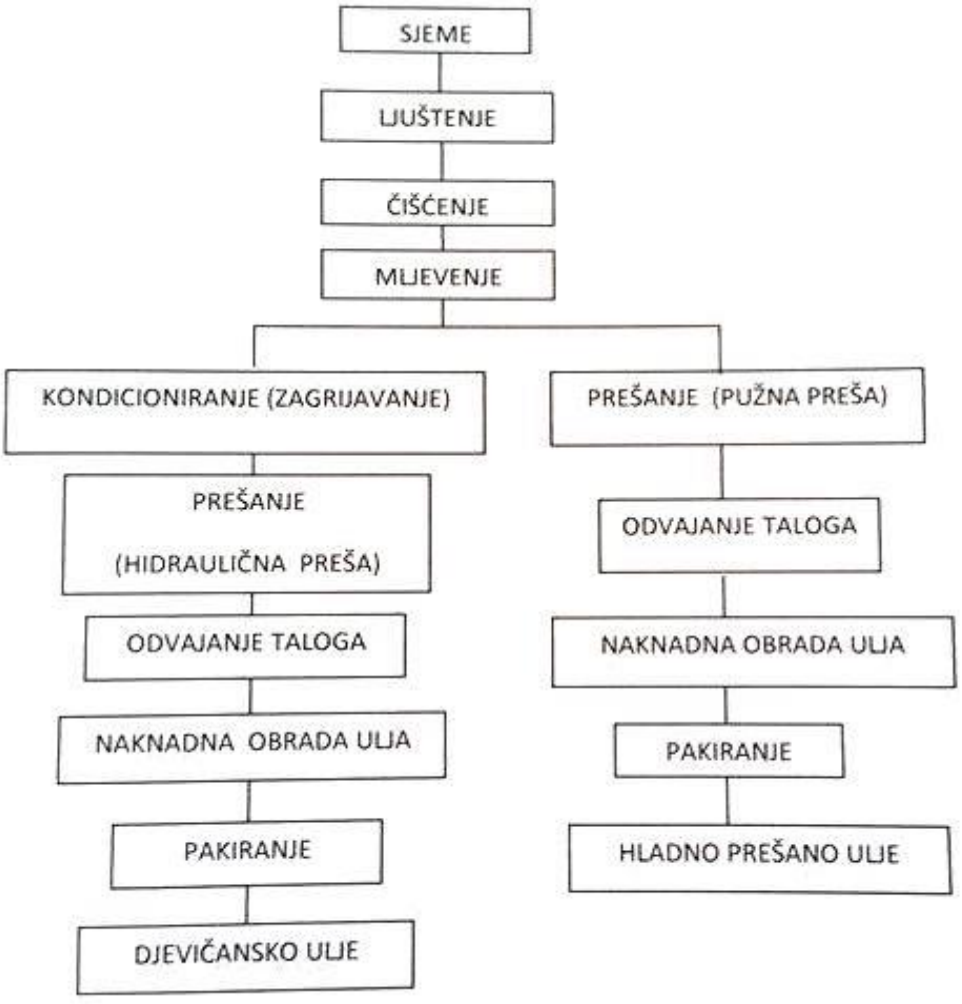
Malobrojne uljarice u današnje vrijeme imaju ekonomski značaj, većina ne sadrži dovoljnu količinu ulja i masti ili oblikom nisu pogodne za preradu (Swern, 1972.).

2.2. PROCES PROIZVODNJE HLADNO PREŠANIH BILJNIH ULJA

Hladno prešana biljna ulja proizvode se postupkom prešanja, bez zagrijavanja, kako bi se održala potpuna kvaliteta i nutritivna vrijednost ulja. Sirovina prije prešanja mora proći proces čišćenja, ljuštenja, usitnjavanja tj. mljevenja. Kako bismo dobili finalno hladno prešano biljno ulje što bolje kvalitete može se pročišćavati isključivo pranjem vodom, taloženjem, filtriranjem i centrifugiranjem.

Hladno prešana ulja sadržavaju antioksidacijske sastojke koji bitno utječu na kvalitetu ulja (Mandawala i sur., 2012.).

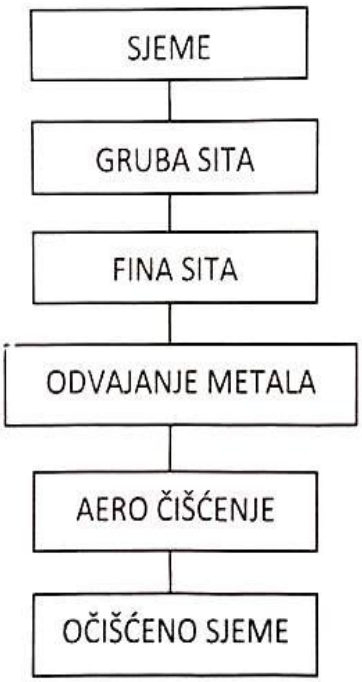
Tehnološki proces proizvodnje jestivih hladno prešanih i nerafiniranih ulja iz sjemenki uljarica i drugih sirovina prikazan je na **Slici 1** (Dimić, 2005.).



Slika 1 Blok shema proizvodnje jestivih nerafiniranih ulja iz uljarica (Dimić i sur., 2002.).

2.2.1. Čišćenje sjemenki

Čišćenje sjemenki se provodi i pri samom ulasku u skladište, te prije i poslije sušenja i prije prerade. U masi mogu biti prisutne i druge nečistoće, dijelovi biljke, i druge strane nečistoće organskog i anorganskog porijekla. Dijelovi stranog bilja i strane sjemenke ubrajamo u organske dok su kamenčići, zemlja, prašina i metalni dijelovi anorganske nečistoće. Nečistoće mogu oštetiti strojeve prilikom prerade i mogu štetno djelovati na uskladišteno sjemenje jer utječu na smanjenje sadržaja ulja u sjemenju pa ih je potrebno potpuno ukloniti. Operacija čišćenja sjemenja kruto od krutog zasniva se na odvajanju po obliku, veličini sjemenja i nečistoća, na bazi magnetizma, na bazi specifične težine te različitih aerodinamičkih svojstava. Tehnološke operacije zasnivaju se na principu prosijavanja i rešetanja, sortiranja, provjetravanja ili aspiracija, propuštanja preko magneta te odvajanje sjemenja flotacijom (Rac, 1964.). Na **Slici 2** prikazana je shema čišćenja sjemenki uljarica.



Slika 2 Blok shema čišćenja sjemenki uljarica (Bockich, 1998.)

2.2.2. Sušenje sjemenki

Sušenje je jedna od najvažnijih tehnoloških operacija, jer se sušenjem sadržaj vlage u sjemenci snižava do one vrijednosti koja će zaustaviti biološku i enzimsku aktivnost, ali i zbog očuvanja kvalitete sjemenki. Sniženjem vlage sprječava se razmnožavanje mikroorganizama i da ne dođe do povećanja kiselosti ulja. Promjena sadržaja slobodnih masnih kiselina je osnovni pokazatelj kvalitete na temelju čega se prati utjecaj sadržaja vlage na biološku i enzimsku aktivnost sjemenki (Dimić, 2005.).

Voda u sjemenkama uljarica se nalazi kao: slobodna voda, higroskopna voda i kristalna voda. Na površini se uglavnom nalazi slobodna voda i ona se lako odstranjuje. Higroskopna voda se uklanja teže zbog toga jer njen sadržaj ovisi o relativnoj vlažnosti zraka, a odstranjivanje kristalne vode jedino je moguće sa povišenom temperaturom (Rac, 1964.).

Za svaku uljaricu postoji neki maksimalan sadržaj vlage iznad kojeg nema mogućnosti za pravilno skladištenje stoga je optimalan sadržaj vlage povezan sa dužinom planiranog sušenja i kvalitetom samog ulja, a ima i ekonomski značaj koji utječe na troškove sušenja. Kada je sirovina namijenjena za proizvodnju hladno-prešanog ulja, ni dužina skladištenja, a ni troškovi sušenja ne mogu imati prednost nad kvalitetom sjemenki (Dimić, 2005.).

Postoji više načina sušenja sjemenki, sušenje prirodnim putem, dugotrajan proces je provjetravanje, dok se sušenje pri povišenim temperaturama odvija puno brže. Materijal koji sušimo prema načinu dovoda i predaje topline, možemo sušiti: kontaktom kada je u dodiru sa toplim površinama, zračenjem infracrvenim zrakama i konvekcijom kada se materijal zagrijava toplim zrakom ili sagorjelim plinovima (Dimić, 2005.).

2.2.3. Ljuštenje sjemenki

Ljuska sjemenki uljarica izgrađena je od celuloznih i hemiceluloznih tvari. Njena uloga je da štiti zrno od klimatskih i drugih štetnih čimbenika, od ljuske se ne mogu dobiti nikakvi korisni sastojci jer sadrži vrlo malu količinu lipida i drugih hranjivih sastojaka. Sjemenke čija je jezgra bogata uljem lakše se prerađuje jer je pristupačnija, a samim time je poboljšana kvaliteta ulja i pogače te je iskorištenje ulja i kapacitet preše veći. Za ljuštenje najčešće se koristi mehanička metoda uz pomoć ljuštilica, koje imaju dvije operacije: odvajanje jezgre udaranjem sjemenke ili ploda oraha o čvrstu podlogu, pri čemu dolazi do pucanja ljuske i oslobađanja jezgre te razdvajanje jezgre od ljuske na principu čišćenja prosijavanjem i provjetravanjem (Rac, 1964.).

Svaka uljarica ima drugačiji oblik i veličinu sjemena, što zahtjeva i određenu konstrukciju ljuštilice za svaku vrstu. Bolja efikasnost ljuštenja sirovina se ostvaruje na način da se prije samog ljuštenja sjemenke sortiraju po veličini (Dimić, 2005.).

Najčešće se primjenjuju rotirajuće ploče i valjci, a u novije vrijeme i ljuštilice koje rade na principu pneumatskog udarca (Karlović i sur., 1992.).

2.2.4. Mljevenje sjemenki

Prije prešanja se stanice biljnog tkiva tijekom mehaničkog utjecaja mljevenja trebaju razoriti do te mjere da sirovina lakše i brže otpušta ulje. Sjemenke se mogu mljeti cijele s ljuskom ili samo njihove jezgre, bitno je postignuti narušavanje prirodne ravnoteže eleoplazme koja ima strukturu gela kod koje su bjelančevine i masti međusobno povezane unutarnjim silama. Mljevenjem se povećava ukupna površina sirovine kako bi lakše došlo do izdvajanja ulja. Važno je jednolično mljevenje te postizanje optimalne veličine čestica. Što je sitnija meljava to je lakše izdvajanje ulja pri prešanju. Kod presitnog mljevenja sirovine otežano je izdvajanje ulja i difuzija. U današnje vrijeme se za mljevenje sjemenki najčešće upotrebljavaju razne izvedbe mlinova na valjke (Rac, 1964.).

2.2.5. Prešanje

Prešanje sjemenki uljarica je tehnološki proces kojim isključivo mehaničkim putem, primjenom visokog tlaka, izdvajamo i proizvodimo ulje. Ulje nakon prešanja zadržava svoja prirodna svojstva, a miris i okus ostaju karakteristični (Moslavac, 2013.). Tehnološki proces prešanja se može provoditi na kontinuiranim pužnim ili hidrauličkim prešama pri čemu na kraju prešanja ostaje pogača sa oko 5% zaostalog ulja (Dimić, 2005.).

Najstariji strojni uređaj u proizvodnji biljnih ulja je hidraulična preša koja može biti otvorenog ili zatvorenog tipa, a danas se koristi pretežno za obradu maslina i bundevinih koštica (Rac, 1964.).

Hidraulične preše zahtijevale su veliku radnu snagu, čija je produktivnost kapaciteta bila slaba, tako da su konstruirane kontinuirane pužne preše. Glavni element ovih preša je pužnica koja je smještena na glavnoj osovini. Pužnica gura sjemenke iz većeg prostora u manji čime raste tlak, a smanjuje se volumen gdje dolazi do cijeđenja ulja. Preša se sastoji od: kućišta preše, pužnice, uređaja za punjenje i doziranje materijala za prešu te uređaja za reguliranje debljine isprešane pogače (Rac, 1964.).

Kontinuirane pužne preše su pužni transporteri s promjenjivom zapreminom za materijal, te se na taj način množe mijenjati i radni tlak duž preše zbog mogućeg istjecanja ulja. Mogu biti konstruirane za predprešanje pri čemu iz sirovine uklanjamo dio ulja, imaju stupanj djelovanja između 50 - 60% u odnosu na sadržaj ulja, a kod završnog prešanja stupanj djelovanja može biti između 80 - 90%. (Dimić i Turkulov, 2000.).

Prilikom prešanja dolazi do porasta temperature sirovog ulja na izlazu iz preše, koja je jako važna zbog toga jer hladno prešana ulja ne bi smjela imati temperaturu iznad 50° C. Prilikom kretanja materijala kroz prešu dolazi do visokog trenja unutar samog materijala, tada se prešanje mora provesti na nižem tlaku, odnosno blažim uvjetima pri čemu je manji prinos ulja zbog većeg zaostataka ulja u pogači (Bockisch, 1998.).

2.2.6. Odvajanje netopljivih nečistoća

U svježe prešanom sirovom ulju nalazimo onečišćenja koja možemo podijeliti na netopljive mehaničke nečistoće, vodu i sluzave tvari. Količina nečistoća u sirovom ulju ovisi o konstrukciji preše, tlaku u preši, vrsti sirovine, finoći usitnjavanja materijala prije samog prešanja itd. Ako je sjeme ispravno pripremljeno, u svim prešanim uljima ima vode u malim količinama, dok ulje s većom količinom vode dobijemo ako prešamo vlažno sjeme. Količina sluzavih tvari je veća u sirovom ulju vlažnog sjemenja i u ulju sjemenja kod kojeg su uslijed kvarenja započeli procesi razgradnje što uvelike otežava odvajanje mehaničkih nečistoća. Netopljive mehaničke nečistoće su sitniji ili krupniji dijelovi sjemenja ili plodova koji su sa uljem prošli kroz sita tijekom prešanja. Što je veći tlak tijekom prešanja, finije samljeven materijal prije prešanja i preveliki otvori na sitima to imamo veću količinu mehaničkih nečistoća u sirovom ulju. One nepovoljno utječu na senzorska svojstva pa ih je važno izdvojiti iz sirovog ulja tehnikama taloženja, filtracijom i centrifugalnim separatorom (Rac, 1964.).

Najjednostavniji način odvajanja nečistoća iz sirovog ulja je proces sedimentacije. Ona se odvija u rezervoarima u kojima sirovo ulje odležava pri sobnoj temperaturi neko određeno vrijeme. Rezervoari na određenoj visini imaju ventile pomoću kojih se ispušta bistri sloj ulja, dok se nečistoće zbog veće specifične mase talože na dnu. Nedostaci prirodne sedimentacije su dugo vrijeme provođenja i sporo odvajanje sluzavih tvari. Kako bi se taloženje ubrzalo koriste se rezervoari sa postavljenim slavinama na raznim visinama za ispuštanje gornjih slojeva ulja koji su se izbistrili (Dimić, 2005.).

Efikasniji, moderniji i brži način izdvajanja mehaničkih nečistoća je filtriranje. Kao filteri se upotrebljavaju filtracijske tkanine, filter-papir ili slojevi posebnog filtracijskog materijala kroz koje se propušta sirovo ulje na kojima zaostaju mehaničke nečistoće. Brzinu filtracije uvjetuju gustoća filterskog platna, viskozitet ulja te osobine taloga koji zaostaje na filteru. O brzini filtracije i površini filtera proporcionalno ovisi kapacitet filtriranja. Vrsta taloga, stupanj onečišćenja ulja i potreba finoće filtriranja su čimbenici na temelju kojih biramo uređaj kojim ćemo provesti filtriranje. Za grubo filtriranje se upotrebljavaju vibracijska sita dok se filter preše i centrifugalni separatori koriste za finije filtriranje (Rac, 1964.). Danas se u većim industrijama preferira primjena centrifugalnih separatora kojima se postiže najbolja efikasnost uklanjanja krutih nečistoća iz sirovog ulja kao i najveća brzina tog procesa.

2.3. PAKIRANJE I SKLADIŠTENJE ULJA

Hladno prešana i nerafinirana biljna ulja su vrlo nestabilna i osjetljiv su prehrambeni proizvod. Kako bi ulja zadržala određenu kvalitetu do potrošnje važno je tijekom pakiranja i skladištenja kontrolirati cijeli niz parametara. Tijekom skladištenja ulja kvaliteta ulja se mijenja zbog utjecaja kisika, temperature i svjetlosti. Zbog toga je vrlo važan ambalažni materijal u koje se ulje pakira. Prije punjenja u malu ambalažu jestiva ulja drže se u inoks rezervoarima (Rac, 1964.). Nakon pripreme, odmjeravanja i razlijevanja ulje punimo u ambalažu i zatvaramo. Ambalažni materijali koji se najčešće koriste za pakiranje jestivih ulja su: staklo, inoks spremnici i polimerni materijali (Dimić, 2005.). Na prihvatljivost proizvoda od strane potrošača velik utjecaj imaju oblik i dizajn ambalaže te tekst i grafičko rješenje deklaracije i logotipova (Vučetin, 2004.).

Kvalitetna ambalaža mora:

- potpuno zaštitit proizvod;
- onemogućit interakciju s proizvodom;
- imati poželjna barijerna svojstva na plinove, vodenu paru, svijetlost i toplinu;
- imati odgovarajuću termokemijsku otpornost pri preradi i punjenju;
- imati dobra fizikalno-mehanička svojstva;
- biti pravilno deklarirana (Curaković i sur., 1996.).

Pakiranje je tehnološki proces koji obuhvaća punjenje proizvoda u ambalažu, operacije pripreme, odmjeravanja, podešavanja odnosa komponenata, razlijevanja, zatvaranja, obilježavanja, pojedinačnih pakiranja, zbirnog pakiranja, etiketiranja i paletizacije (Dimić, 2005.). Upakirana biljna ulja skladištimo u suhe, zračene prostorije bez direktnog dnevnog svjetla. Trebaju biti toplinski izolirana skladišta radi lakšeg održavanja temperature. Na kvalitetu utječe i vlažnost skladišta, koja se mora maksimalno smanjiti jer pogoduje razvoju mikroorganizama. U prostorijama gdje skladištimo ulja ne bi se smjele nalaziti druge namirnice intenzivnog mirisa ili mirodije jer ulja lako upijaju mirise (Rac, 1964.).

2.4. SIROVINE ZA PROIZVODNJU NAMAZA

Namaz je proizvod koji se lako nanosi na kruh i ostale proizvode poput lepinje, keksa, palačinki zbog svoje konzistencije i mazivosti.

Namazi se pripremaju u industrijama te u domaćinstvu u manjim kapacitetima, mogu biti biljnog ili životinjskog podrijetla, slani ili slatki. Namazi se nalaze u prodaji kao namazi s različitim recepturama.

Slatki namazi su poznati kao pekmezi, marmelade, đemovi, namazi od lješnjaka, kikirikija, maslaci od lješnjaka i kikirikija, med i dr.

Slani namazi životinjskog podrijetla mogu biti od mesa i ribe u obliku pašteta raznih vrsta. Ovisno o začinima koji se dodaju mogu biti više ili manje pikantniji. Od namaza biljnog podrijetla nama su najpoznatiji oni sa sirom, gorgonzolom, maslacem, margarinom i crvenim lukom.

Namaz od orahove pogače je lako razmaziv, idealan za peciva, te kao dodatak nekim slatkim receptima, bogat je esencijalnim masnim kiselinama, nutrijentima, vitaminima i mineralima.

Kao osnova za proizvodnju namaza od orahove pogače koristi se pogača dobivena nakon prešanja pitomog oraha.

Ostale sirovine u proizvodnji namaza od orahove pogače su mliječna komponenta, ugljikohidrati, različita biljna ulja, morska sol i emulgator.

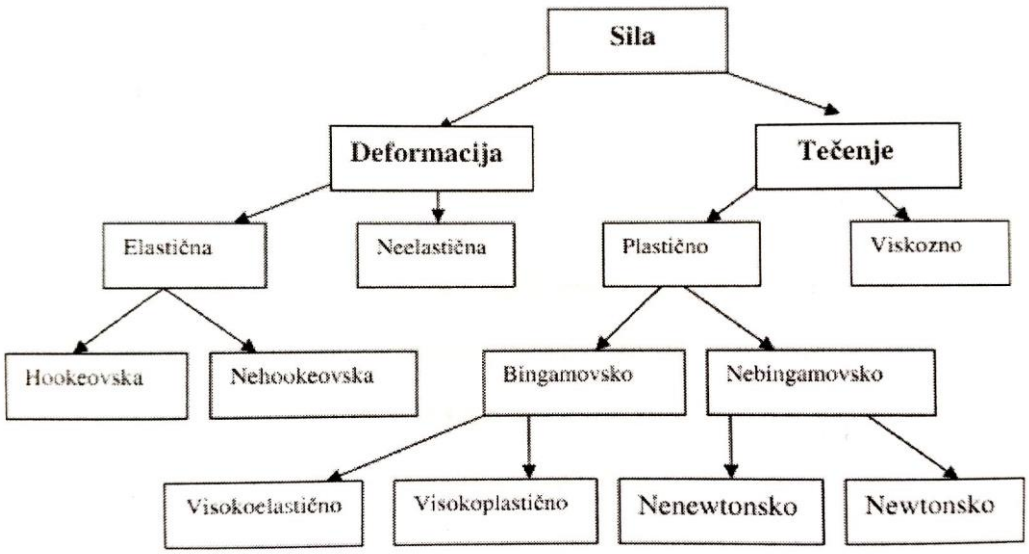
Kao mliječna komponenta, ovisno o recepturi, koristi se punomasno mlijeko u prahu, obrano mlijeko u prahu i sirutka u prahu. Od ugljikohidrata se koristi saharoza. Od uljne komponente u proizvodnji ovog namaza koriste se palmino ulje, rafinirano suncokretovo ulje, hladno prešano orahovo ulje kao i druge vrste jestivih ulja (pojedinačno ili mješavine).

2.5. REOLOŠKA SVOJSTVA

Znanstvena disciplina koja proučava deformacije i tečenje čvrstih i tekućih materijala je reologija (Lovrić, 2003.; Tabilo-Munizaga i sur., 2005.). Deformacija podrazumijeva promjenu oblika nekog tijela djelovanjem sile, a tečenje predstavlja kontinuiranu promjenu deformacija s vremenom. Naziv je osmislio 1920. godine Eugene Bigham, profesor na Sveučilištu Lehigh (Lovrić, 2003.).

Poznavanje djelovanja pojedinih čimbenika na reološka svojstva hrane neobično je važno, jer oni direktno utječu, ne samo na njezinu kvalitetu ili organoleptička svojstva, već i na proces proizvodnje, trajnost, način pakiranja, uvjete čuvanja i drugo (Lelas, 2006.).

Namirnice rijetko pokazuju samo jedno svojstvo, jer su to uglavnom sustavi složenog sastava. Čimbenici koji utječu na reološka svojstva hrane su: kemijski sastav, pH, uvjeti pripreme i držanja određenog materijala, udio suhe tvari, temperatura, vrijeme i brzina smicanja, ali najvažniji su temperatura, kemijski sastav i tehnološki proces. Materijali se prema djelovanju naprezanja dijele na nekoliko skupina (Lovrić, 2003.).



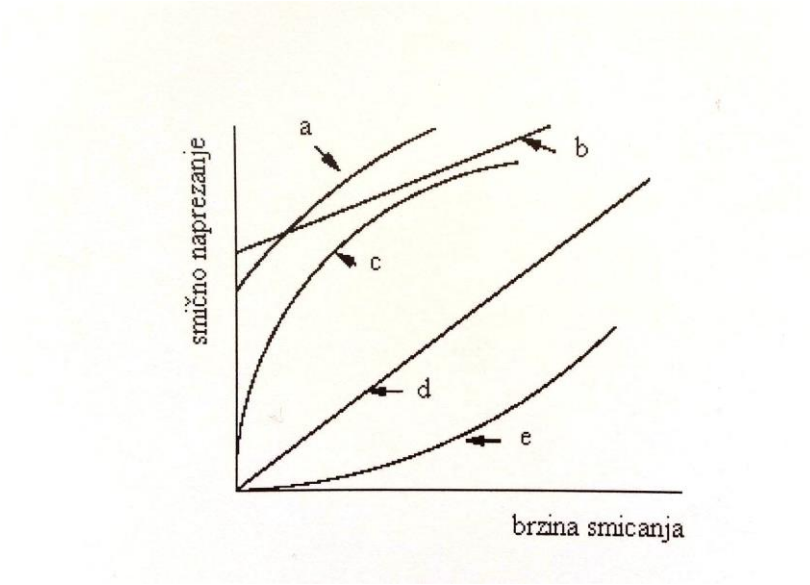
Slika 3 Ponašanje materijala prema djelovanju sile

Klasifikacija reološkog ponašanja materijala pokazuje Newtonsko ponašanje i Hookeovosko ponašanje kao dvije krajnosti na gornjoj lijevoj i desnoj strani slike. Što znači da svi realni sustavi pokazuju viskozno i elastično ponašanje, iako često dominira jedno svojstvo (Steffe, 1996.).

Osim što se koristi u procesnom inženjerstvu, reologija se koristi i u razvoju novih proizvoda, definiranju parametara kakvoće, korelaciji sa senzorskom ocjenom hrane, itd. (Ozdemir i Sadikoglu, 1998.; Sopade i sur., 2004).

2.5.1. Reološka svojstva tekućih namirnica

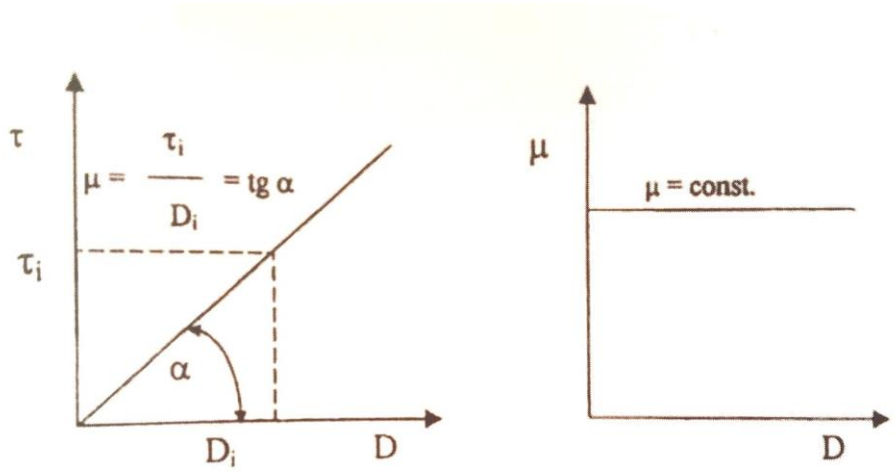
Newtonske tekućine su one kod kojih je viskoznost pri određenoj temperaturi i tlaku konstantna veličina određena Newtonovim zakonom. Primjeri takvih fluida su voda, mlijeko, tekući med, itd. (Lovrić, 2003.). Postoje i ne-Newtonovske tekućine kod kojih viskoznost nije stalna veličina već se mijenja s promjenom brzine smicanja. Kod ne-Newtonovskih tekućina govori se o prividnoj viskoznosti. Izrazita razlika u tečenju dviju navedenih skupina tekućina opaža se samo pri malim brzinama smicanja kod koje je tečenje još uvijek laminarno. Reološki parametri koji se koriste za opisivanje svojstava ne-Newtonovskih tekućina su indeks tečenja (n) i koeficijent konzistencije (k).



Slika 4 Odnos između smičnog naprezanja i brzine smicanja za Newtonske i ne-Newtonske tekućine: a-Herschel-Bulkley, b-Bingham-plastična, c-pseudoplastična, d-Newtonska, e-dilatantna tekućina.

Newtonske tekućine

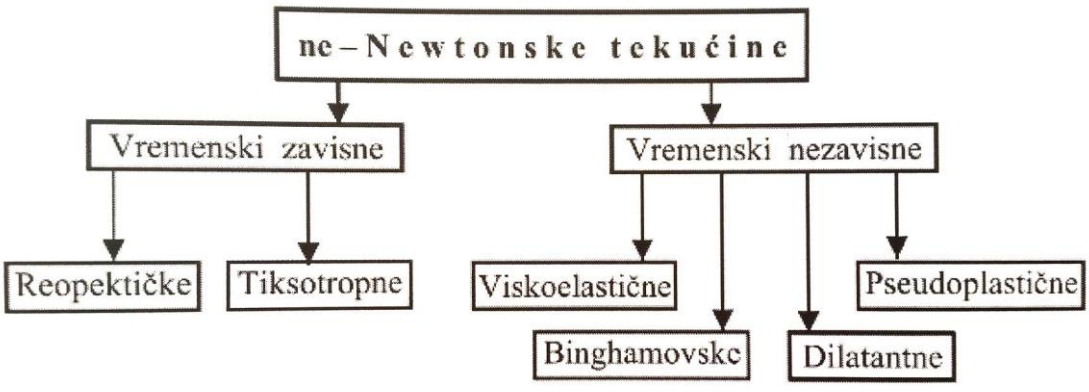
Newtonskim tekućinama je kod određene temperature i tlaka viskoznost stalna veličina koja je određena Newtonskim zakonom. Grafički odnos između smičnog naprezanja i brzine smicanja pokazuje pravac koji polazi kroz ishodište dok je koeficijent smjera tog pravca vrijednost dinamičke viskoznosti tekućine.



Slika 5 Ovisnost smičnog naprezanja i viskoznosti o brzini smicanja kod Newtonskih tekućina.

Ne – Newtonske tekućine

Svojstva ne-Newtonskih tekućina se mogu svrstati u dvije skupine, sve zavisi o tome mijenjaju ili se ne mijenjaju s vremenom smicanja.



Slika 6 Svojstva ne-Newtonskih tekućina.

Ne-Newtonske tekućine koje ne ovise o vremenu

Brzina smicanja kod ovih tekućina je ovisna o lokalnom smičnom naprezanju:

$$\frac{du}{dy} = f(\tau)$$

U ovu skupinu tekućina ubrajaju se peudoplastične, dilatantne, plastične i kvaziplastične tekućine (Lovrić, 2003.).

Pseudoplastične tekućine

Pseudoplastične tekućine su one kod kojih smično naprezanje znatno brže raste pri nižim brzinama smicanja. Kod velike brzine se ponašaju kao Newtonske tekućine. Vrijednost indeksa tečenja kreće im se od 0 do 1 (Steffe, 1996.).

$$\tau = k \cdot D^{n}$$

τ - smično naprezanje (Pa)

k – koeficijent konzistencije ($Pa \cdot s^{n}$)

n – indeks tečenja (vrijednost varira od 0 do 1).

D – gradijent brzine između dvije plohe, odnosno brzina smicanja (s^{-1})

Viskoznost pseudoplastičnih tekućina određujemo izrazom:

$$\mu = k \cdot D^{(n-1)}$$

Ovakvo ponašanje ne-Newtonskih tekućina se pripisuje prisustvu visokomolekularnih tvari u otopini. Primjer ovakvih tekućina su: kondenzirano mlijeko, kaša od jabuka, kaša od banana, majoneza, senf i dr.

Dilatantne tekućine

Dilatantne tekućine su one tekućine koje se do kritične vrijednosti smičnog naprezanja ponašaju kao Newtonske tekućine, a iznad toga viskoznost im raste s povećanjem brzine smicanja, vrijednost indeksa tečenja im je veći od 1. Takvo ponašanje je rjeđe od pseudoplastičnog. Primjer dilatantne tekućine (60% suspenzija škroba u vodi).

Plastične tekućine

Za plastične tekućine je karakteristično da tečenje počinje kada se postigne određeni prag naprezanja (τ_0), odnosno potrebno je postići minimalno smično naprezanje. Ispod te vrijednosti naprezanja plastični sustavi se ne gibaju, ne teku, već promijene oblik poput čvrste plastične tvari. Nakon prestanka djelovanja sile poprimaju prvobitan oblik. Razlikujemo dva tipa tečenja ovih tekućina:

1. Binghamovsko plastično tečenje ili idealno tečenje
2. Ne-Binghamovsko plastično tečenje ili ne-idealno tečenje

Idealno plastično tečenje dano je izrazom:

$$\tau = k \cdot D + \tau_0$$

Ne-idealno plastično ponašanje dano je izrazom:

$$\tau = k \cdot D^n + \tau_0$$

Svojstva plastičnih materijala pokazuju razne vrste biljnih masti, kreme, paste, čokoladne mase i dr.

Plastične tekućine se opisuju pragom naprezanja (τ_0) i plastičnom viskoznosti izraženom kao koeficijent konzistencije (k).

Kvaziplastične tekućine

Tekućine mješovitog tipa ili kvaziplastične su sve one koje se ponašaju slično plastičnim tekućinama odnosno kod kojih je potrebno postići određeni prag naprezanja da bi se dovele u gibanje, nakon čega se ponašaju kao pseudoplastične ili dilatantne tekućine.

Kvaziplastične tekućine možemo opisati izrazom Herschela i Bulkleya:

$$\tau = k \cdot D^{n} + \tau_0$$

Ne – Newtonske tekućine koje ovise o vremenu

Naprezanje kod ovih tekućina ne ovisi samo o brzini smicanja već i o vremenu (Lovrić, 2003.).

Tiksotropne i reopektične tekućine

Ove tekućine mijenjaju viskoznost s vremenom smicanja tako da jednoj određenoj brzini smicanja na početku mjerenja odgovara vrijednost smičnog naprezanja, a nakon nekog određenog vremena neka druga vrijednost, a nakon toga se opet vraća na nulu. Tako nastalu petlju nazivamo tiksotropna petlja.

Tiksotropne tekućine su one kod kojih su molekule povezane slabijim sekundarnim vezama, to su najčešće vodikovi mostovi ili ionske veze tako da tvore trodimenzionalne rešetke unutar kojih se nalaze molekule otapala. Tijekom mehaničkog naprezanja dolazi do kidanja sekundarnih veza između molekula što izaziva razrušavanje strukture. Primjer takvih tekućina je koncentrat rajčice i razne kreme.

Reopektične tekućine pri mehaničkom naprezanju s vremenom naprezanja dolazi do povećanja viskoznosti konzistencije. Antitiksotropija je pojava kod koje djelovanje smicanja dolazi s povećanjem viskoznosti, a pri mirovanju pada.

Tiksotropno ponašanje u odnosu na reopektično je znatno češće (Lelas, 2006.).

2.5.2. Utjecaj temperature na reološka svojstva

Jedan od najvažnijih čimbenika koji ima najveći utjecaj na reološka svojstva hrane je temperatura. Stoga ju prilikom mjerenja treba stalno kontrolirati i održavati konstantnom, kod određivanja viskoznosti se uvijek navodi temperatura kod koje je određena. Različiti materijali imaju različiti utjecaj temperature. Kod tekućina se viskoznost smanjuje s porastom temperature, dok se kod plinova povećava. Newtonskim tekućinama se u prosjeku viskoznost smanjuje za 2% za 1˚C (Muller, 1973.). Tako npr. koncentrirani sok limuna pri 7˚C pokazuje plastična svojstva, dok pri višoj temperaturi do 50˚C pokazuje pseudoplastična svojstva (Lovrić, 2003.).

Arrheniusovom jednadžbom prikazujemo promjenu viskoznosti Newtonskih i ne-Newtonskih tekućina u ovisnosti o temperaturi:

$$\mu = A \cdot e^{\Delta E/RT}$$

A – empirijska konstanta za viskoznost (Pa.s)

ΔE – energija aktivacije za viskozno tečenje (J/gmolK)

R – opća plinska konstanta (J/gmolK)

T – apsolutna temperatura (K)

e – osnovica prirodnog logaritma

ΔE izražava energetsku barijeru koju je potrebno prijeći kako bi došlo do tečenja. Ta barijera je ovisna o koheziji između molekula tekućine.

Arrheiniusov model se pokazao prihvatljiv i za nisko temperaturno područje otopina šećera, škroba i nekih koncentriranih voćnih sokova (Rao, 1984.).

2.5.3. Uređaji za mjerenje reoloških svojstava

Danas postoji veliki broj komercijalnih instrumenata, viskozimetara, koji se koriste za mjerenje reoloških svojstava namirnica. Instrumenti se nazivaju reometri jer osim viskoznosti imaju i mogućnost mjerenja i nekih drugih reoloških svojstava (Lelas, 2006.). Termin „viskozimetar“ odnosi se na sustave koji mjere samo viskoznost (Steffe, 1996.).

Najčešće upotrebljavani viskozimetri su kapilarnog, odnosno rotacijskog tipa. Kod kapilarnog viskozimetra prati se tečenje materijala kroz cijev određnih dimenzija gdje promjena tlaka izaziva promjenu protoka materijala. Kod rotacijskog viskozimetra se mjeri odnos kutne brzine i zakretnog momenta, a rezultati koji su dobiveni ovakvim mjerenjem mogu biti apsolutni i relativni (Lelas, 2003.).

Za mjerenje reoloških svojstava tekućina najčešće se koriste dva osnovna tipa: rotacijski i kapilarni reometri ili viskozimetri (Steffe, 1996.).

Kapilarni viskozimetri

Kapilarni viskozimeri su oni koji rade na principu protjecanja tekućine kroz cijev točno određenih dimenzija, a pri kojem se provodi mjerenje protoka tekućine i mjerenje tlaka. Kod kapilarnog viskozimetra moraju biti zadovoljene sljedeće pretpostavke:

- tečenje je stalno,

- svojstva tekućine su neovisna o vremenu,

- tečenje je laminarno,

- viskoznost ne ovisi o tlaku,

- mjerenje se provodi kod izotermičkih uvjeta,

- tekućina je nestlačiva (Lelas, 2006.).

Kapilarni viskozimetri rade na principu laminarnog toka fluida kroz kapilaru pri čemu možemo primijeniti Poiseuilleov zakon:

$$\mu = \frac{\pi\, p\, r^4\, t}{8\, l\, V}$$

μ – viskoznost (Ns/m^2),

p – tlak koji tjera tekućinu kroz kapilaru (N/m^2),

r – polumjer kapilare (m),

l – duljina kapilare (m),

V – volumni protok fluida (Van der Plaats, 1992.).

Rotacijski viskozimetari

Rad na rotacijskim viskozimetrima je praktičniji i puno jednostavniji te se mjerenja mogu provoditi u širokom rasponu viskoznosti materijala. Ova mjerenje se temelje na mjerenju kutne brzine rotirajućeg tijela i odgovarajućeg zakretnog momenta. Rotacijski reometri se s obzirom na izvedbu mogu podijeliti u tri skupine:

1. Viskozimetri s koncentričnim cilindrima – ovaj tip viskozimetra može imati izvedbu kada rotira unutarnji i vanjski cilindar. Rotacijski viskozimetri sa koncentričnim cilindrima imaju jako veliku primjenu u mjerenju reoloških svojstava hrane.

2. Viskozimetri sa stošcem i pločom – ovaj viskozimetar se sastoji od glatke ploče i rotirajućeg tijela u obliku stošca koji se nalazi pod kutem u odnosu na ploču. Pogodan je za mjerenje ne-Newtonskih tekućina.

3. Viskozimetri sa paralelnim pločama – ovi viskozimetri se sastoje od dvije ploče kod kojih jedna od njih rotira konstantnom kutnom brzinom, a brzina smicanja se mijenja od 0 do maksimalne vrijednosti na vanjskom rubu ploče (Lelas, 2006; Mohsenin, 1986.).

3. **EKSPERIMENTALNI DIO**

3.1. ZADATAK

Cilj ovog rada je ispitati utjecaj procesnih parametara prešanja jezgre oraha na iskorištenje hladno prešanog orahovog ulja i samu njegovu kvalitetu. Osim toga, cilj je bio ispitati utjecaj sastojaka na reološka svojstva namaza orahove pogače.

Primjenom standardnih metoda određeni su osnovni parametri kvalitete orahovog ulja: peroksidni broj, slobodne masne kiseline, udio netopljivih nečistoća te udio vlage. Kako bi se odredilo iskorištenje orahovog ulja provedeno je određivanje udjela ulja i vode u jezgrama oraha i udio ulja u dobivenoj pogači metodom po Soxhlet-u.

Mjerenje reoloških svojstava namaza od orahove pogače provedeno je na rotacijskom viskozimetru s koncentričnim cilindrima pri temperaturi 60 ˚C. Iz dobivenih su podataka izračunati reološki parametri: indeks tečenja, koeficijent konzistencije i prividna viskoznost namaza orahove pogače.

3.2. MATERIJALI I METODE

3.2.1. Materijali

Sirovina za proizvodnju hladno prešanog orahovog ulja je očišćena, osušena, nesamljevena jezgra pitomog oraha prikazana na **Slici 7**. Na laboratorijskoj kontinuiranoj pužnoj preši provodi se prešanje sirovine, kapacitet preše je 20-25 kg/h a prikazana je na **Slici 8**. Prešanjem jezgre pitomog oraha dobiju se pogača i sirovo orahovo ulje prikazani na **Slici 9** koji su daljnji materijali za ispitivanje efikasnosti prešanja i kvalitete dobivenog hladno prešanog orahovog ulja. Nakon prešanja provedeno je prirodno taloženje dobivenog sirovog orahovog ulja tijekom 25 dana u tamnom prostoru te nakon toga vakum filtracijom u laboratoriju je proizvedeno hladno prešano orahovo ulje.

Za izradu namaza od orahove pogače korišteni su materijali:

- samljeveni orah,

- orahova pogača,

- šećer u prahu „Franck“ Zagreb, Hrvatska,

- kakaov prah, Tvornica Zvečevo d.d., Požega, Hrvatska,

- rafinirano suncokretovo ulje, Tvornica ulja Čepin d.d., Čepin, Hrvatska,

- hladno prešano orahovo ulje

- palmina mast, CHOCOFILL TC 70, AarhusKarlshamn, Malmo, Švedska,

- punomasno mlijeko u prahu (min 26% mliječne masti), Novi Domil, Županja, Hrvatska,

- sirutka u prahu, (laktoza 73-75%, proteini 11-14%, pepeo 7-10%, voda do 6%, mliječna mast u suhoj tvari do 2%), Tvornica Zdenka, Veliki Zdenci, Hrvatska

- morska sol, Paška sitna, Hrvatska,

- lecitin, Tvornica soje, Zadar, Hrvatska.

Sav materijal za izradu namaza je prikazan na **Slici 10.**



Slika 7 Jezgra pitomog oraha prije samog prešanja



Slika 8 Laboratorijska kontinuirana pužna preša, proizvođač ElektroMotor – Šimon d.o.o.



Slika 9 Dobivena pogača i sirovo ulje oraha



Slika 10 Materijal potreban za orahov namaz

3.2.2. Metode rada

Određivanje udjela ulja u jezgri oraha i pogači

Udio ulja u jezgri oraha i pogači određen je standardnom metodom po Soxhlet-u, uz organsko otapalo petrol–eter. Aparatura se sastoji od tikvice, ekstraktora i hladila. Na osušenu i izvaganu tikvicu stavlja se ekstraktor sa tuljkom u kojem je uzorak, doda se otapalo i stavi u hladilo te provodi kontinuirana ekstrakcija do iscrpljenja pripremljene uljarice. Vrijeme ekstrakcije je obično propisano metodom ili brojem prelijevanja ekstraktora. Po završetku ekstrakcije, otapalo se predestilira, a zaostalo ulje u tikvici se važe i suši. Udio ulja računa se prema formuli:

$$Udio\ ulja\ \% = \frac{(a-b)}{c} * 100$$

a – masa tikvice sa uljem (g),

b - masa prazne tikvice (g),

c – masa uzorka koji se ispituje, (g)

Izračunavanje stupnja djelovanja preše

Stupanj djelovanja prešanja, odnosno prinos prešanog ulja računa se na temelju udjela ulja u sirovini i dobivenoj pogači (Dimić i Turkulov, 2000.).

Količina sirovog ulja dobivenog prešanjem računa se prema formuli:

$$U(\%) = Uo - Up * \left(\frac{a}{b}\right)$$

U– količina prešanog ulja (%),

Uo – udio ulja u sirovini, (%),

Up – udio ulja u pogači (%),

a– suha tvar u sirovini (%),

b – suha tvar u pogači (%)

Formula za izračunavanje stupnja djelovanja prešanja (P):

$$P(\%) = \left(\frac{U}{Uo}\right) * 100$$

U – količina isprešanog ulja (%),

Uo – udio ulja u sirovini (%).

Određivanje parametara kvalitete ulja

Određivanje peroksidnog broja (Pbr)

Peroksidni broj određuje se standardnom metodom prema zahtjevima norme HRN EN ISO 3960 (1998). Za određivanje Pbr se koristi jodometrijska metoda kojom se određuje količina joda kojeg iz kalij-jodida oslobode peroksidi prisutni u ulju. Rezultat se izražava u milimolima aktivnog kisika po kg ulja (mmol O_2/kg ulja). Oko 1 g ulja odvaže se u Erlenmayer-ovu tikvicu. Uzorak se otopi izooktanom i octenom kiselinom. Doda se zasićena otopina kalij-jodida (KI). Smjesa se miješa te nakon toga razrijedi sa 30 mL vode te se doda 0,5 mL 1%-tne otopine škroba i odmah titrira s otopinom natrij-tiosulfata c ($Na_2S_2O_3$) = 0,01 mol/L.

Pbr se izračunava po formuli:

$$Pbr\ (mmol\ 0_2/\text{kg}) = \frac{(a-b)}{c} * 5$$

a - mL 0,01 M $Na_2S_2O_3$ utrošeni za glavnu probu (uzorak ulja),

b - mL 0,01 M $Na_2S_2O_3$ utrošeni za slijepu probu,

c - masa uzorka ulja (g).

Određivanje slobodnih masnih kiselina (SMK)

Slobodne masne kiseline određuju se prema standardnoj metodi AOCS 940.28 (1999). U Erlenmayerovu tikvicu odvaže se uzorak ulja, zatim se doda smjesa etanola i etera koja se prethodno neutralizira sa 0,1 M NaOH uz indikator fenolftalein. Sadržaj se mućka do potpunog otapanja masti. Zatim se doda par kapi fenolftaleina i titrira 0,1 M NaOH do pojave ružičaste boje. Udio slobodnih masnih kiselina u ulju može se izraziti kao kiselinski broj i kao kiselinski stupanj, a prema Pravilniku o kvaliteti masti i ulja izražava se u postotcima oleinske kiseline (g OLAC/ 100 g masti ili ulja) koji označava udio slobodnih masnih kiselina u ulju. Kiselinski broj (Kbr) predstavlja broj mg KOH koji je potreban za neutralizaciju masnih kiselina u 1 g ulja ili masti, dok kiselinski stupanj označava broj mL 1 M otopine alkalnih hidroksida potrebnih za neutralizaciju slobodnih masnih kiselina u 100 g masti.

Udio SMK je izražen formulom:

$$\text{SMK (\% oleinske kiseline)} = \frac{V * c * M}{10 * m}$$

V – utrošak vodene otopine NaOH za titraciju uzorka (mL),

c – koncentracija NaOH za titraciju, c (NaOH) = 0,1 mol/L,

M – molekulska masa oleinske kiselime, M = 282 g/L,

m – masa uzorka za ispitivanje (g).

Određivanje vlage

Količina vlage i hlapljivih tvari je važan pokazatelj kvalitete sirovih, hladno prešanih, nerafiniranih i rafiniranih biljnih ulja. Zbog vlage u ulju, pri određenim uvjetima, može doći do hidrolitičkih promjena što rezultira porastom kiselosti ulja. Također može dovesti do zamućenja ulja što ujedno dovodi i do smanjenja organoleptičke vrijednosti ulja. Udio vlage (vode) u ulju određivan je metodom AOCS 940.28 (1999).

Određivanje netopljivih nečistoća

Netopljive nečistoće u ulju su mehaničke nečistoće koje mogu biti mineralne tvari ili organski sastojci (dijelovi biljke uljarica). Također, u uljima i mastima mogu se naći razni ugljikohidrati, tvari s dušikom, smole, Ca-sapuni, oksidirane masne kiseline, laktoni masnih kiselina i slično. Kako bi odredili netopljive nečistoće uzorak se tretira otapalom petrol-etera i dobivena se otopina filtrira kroz lijevak sa perforiranim dnom. Zaostali netopljivi talog na filteru se osuši do konstantne mase i izvaže. Udio netopljivih nečistoća računa se prema formuli:

$$\%\ netopljive\ nečistoće = (m_2 - m_1 / m_0) * 100$$

m_0 – masa uzorka (g),

m_1 – masa osušenog lijevka (g),

m_2- masa lijevka s nečistoćama nakon sušenja (g).

Određivanje Jodnog broja

U tikvicu je odvagano 0,2 g ulja te otopljeno u 10 mL kloroforma, zatim je dodano 25 mL jodnog monobromida ,dobro je promućkano te ostavljeno 30 minuta na tamnom mjestu. Nakon toga dodano je 15 mL kalij jodida (KI), te oko 150 mL destilirane vode. Provedena je titracija sa 0,1 M natrij tiosulfatom, te je dodano 1-2 mL otopine škroba i produžena je titracija do nastanka plave boje. Na isti način je provedena i slijepa proba, samo bez ulja. Jodni broj je izračunat prema izrazu:

$$Jodni\ broj = \frac{(a-b) * 0{,}01269}{c} * 100$$

a - mL 0,1 M otopine ($Na_2S_2O_3$) za titraciju slijepe probe,

b - mL 0,1 M otopine ($Na_2S_2O_3$) za titraciju uzorka,

c - masa ispitivanog uzorka (g).

Određivanje Saponifikacijskog broja

U tikvicu je odvagano 2 g ulja, dodano je 25 mL 0,5 M kalij hidroksida (KOH), stavljeno nekoliko staklenih kuglica i zagrijavano na vodenoj kupelji oko pola sata. Nakon završene saponifikacije u vruću vodu dodano je nekoliko kapi 1%-tnog fenolftaleina i višak KOH titriran je sa 0,5 M klorovodikom (HCl), do nestanka crvene boje. Nakon titracije izračunat je saponifikacijski broj prema izrazu:

$$Saponifikacijski\ broj = \frac{(a-b)}{Ok} * 28{,}1$$

a - mL 0,5 M otopine HCl utrošenog za slijepu probu,

b - mL 0,5 M otopine HCl utrošenog za uzorak ulja,

Ok= odmjerna količina uzorka (g),

(1 mL 0,5 M otopine HCl ekvivalentan je 28,1 mg KOH).

Priprema namaza od orahove pogače

Za pripremu namaza od orahove pogače koristio se posebno konstruiran kuglični mlin **(Slika 11**) koji je povezan s vodenom kupelji. Mlin se sastoji od posude dvostrukih stjenki kroz koje struji zagrijana voda. Kuglični mlin i njegovi dijelovi su građeni od nehrđajućeg čelika. Mlin uključuje posudu od 5 L, mješač i 17 kg kuglica promjera 9,525 mm. Mlin pokreće motor snage 1,3 kW, a brzina okretanja mješača tijekom procesa proizvodnje je 60 okr/min. Temperatura vode u kupelji za zagrijavanje iznosi 50 ˚C. Priprema sirovina za proizvodnju uključuje vaganje svih sirovina, mljevenje oraha, otapanje palmine masti na temperaturi 50 °C zbog lakšeg doziranja. U posudu kugličnog mlina od 5 L dodane su kuglice mase 4 kg. Prvo su dozirane praškaste, a zatim tekuće sirovine. Lecitin je dodan nakon 1,5 h miješanja. Ukupno vrijeme procesa proizvodnje namaza je 2,5 h.



Slika 11 Kuglični mlin

Tablica 1 Receptura pripremljenih uzoraka namaza od orahove pogače

SASTOJCI	**Receptura 1**	**Receptura 2**	**Receptura 3**	**Receptura 4**	**Receptura 5**
Samljeveni orah	-	-	-	-	**220 g**
Orahova pogača	200 g	**220 g**	200 g	**220 g**	-
Šećer u prahu (saharoza)	520 g	520 g	520 g	520 g	520 g
Kakaov prah	**20 g**	-	-	-	-
Rafinirano suncokretovo ulje	50 g	50 g	50 g	50 g	50 g
Hladno prešano orahovo ulje	50 g	50 g	50g	50 g	50 g
Palmino ulje	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g
Punomasno mlijeko u prahu	54 g	54 g	54 g	-	54 g
Sirutka u prahu	-	-	-	**54 g**	-
Morska sol	2 g	2 g	2 g	2 g	2 g
Emulgator lecitin	4 g	4 g	4 g	4 g	4 g

Svaki pojedinačni uzorak namaza izrađen je u količini od 1 kg.

Mjerenje reoloških svojstava

Mjerenje reoloških svojstava namaza od orahove pogače je provedeno na rotacijskom viskozimetru, model Rheomat 15 T, sa konusnim mjernim tijelima i cilindričnim posudama u koje su uronjena mjerna tijela. Dijelovi rotacijskog viskozimetra su: mjerna glava, cilindrična posuda sa odgovarajućim konusnim mjernim tijelom i elektronska jedinica. Mjerna glava je građena posebno konstruiranim mehanizmom za mjerenje zakretnog momenta. Za donji dio mjerne glave se pričvršćuje mjerno tijelo, a na gornjem dijelu se nalazi skala sa kazaljkom podijeljena od 1 do 100%. Mjerenje se odvija na način da kazaljka pokazuje postotak otklona skale koji je proporcionalan zakretnom momentu, a ujedno ovisi o viskozitetu tj. konzistenciji uzorka u koje je uronjeno tijelo. Viskozimetar ima 5 različitih konusnih mjernih tijela s različitim dimenzijama i težinom. Svako od tih 5 tijela ima odgovarajuću cilindričnu posudu u koju se stavlja uzorak čija se svojstva mjere.

Postupak mjerenja orahovog namaza preveden je na temperaturi od 60 ˚C pri brzini smicanja u intervalu uzlazno od 1,562 do 98,3 (s^{-1}) te povratno mjerenje.

4. REZULTATI

Tablica 2 Utjecaj veličine otvora glave preše za izlaz pogače kod prešanja jezgre oraha na iskorištenje hladno prešanog ulja. Udio ulja u orahu je 62,31%, a udio vode 4,09%.

PUŽNICA-1

Uzorak	Masa polazne sirovine (kg)	Volumen sirovog ulja (mL)	Volumen ulja (25 dana taloženje i vakum filtracija) (mL)	Temp. sirovog ulja (°C)	Masa dobivene pogače (g)	Udio ulja u pogači (%)	Udio vode u pogači (%)	Stupanj djelovanja preše (%)
N = 8 mm F = 27 Hz T = 90 °C	0,5	280	122	45	224,93	48,60	5,66	22,0
N = 10 mm F = 27 Hz T = 90 °C	0,5	310	119	47	244,11	49,30	6,02	20,88

N – veličina otvora glave preše, definira promjer pogače (mm); F – frekventni regulator, regulira brzinu pužnice preše (Hz); T – temperatura grijača glave preše kod izlaza pogače (°C)

Tablica 3 Utjecaj temperature zagrijavanja glave preše na izlazu pogače kod prešanja jezgre oraha na iskorištenje hladno prešanog ulja.

PUŽNICA-1

Uzorak	Masa polazne sirovine (kg)	Volumen sirovog ulja (mL)	Volumen ulja (25 dana taloženje i vakum filtracija) (mL)	Temp. sirovog ulja (°C)	Masa dobivene pogače (g)	Udio ulja u pogači (%)	Udio vode u pogači (%)	Stupanj djelovanja preše (%)
N = 10 mm F = 27 Hz T = 80 °C	0,5	230	70	40	262,24	53,23	5,52	14,57
N = 10 mm F = 27 Hz T = 90 °C	0,5	310	119	47	244,11	49,30	6,02	20,88
N = 10 mm F = 27 Hz T = 100 °C	0,5	330	140	50	208,75	46,10	5,73	26,02
N = 8 mm F = 27 Hz T = 90 °C	0,5	280	122	45	224,93	48,60	5,66	22,0
N = 8 mm F = 27 Hz T = 100 °C	0,5	320	138	52	234,94	43,91	6,13	29,53

Tablica 4 Utjecaj frekvencije elektromotora (brzine pužnice) kod prešanja jezgre oraha na iskorištenje hladnog prešanog ulja.

PUŽNICA - 1

Uzorak	Masa polazne sirovine (kg)	Volumen sirovog ulja (mL)	Volumen ulja (25 dana taloženje i vakum filtracija) (mL)	Temp. sirovog ulja (°C)	Masa dobivene pogače (g)	Udio ulja u pogači (%)	Udio vode u pogači (%)	Stupanj djelovanja preše (%)
N = 8 mm F = 27 Hz T = 90 °C	0,5	280	122	45	224,93	48,60	5,66	22,0
N = 8 mm F = 35 Hz T = 90 °C	0,5	340	119	49	242,78	51,63	5,31	17,14
N = 8 mm F = 27 Hz T = 100 °C	0,5	320	138	52	234,94	43,91	6,13	29,53
N = 8 mm F = 35 Hz T = 100 °C	0,5	290	116	51	237,27	49,73	5,29	20,19
N = 10 mm F = 27 Hz T = 100 °C	0,5	330	140	50	208,75	46,10	5,73	26,02
N = 10 mm F = 43 Hz T = 100 °C	0,5	260	89	52	281,53	54,21	4,97	13,00

Tablica 5 Osnovni parametri kvalitete proizvedenog hladno prešanog orahovog ulja.

Parametar kvalitete	
Peroksidni broj (Pbr), mmol O_2/kg	0,99
Slobodne masne kiseline (SMK), %	1,76
Jodni broj, gJ_2/100 g	157,91
Saponifikacijski broj, mg KOH/g ulja	193,27
Voda, %	0,055
Netopljive nečistoće, %	0,44

Tablica 6 Utjecaj sastojaka na reološke parametre namaza od oraha

Uzorak	μ pri 98,3 s^{-1} (Pa.s)	k ($Pa.s^n$)	n	R^2
	60 °C			
Receptura 1	11,796	74,98	0,5969	0,98526
Receptura 2	6,929	45,75	0,5886	0,94686
Receptura 3	5,891	49,54	0,5359	0,93911
Receptura 4	9,821	51,96	0,6369	0,97547
Receptura 5	2,709	49,52	0,3667	0,98217

μ - prividna viskoznost pri brzini smicanja 98,3 s^{-1} (Pa.s)

k – koeficijent konzistencije ($Pa.s^n$)

n – indeks tečenja (-)

R^2 – koeficijent determinacije

5. RASPRAVA

Rezultati ispitivanja utjecaja procesnih parametara prešanja jezgre oraha na iskorištenje hladno prešanog orahovog ulja prikazani su u **Tablicama 2-4.**

Utjecaj veličine otvora glave preše, nastavka za izlaz pogače (8 i 10 mm) kod prešanja jezgre oraha na efikasnost proizvodnje hladno prešanog ulja prikazan je u **Tablici 2**. Prešanjem oraha (0,5 kg) kod uvjeta: nastavak za izlaz pogače (N = 8 mm), temperatura glave preše T= 90˚C, frekvencija elektromotora (brzina pužnice) F = 27 Hz, dobiven je volumen sirovog ulja 280 mL temperature 45˚C. Nakon sedimentacije (taloženja) tijekom 25 dana i vakum filtracije proizvedeno je 122 mL finalnog hladno prešanog orahovog ulja. U pogači (nusprodukt prešanja) zaostao je udio ulja 48,60%. Jezgra oraha imala je udio ulja 62,31% i udio vode 4,09%.

Primjenom nastavka za izlaz pogače većeg promjera N = 10 mm dobiveno je prešanjem 310 mL sirovog ulja temperature 47˚C. Nakon taloženja u navedenom vremenskom periodu i filtracije proizvedeno je 119 mL hladno prešanog orahovog ulja. Dakle zapaža se da je porastom promjera nastavka za izlaz pogače došlo do proizvodnje manje količine hladno prešanog ulja te većeg udjela zaostalog ulja u pogači (49,30%). Kod ovog ispitivanja izračunat je mali stupanj djelovanja preše (21 – 22%).

U **Tablici 3** vidljivi su rezultati ispitivanja utjecaja temperature zagrijavanja glave preše (80, 90, 100˚C) kod prešanja jezgre oraha pri N = 10 mm i frekvencije elektromotora F = 27 Hz. Prešanjem oraha kod T = 80˚C proizvedeno je 230 mL sirovog ulja temperature 40˚C, a nakon 25 dana taloženja i filtracije dobiveno je 70 mL hladno prešanog orahovog ulja. Udio zaostalog ulja u pogači je 53,23% uz nizak stupanj djelovanja preše 14,57%.

Porastom temperature glave preše na 90˚C (N = 10 mm, F = 27 Hz) proizvedeno je više sirovog ulja (310 mL) temperature 47˚C te više hladno prešanog ulja (119 mL) nakon 25 dana taloženja i filtracije. Zapažen je manji udio zaostalog ulja u pogači 49,30% te veći stupanj djelovanja preše 20,88%.

Daljnjim porastom temperature glave preše na 100˚C došlo je do povećanja količine proizvedenog sirovog ulja (330 mL) temperature 50˚C te finalnog ulja (140 mL) nakon taloženja i vakum filtracije. Udio zaostalog sirovog ulja u pogači je niži te iznosi 46,10%. Također, zapažen je veći porast stupnja djelovanja preše (26,02%).

U ovoj fazi ispitivanja napravljeni su pokusi i kod nastavka manjeg promjera (N = 8 mm), F = 27 Hz i temperature glave preše 90 i 100˚C. Ovi rezultati potvrđuju prethodno zapažanje, gdje se porastom temperature glave preše povećava proizvodnja sirovog ulja i hladno prešanog ulja uz porast stupnja djelovanja preše i smanjenje udjela zaostalog ulja u nusproduktu pogači.

U **Tablici 4** vidljivi su rezultati ispitivanja utjecaja frekvencije elektromotora 27, 35, 43 Hz (brzine pužnice) kod prešanja oraha na iskorištenje ulja.

Primjenom niže frekvencije elektromotora (27 Hz) uz uvjete N = 8 mm, T = 90˚C, kao i N = 8 mm, i T = 100˚C proizvedena je veća količina sirovog ulja i hladno prešanog ulja u odnosu na veću frekvenciju elektromotora (35 Hz). Razlog tome je taj što se kod veće frekvencije (veće brzine pužnice) sirovina zadržava kraće vrijeme u sustavu visokog tlaka tijekom prešanja što rezultira smanjenjem proizvodnje sirovog ulja, a time i finalnog ulja nakon 25 dana taloženja i vakum filtracije.

Kod pokusa sa većim nastavkom za izlaz pogače N = 10 mm i temperaturom glave preše T = 100˚C, brzine pužnice F = 27 Hz proizvedeno je 330 mL sirovog ulja temperature 50˚C. Nakon taloženja i filtracije dobiveno je 140 mL finalnog hladnog prešanog orahovog ulja. Analitički je utvrđen udio zaostalog ulja u pogači 46,10% te stupanj djelovanja preše 26,02%.

Podešavanjem znatno veće frekvencije elektromotora F = 43 Hz postiže se veća brzina pužnice te se prešanjem oraha dobiva manji volumen sirovog ulja 260 mL temperature 52˚C. Nakon taloženja i filtracije proizvedeno je znatno manje finalnog hladno prešanog orahovog ulja (89 mL) uz visok udio zaostalog ulja u pogači i nizak stupanj djelovanja preše (13%).

Tijekom ispitivanja proizvedeno hladno prešano ulje je pomiješano i na njemu se radila kontrola osnovnih parametara kvalitete prema Pravilniku o jestivim uljima i mastima (NN 41/12).

Iz rezultata dobivenih analizom ulja može se zaključiti da je proizvedeno hladno prešano ulje dobre kvalitete jer se vrijednosti peroksidnog broja, SMK, udjela vode u ulju u skladu s Pravilnikom. Jedino je malo povećana vrijednost netopljivih nečistoća u ulju te je potrebno produžiti vrijeme sedimentacije (taloženje) kako bi se udio krutih čestica smanjio na količinu propisanu Pravilnikom (max. 0,1%).

Dobivene vrijednosti jodnog broja i saponifikacijskog broja su u skladu s literaturnim navodima raznih autora. **(Tablici 5).**

Rezultati ispitivanja utjecaja sastojaka na reološke parametre namaza od oraha prikazani su u **Tablici 6.**

Određivanjem reoloških svojstava namaza od oraha (receptura 1) izrađenim sa kakao prahom pokazuje veće vrijednosti parametara prividne viskoznosti (11,796 Pa.s) i koeficijenta konzistencije (k) 74,98 ($Pa.s^n$) u odnosu na druge ispitivane uzorke namaza. Netopljive krute čestice kakao praha povećavaju viskoznost namaza od oraha i daju tamniju nijansu boje.

Kod recepture 2 proizveden je namaz sa orahovom pogačom, bez kakao praha, pri čemu je dobivena veća vrijednost prividne viskoznosti (6,929 Pa.s) i indeksa tečenja (0,5886) u odnosu na namaz kod recepture 5 gdje je korištena jezgra cijelog oraha i viskoznost je manja (2,709 Pa.s). Razlog tome je taj što se izradom samljevene jezgre oraha, koja ima veći udio ulja u odnosu na orahovu pogaču, dobila manja viskoznost namaza.

Uvođenjem mliječne komponente sirutke u prahu (receptura 4) umjesto mlijeka u prahu (receptura 2) proizveden je namaz od oraha sa većom prividnom viskoznošću (9,821 Pa.s) i koeficijentom konzistencije (51,96 $Pa.s^n$). Proteini iz sirutke više povećavaju viskoznost i konzistenciju namaza nego mlijeko u prahu.

Izradom namaza od oraha sa manjim udjelom uljne faze (receptura 3) dobivena je veća konzistencija namaza, a manji indeks tečenja.

6. ZAKLJUČCI

Ispitivanjem utjecaja procesnih parametra prešanja jezgre oraha na iskorištenje ulja, osnove parametra kvalitete proizvedenog ulja te utjecaja različitih sastojaka na reološke parametre namaza od orahove pogače dobiveni su sljedeći zaključci:

1. Analitički je utvrđen udio ulja u jezgri oraha 62,31% i udio vode 4,09%.
2. Veličina otvora za izlaz pogače utječe na iskorištenje ulja tijekom prešanja oraha.
   Primjenom nastavka za regulaciju izlaza pogače manjeg promjera (8 mm) postiže se veća proizvodnja hladno prešanog orahovog ulja u odnosu na primjenu 10 mm.
3. Temperatura zagrijavanja glave preše na izlazu pogače utječe na iskorištenje ulja kod hladnog prešanja oraha.
   Porastom temperature sa 80˚C na 90˚C i 100˚C dolazi do porasta količine proizvedenog sirovog ulja i hladnog prešanja ulja, porasta stupnja djelovanja preše te do smanjenja udjela zaostalog ulja u pogači.
4. Frekvencija elektromotora (brzina pužnice) utječe na iskorištenje ulja tijekom hladnog prešanja oraha.
   Porastom frekvencije elektromotora sa 27 Hz na 35 Hz i 43 Hz dolazi do porasta brzine pužnice što rezultira proizvodnjom manje količine sirovog ulja i hladno prešanog ulja uz veći udio zaostalog ulja u pogači.
5. Proizvedeno hladno prešano orahovo ulje je dobre kvalitete jer su parametri Pbr, SMK, udio vode u skladu s Pravilnikom.
6. Izradom namaza od oraha sa dodatkom kakao praha postiže se veće viskoznosti i konzistencije u odnosu na druge ispitivane uzorke.
7. Namaz izrađen sa jezgrom oraha ima manju viskoznost i indeks tečenja u odnosu na primjenu orahove pogače kao nusprodukta prešanja.
8. Primjenom sirutke u prahu postiže se veća viskoznost i konzistencija namaza u odnosu na mlijeko u prahu.
9. Smanjenjem uljne faze smanjuje se viskoznost i indeks tečenja namaza od oraha.

7. LITERATURA

Bockisch, M.: Fats and oils handbook, AOCS Press, Champaign, Illinois, 1998.

Curaković, M., Lazić, V., Gvozdanović, J.: Osnove karakteristike ambalažnih materijala za pakovanje ulja, Zbornik radova, Budva, 1996.

Dimić, E.: Hladno ceđena ulja, Tehnološki fakultet, Novi Sad, 2005.

Dimić, E., Radoičić, J., Lazić, V., Vukša, V.: Jestiva nerafinisana ulja suncokreta – Problemi i perspektive, Tematski zbornik, Novi Sad, 2002.

Dimić, E., Turkulov, J.: Kontrola kvaliteta u tehnologiji jestivih ulja, Tehnološki fakultet Novi Sad, 2000.

Karlović, Đ., Dimić, E., Turkulov, J., Škorić, D.: Dehulling efficiency of sunflower hybrids Gricko, Olivko and N-H-45 with the laboratory air-jet impact dehuller, Proceedings, Pisa, 1992.

Lelas V. : Prehrambeno inženjerstvo 1. Golden marketing, Tehnička knjiga 2006.

Lovrić T. : Procesi u prehrambenoj industriji s osnovama prehrambenog inženjerstva. Zagreb, Hinus, 2003.

Mandawala, S.R.P., Kochhar, S.P., Dutta, P.C.: Lipid components and oxidative status of selected specialty oils, Grasas Y Aceites 63, no.2., January 1, 2012., 143-151. FSTA- Food Science and Technology Abstracts, EBSCOhost (accessed March 28, 2014.)

Marković, S.: Fitoaromaterapija: monografije esencijalnih ulja i ljekovitih biljaka-temelji fitoaromaterapije, Centar Cedrus, Zagreb, 2010.

Muller H.G.: *An Introduction to Food Rheology*, Heineman, London, 1973.

Mohsenin NN.: *Physical Properties of Plant and Animal Materials.* Gordon & Breach Science Publishers, New York, 1986.

Moslavac T: Tehnologija ulja i masti. Nastavni materijali, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku Prehrambeno tehnološki fakultet Osijek, 2013.

Oliete B., Gomez M. Pando V., Fernandez-Fernandez E., Caballero P. A, Ronda F. :Effect of nut paste enrichment on physical characteristics and consumer acceptability of bread. *Food Science and Technology international* 14 (3), 259-269, 2008.

Ozdemir M., Sadikoglu H.: Characterization of rheological properties of systems containing sugar substitutes and carrageenan. *International Journal of Food Science and Technology* 33.439-444, 1998.

Pravilniku o jestivim uljima i mastima, Narodne novine, 41, 2012.

Rac, M.: Ulja i masti, Privredni preged, Beograd, 1964.

Rao M.A., Cooley H.J.: Vitali A.A. Food Technology, 1984.

Sopade P. A., Halley P.a., D'Arcy B.R., Bhandari B., Caffin N.: Dynamic and steady-state rheology of Australian honeys at subzero temperatures. *Journal of Food Process Engineering* 27: 284-309, 2004.

Steffe J.F.: *Rheological methods in Food Process Engineering*. Freeman Press, Rast Lansing, 1996.

Swern, D.: Industrijski proizvodi masti i ulja po Baileyju, Nakladni zavod znanje, Zagreb, 1972.

Tabilo – Munizaga G., Barbosa- Cánovas G. V.: Rheology for the food indutry. *Jurnal of Food Engineering* 67: 147-156, 2005.

Van der Plaats G.: The practice of thermal analysis. Mettler Toledo, 1992.

Vučetin, N.: Neobavezne informacije na komercijalnoj ambalaži, Info pak, 2004.