

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK**

Tanja Marković

**UTJECAJ SASTOJAKA I HOMOGENIZACIJE
NA REOLOŠKA SVOJSTVA SALATNE MAJONEZE
S KAŠOM BANANE**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, srpanj, 2014.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
Zavod za prehrambene tehnologije
Katedra za tehnologiju ulja i masti
Franje Kuhača 20, 31 000 Osijek, Hrvatska

Znanstveno područje: Biotehničke znanosti

Znanstveno polje: Prehrambena tehnologija

Nastavni predmet: Tehnologija ulja i masti

Tema rada je prihvaćena na IX. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek, održanoj dana 18.6.2014.

Mentor: izv. prof. dr. sc. Tihomir Moslavac

Pomoć pri izradi: Daniela Paulik, tehničarka

UTJECAJ SASTOJAKA I HOMOGENIZACIJE NA REOLOŠKA SVOJSTVA SALATNE MAJONEZE S KAŠOM BANANE

Tanja Marković, 141/DI

Sažetak: U ovom radu istraživana je utjecaj žumanjka jajeta, mliječne komponente, vrste ugljikohidrata, brzine rotora, vremena homogenizacije na reološka svojstva salatne majoneze s kašom banane. Za izradu majoneze korištene su različite vrste biljnih ulja: suncokretovo ulje, bučino ulje i rižino ulje. Mehanički proces homogenizacije majoneze proveden je kod 10 000 o/min i vremenu od 3 minute pri sobnoj temperaturi. Majoneze sa 65% uljnom fazom izrađene su po tradicionalnoj recepturi bez dodanog konzervansa čime je trajnost proizvoda vremenski ograničena. Mjerenja reoloških svojstava provedena su na rotacijskom viskozimetru s koncentričnim cilindrima, pri temperaturama 25°C i 10°C. Iz dobivenih podataka izračunati su reološki parametri: prividna viskoznost, koeficijent konzistencije i indeks tečenja. Rezultati istraživanja pokazuju da mliječna komponenta, žumanjak i vrste ugljikohidrata utječu na reološka svojstva salatne majoneze s kašom banane. Porastom brzine rotora i vremena trajanja procesa homogenizacije mijenjaju se reološka svojstva salatne majoneze.

Ključne riječi: salatna majoneza, reološka svojstva, biljna ulja, procesni parametri

Rad sadrži: 62 stranice

18 slika

14 tablica

21 literaturna referenca

Jezik izvornika: hrvatski

Sastav Povjerenstva za obranu:

1. izv. prof dr. sc. *Andrija Pozderović*

2. izv. prof. dr. sc. *Tihomir Moslavac*

3. izv. prof.dr. sc. *Vedran Slačanac*

4. izv. prof. dr. sc. *Jurislav Babić*

predsjednik

član-mentor

član

zamjena člana

Datum obrane: 10. srpnja 2014.

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

BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

University Josip Juraj Strossmayer in Osijek
Faculty of Food Technology Osijek
Department of Food Technologies
Subdepartment Technology of Oils and Fats
Franje Kuhača 20, HR-31 000 Osijek, Croatia

Scientific area: Biotechnical sciences

Scientific field: Food technology

Course title: Technology of Oils and Fats

Thesis subject was approved by the Faculty Council of the Faculty of Food Technology at its session no. IX, held on June 18, 2014.

Mentor: *Tihomir Moslavac*, PhD, associate prof.

Technical assistance: *Daniela Paulik*, technician

THE INFLUENCE OF INGREDIENTS AND HOMOGENISATION ON THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF SALAD MAYONNAISE WITH THE BANANA PASTE

Tanja Marković, 141/DI

Summary: This paper shall research the influence of types of eggs yolk, types of milk components, types of sugar, rotor speed, homogenisation time on the rheological properties of the salad mayonnaise with banana paste. Different sorts of vegetable oils were used during the research: sunflower oil, pumpkin seed oil and rice oil. The mechanical process of homogenisation of the mayonnaise has been done at 10.000 revolutions per minute for 3 minutes at room temperature. Mayonnaise with a 65% oil phase is made according to the traditional recipe without added conservatives, which limits its durability. The rheological measurements were performed on a rotating viscometer with concentric cylinders, at 25°C and 10°C. With the use of these results the rheological parameters – apparent viscosity, consistency coefficient and flow behaviour index – have been calculated. Research results show that the milk component, egg yolk and types of sugar influence the rheological properties of the salad mayonnaise with banana paste.

An increase of rotor speed and the homogenisation process time alter the rheological properties of the salad mayonnaise.

Key words: salad mayonnaise, rheological properties, vegetable oils, process parameters

The thesis contains: 62 pages

18 figures

14 tables

21 supplements

Original in: Croatian

Defense committee:

1. *Andrija Pozderović*, PhD, associate prof.

2. *Tihomir Moslavac*, PhD, associate prof.

3. *Vedran Slačanac*, PhD, associate prof.

4. *Jurislav Babić*, PhD, associate prof.

chair person

supervisor

member

stand-in

Defense date: July 10, 2014.

The printed and electronic (pdf format) versions of the thesis are deposited in the Library of the Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek.

Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. TEORIJSKI DIO.....	3
2.1. EMULZIJE.....	4
2.1.1. EMULZIJE TIPA VODA/ULJE.....	9
2.1.2. EMULZIJE TIPA ULJE/VODA.....	9
2.1.2.1. SIROVINE ZA PROIZVODNJU MAJONEZE.....	13
2.1.2.2. TEHNOLOŠKI POSTUPAK PROIZVODNJE MAJONEZE.....	18
2.2. REOLOŠKA SVOJSTVA HRANE.....	21
2.2.1. REOLOŠKA SVOJSTVA TEKUĆIH NAMIRNICA.....	25
2.2.1.1. Newtonske tekućine.....	26
Ne-Newtonske tekućine.....	27
2.2.2. ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA REOLOŠKA SVOJSTVA.....	32
2.2.3. UREĐAJI ZA MJERENJE REOLOŠKIH SVOJSTAVA.....	34
2.2.3.1. Kapilarni viskozimetri.....	34
2.2.3.2. Rotacijski viskozimetri.....	35
2.2.4. REOLOŠKA SVOJSTVA MAJONEZE.....	36
3. EKSPERIMENTALNI DIO.....	37
3.1. ZADATAK.....	38
3.2. MATERIJALI I METODE.....	39
3.2.1. MATERIJALI.....	39
3.2.2. METODE.....	43
3.2.2.1. Priprema uzorka.....	43
3.2.2.2. Priprema kaše banane.....	44
3.2.2.3. Određivanje reoloških svojstava majoneze.....	44
3.2.2.4. Mjerenje reoloških svojstava.....	46
3.2.2.5. Određivanje reoloških parametara.....	47
4. REZULTATI.....	49
5. RASPRAVA.....	54
6. ZAKLJUČAK.....	58
7. LITERATURA.....	60

1. UVOD

Salatna majoneza je emulzija ulja u vodi dobivena procesom emulgiranja jestivog biljnog ulja, žumanjka jajeta, octene i/ili druge jestive organske kiseline, mliječnih proizvoda, senfa, šećera i drugih prehrambenih proizvoda, začina, ekstrakta začina, dopuštenih aditiva, vitamina, minerala i drugih dodataka radi povećanja biološke vrijednosti, ovisno o tehnološkom postupku (NN 55/1996).

Promatrajući fizikalno-kemijska svojstva, majoneza je viskoplastična emulzija ulje/voda u kojoj su kapljice ulja dispergirane u kontinuiranoj vodenoj fazi, pomoću prirodnih emulgatora koji se nalaze u žumanjku jajeta (lipoproteini, proteini, lecitin) (Gugušev-Đaković, 1989.)

Osnovni sastojak salatne majoneze su biljna ulja koja imaju važnu funkciju u stvaranju emulzije proizvoda, doprinose okusu, izgledu, teksturi i oksidacijskoj stabilnosti emulzije na vrlo specifičan način (McClements i Demetriades, 1998.)

Majoneza je proizvod ograničenog vremena trajanja, a njezini sastojci (naročito biljno ulje) veoma brzo podliježu nepoželjnim promjenama, kao što su kemijske reakcije, enzimski i mikrobiološki procesi koji mogu dovesti do kvarenja te nepoželjnih organoleptičkih promjena. Održivost ili oksidacijska stabilnost majoneze predstavlja vrijeme za koje se ona može sačuvati od oksidacijskih procesa, što je izuzetno važno za njezino skladištenje (Dimić, Turkulov, 2000.)

Kod proizvodnje majoneze nastoji se postići što čvršća struktura dobre konzistencije, homogenosti i stabilnosti. Konzistencija emulzije ovisi o različitim čimbenicima kao što su omjer udjela uljne i vodene faze, sredstva za emulgiranje, zgušnjivači, stabilizatori, tehnika izrade emulzije, temperatura i dr. (Wendin i Hall, 2001. ; Wendin i sur., 1999.)

Poznavanje reoloških svojstava majoneze ima značajan utjecaj i na funkcionalna svojstva, te na senzorske karakteristike ovih proizvoda (Baryklo-Pikielna, 1994.)

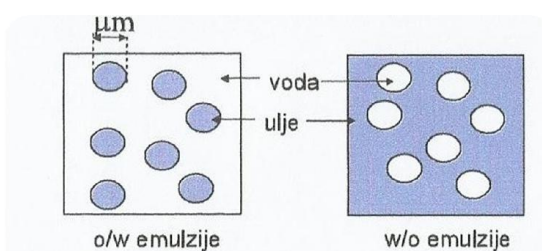
Zadatak ovog istraživanja bio je ispitati utjecaj mliječne komponente, žumanjka jajeta, vrste ugljikohidrata, brzine rotora homogenizatora te vremena homogenizacije na reološke karakteristike salatne majoneze s kašom banane.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. EMULZIJE

Emulzije su dvofazni sustavi dviju tekućina koje se ne miješaju. Površinski su tako odijeljene da su kapljice jedne tekućine (disperzna faza) obavijene drugom tekućinom (kontinuirana faza) (Lovrić, 2003.).

Većina emulzija su smjesa vode i ulja te razlikujemo dva tipa: voda u ulju i ulje u vodi. Kod tipa voda u ulju kapljice vode razdijeljene su u uljnoj fazi, a kod tipa ulje u vodi kapljice ulja razdijeljene su u vodenoj fazi. Neki primjeri emulzija ulje u vodi su: mlijeko, vrhnje, sladoled, a primjeri emulzije voda u ulju su: margarin, majoneza, maslac (Lelas,2006.)



Slika 1 Shematski prikaz ulja u vodi i vode u ulju
(<http://www.fkit.unizg.hr/>)

Emulzije se, s obzirom na veličinu kapljica disperzne faze (koja utječe na njihov izgled i boju), mogu podijeliti u 2 skupine: makro i mikro emulzije.

Tablica 1 Značajke emulzija s obzirom na veličinu kapljica

Emulzija	Veličina kapljica	Izgled
makro	100 do 1 μ	mliječno-bijela
	1 do 0,5 μ	mliječno-plavo-bijela
mikro	0,5 do 0,1 μ	skoro prozirna s plavkastim sjajem
	0,1 do 0,01 μ	optički bistra, jer su kapljice manje od valne duljine svjetlosti

Da bi se utvrdilo o kojem tipu emulzije se radi provode se određeni testovi:

- **Test bojenja**

Nekoliko kapljica neke boje topljive u ulju doda se emulziji i dobro promiješa. Ukoliko se emulzija oboji to je dokaz da se radi o emulziji tipa voda/ulje s obzirom da se boja otapa u uljnoj (u ovom slučaju kontinuiranoj fazi). Ukoliko ne dođe do obojenja, dokaz je da se radi o emulziji ulje/voda.

- **Test razrjeđenja**

Emulziji se doda određena količina vode i promiješa se. Ukoliko emulzija ostane homogena, znak je da se radi o emulziji tipa ulje/voda, jer dodana voda samo razrjeđuje emulziju.

- **Test električne vodljivosti**

Emulziji se izmjeri električna vodljivost. Ukoliko je ona mala, znak je da se radi o emulziji tipa voda/ulje, s obzirom da ulje ima neznatnu električnu vodljivost i obrnuto.

- **Test pojave fluorescencije**

Emulzija tipa voda/ulje fluorescira u ultraljubičastom svjetlu, što kod emulzije ulje/voda nije slučaj.

- **Proba kvašenja**

Emulzija ulje/voda se razlijeva po površini filter papira, dok se kap emulzije voda/ulje ne razlijeva (Lelas, 2006.; Vidaković, 2007.; Barulek, 2008.).

EMULGIRANJE

Emulgiranje je proces pripreme, odnosno proizvodnje emulzija.

Emulzije se dobivaju miješanjem dviju faza (uljne i vodene) pri čemu dolazi do stvaranja mnoštva malih kapljica i povećanja dodirne površine faza. Kako između faza vlada odgovarajuća površinska napetost koja djeluje protivno dispergiranju, tj. nastoji smanjiti dodirnu površinu faza, potrebno je uložiti odgovarajući rad koji će prevladati postojeću

površinsku napetost i povećati dodirnu površinu između faza. Rad (W) koji je potrebno uložiti proporcionalan je napetosti površine (σ) i povećanju površine kapljica (dA):

$$W = \sigma \times dA$$

Ovaj rad ostvaruje se uz pomoć mehaničke energije miješanja i fizikalno-kemijske energije emulgatora, a ukoliko je jedna od faza u čvrstom obliku još i toplinske energije (jer obje faze moraju biti u tekućem obliku) (Lelas, 2006).

Pripremljene emulzije moraju imati odgovarajuću stabilnost prema različitim utjecajima kojima mogu biti izložene za vrijeme manipulacije ili skladištenja, kao što su:

- a) mehanički utjecaji – javljaju se za vrijeme transporta kada emulzije mogu biti izložene potresanju prilikom vožnje, utovara ili istovara.
- b) toplinski utjecaji – odnose se na grijanje ili hlađenje, odnosno zamrzavanje. Pri grijanju može doći do razdvajanja faza, dok pri hlađenju isto tako dolazi do razdvajanja faza i razbijanja emulzije (juhe, umaci, majoneza).
- c) vremenski utjecaji – tijekom dužeg čuvanja može doći do razdvajanja faza.

Na stabilnost emulzije utječu različiti čimbenici: stupanj razdjeljenja unutarnje faze, kvaliteta graničnih površinskih filmova, viskoznost vanjske faze, odnos volumena faza, specifična masa faza. Emulzija je stabilna kada se može održati bez promjene kroz određeni period, a da se kapljice disperzne faze međusobno ne povezuju, niti skupljaju na površini ili pri dnu (Lelas, 2006.; Lovrić, 2003.)

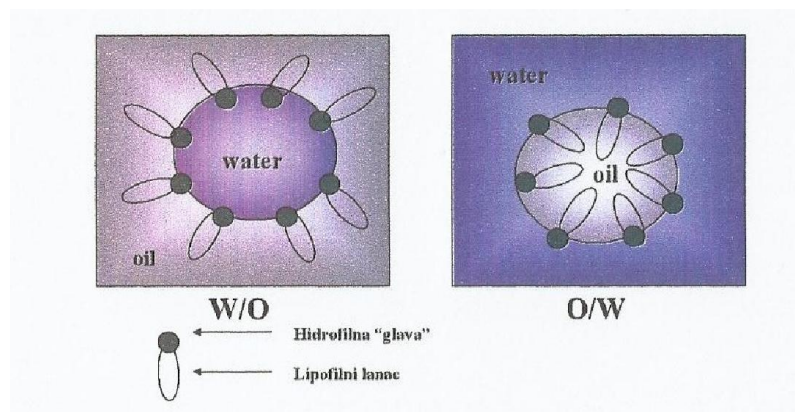
EMULGATORI

Emulgatori su tvari koje se dodaju emulzijama u svrhu smanjenja površinske napetosti između faza zbog čega se smanjuje potreban rad i olakšava emulgiranje. Ostale uloge emulgatora su: poticati nastajanje emulzije, olakšati pripremu emulzije, nastajanje finije raspodjele čestica, stabilnost u stanju dispergiranosti, kontrola tipa emulzije koja nastaje (ulje/voda ili voda/ulje).



Slika 2 Shematski prikaz djelovanja emulgatora (<http://www.fkit.unizg.hr/>)

Molekule emulgatora moraju biti građene tako da jedan kraj molekule ima hidrofilan karakter (polarni), a drugi kraj da ima lipofilan karakter (nepolarni) (Lelas, 2006).



Slika 3. Princip rada emulgatora (<http://www.fkit.unizg.hr/>)

Važna značajka svakog emulgatora jest hidrofilno-lipofilna ravnoteža (HLB). Određena je masenim udjelom (u %) hidrofilnog dijela molekule emulgatora podijeljenim s 5, a izražava se HLB brojem. Vrijednost HLB broja se kreće od 1 do 20. Što je HLB broj veći, emulgator ima jače izražen hidrofilni karakter, a ako je manji jače je izražen lipofilni karakter. Ukoliko je HLB

manji od 9 radi se o lipofilnim emulgatorima. O HLB vrijednosti ovisi u kojoj će fazi emulgator biti topljiv, a faza u kojoj se emulgator otapa je uvijek kontinuirana. Ukoliko je HLB vrijednost emulgatora između 3 i 6, dobivamo emulzije tipa voda/ulje, a ako je ta vrijednost između 8 i 18, nastaje emulzija ulje/voda (Borko, 2007.).

Da bi se dobila stabilna emulzija potrebno je kombinirati više emulgatora s hidrofilnim i hidrofobnim grupama. Zbog toga je HLB vrijednost mješavine emulgatora:

$$(HLB)_M = m_A (HLB)_A + m_B (HLB)_B$$

gdje su m_A i m_B maseni udjeli komponente A i B (Lelas, 2006.).

Jedna od najprihvatljivijih klasifikacija je podjela emulgatora na nisko- i visokomolekularne spojeve, pri čemu se prvi dijele na one s pretežno hidrofilnim karakterom, one s pretežno lipofilnim karakterom i one bez izrazito hidrofilnog ili lipofilnog karaktera.

1. niskomolekularni emulgatori s pretežno hidrofilnim karakterom preferencijalno djeluju u smjeru nastajanja emulzije tipa ulje/voda. To mogu biti ionogeni (anionaktivni i kationaktivni emulgatori) i neionogeni emulgatori.
2. niskomolekularni emulgatori s pretežno lipofilnim karakterom koji preferencijalno djeluju u smjeru nastajanja emulzija tipa ulje/voda. Mogu se svrstati u tri skupine tvari: soli, estere i esterificirane smjese spojeva.
3. niskomolekularni emulgatori bez izrazito hidro- ili lipofiliteta, također mogu biti esteri masnih kiselina i polivalentnih alkohola.
4. visokomolekularni emulgatori su različiti proteini (npr. albumin, kazein) i proizvodi njihove razgradnje (npr. želatina), zatim prirodne polisaharidne tvari (npr. arapska guma, agar), smole, glikozidi, a i neke umjetne tvari kao što su derivati celuloze (esteri i eteri) i polimerizirani vinilni spojevi (Tehnička enciklopedija, 1997.).

U prehrambenoj industriji najčešće se koriste prirodni emulgatori, npr. lecitin i pojedine frakcije fosfolipida soje. Od ostalih emulgatora značajniju primjenu imaju mono- i digliceridi (Lovrić, 2003.)

PODJELA EMULZIJA

Postoje dva osnovna tipa emulzija:

- emulzija voda/ulje
- emulzija ulje/voda

Određivanje tipa emulzije može se provesti mjerenjem električne provodljivosti emulzije, odnosno može se odrediti područje koncentracije inverzija faza i promjena tipa emulzije. Električna provodljivost prvenstveno zavisi od tipa emulzija, odnosno od kontinuirane faze, tako da je kod emulzija tipa ulje/voda prilično velika, dok emulzije voda/ulje ne pokazuju primjetniju provodljivost.

2.1.1. EMULZIJE TIP A VODA/ULJE

Emulzije tipa voda/ulje su jedna od dva glavna tipa podjele emulzija. Kod njih je voda dispergirana u ulju, pa je ulje kontinuirana faza. U ovaj tip emulzija spadaju maslac, margarin i dr. (Gugušev-Đaković, 1989.)

2.1.2. EMULZIJE TIP A ULJE/VODA

Kapljice ulja su dispergirane u vodi, pri čemu je voda kontinuirana faza, a ulje diskontinuirana ili dispergirana faza. Pod takvim emulzijama podrazumijevamo: mlijeko, vrhnje, majoneza, razni umaci i preljevi. Na stabilnost ovih emulzija mogu utjecati sljedeći čimbenici:

- Stupanj razdijeljenja unutarnje faze

Kapljice disperzne faze moraju biti ujednačene veličine i što manjeg promjera, a to se postiže odgovarajućim postupkom emulgiranja.

- Kvaliteta graničnih površinskih filmova

Između dvije faze mora postojati međufaza koju čini emulgator, veze između emulgatora i faza emulzije moraju biti čvrste i stabilne

- Odnos volumena faze

U nekoj idealnoj emulziji sve kapljice disperzne faze nisu deformirane, te u potpuno zbijenom stanju mogu zauzeti prostor od 74% ukupnog volumena emulzije. Međutim, ako se kapljice sazbiju, što uzrokuje njihovu deformaciju, one mogu zauzeti i do 99% ukupnog volumena. Poželjno je da odnos volumena disperzne faze i disperznog sredstva ne prelazi 74:26, jer je u protivnom potrebno osigurati stabilnost emulzije (Borko, 2007.).

- Specifična masa faze

Emulzija je stabilnija ukoliko je specifična masa dviju faza što sličnija. Što je veća razlika u specifičnoj masi, emulzija je manje stabilna. Zato se za smanjenje razlike u specifičnoj masi koriste specijalna ulja koja imaju veću specifičnu masu.

- Temperatura

Stabilnost emulzije je uvjetovana promjenom temperature. Povišene temperature koaguliraju proteine, te dolazi do razdvajanja faza. Primjenom specijalnih postupaka izrade i stabilizatora, moguće je proizvesti stabilne emulzije tipa majoneze, koje se mogu sterilizirati ili konzervirati smravanjem (Lelas, 2006.).

MAJONEZA

Majoneza je proizvod u obliku emulzije tipa ulje/voda dobivena od jestivog biljnog ulja, žumanjaka, octene i/ili druge jestive organske kiseline, dopuštenih aditiva, sa ili bez začina.

U fizikalnom smislu, majoneza je emulzija koja se sastoji od kapljica ulja dispergiranih u vodenoj fazi pomoću proteina i lipoproteina žumanjka, te lecitina iz žumanjka, koji imaju ulogu prirodnih emulgatora (Gugušev-Đaković, 1989.).

Prema Pravilniku, majonezu s obzirom na udjel jestivog biljnog ulja dijelimo na tri vrste (Pravilnik o jestivim uljima i mastima N.N. 41/12):

1. Majoneza
2. Salatna majoneza
3. Lagana majoneza

Majoneza koja se stavlja u promet mora udovoljavati sljedećim propisanim temeljnim zahtjevima:

- Udio jestivog biljnog ulja je najmanje 75%
- Udio žumanjka je najmanje 6%
- Da je svojstvene boje, okusa i mirisa bez stranog ili užeglog mirisa i okusa

Salatna majoneza je proizvod dobiven od jestivog biljnog ulja, žumanjka, octene i/ili druge jestive organske kiseline, mliječnih proizvoda, senfa, šećera i drugih prehrambenih proizvoda, začina i ekstrakta začina, dopuštenih aditiva, vitamina, minerala i drugih dodataka, radi povećanja biološke vrijednosti.

Salatna majoneza koja se stavlja u promet mora udovoljavati sljedećim propisanim temeljnim zahtjevima:

- Udio jestivog biljnog ulja je najmanje 50%
- Udio žumanjka je najmanje 3,5%
- Da je svojstvene boje, okusa i mirisa, bez stranog i/ili užeglog mirisa i okusa

Lagana majoneza je proizvod dobiven od jestivog biljnog ulja, octene i/ili neke druge jestive organske kiseline, sa ili bez žumanjka, mliječnih proizvoda i drugih prehrambenih proizvoda, začina i ekstrakta začina, dopuštenih aditiva, vitamina, minerala i drugih dodataka, radi povećanja biološke vrijednosti, ovisno o tehnološkom postupku.

Lagana majoneza koja se stavlja u promet mora udovoljavati sljedećim propisanim temeljnim zahtjevima:

- Udio jestivog biljnog ulja je najviše 50%
- Da je svojstvene boje i mirisa, bez stranog i/ili užeglog mirisa i okusa

Majoneza spada u grupu lako pokvarljivih proizvoda, jer nije uobičajeno provoditi neku od metoda konzerviranja. Vrijeme čuvanja pri nižim temperaturama se kreće od 3 do 6 mjeseci.

Osnovne vrste kvarenja majoneze su:

a) Separacija ulja iz emulzije

Tijekom skladištenja majoneze dolazi do postepene agregacije kapljica ulja (rjeđa konzistencija). Čimbenici koji utječu na izdvajanje faza su: brzo dodavanje biljnog ulja, neregulirano miješanje, nekvalitetna sirovina, mehaničko tretiranje, niska temperatura čuvanja (kristalizacija ulja).

b) Fermentacija majoneze

Rijetka pojava, uzrokuje kiselost majoneze. Do pojave fermentacije dolazi zbog aktivnosti mikroorganizama unesenih sirovinom, zrakom ili putem posuđa. Da bi se spriječila fermentacija potrebna je sanitacija uređaja i prostorija, te primjena kvalitetne sirovine i pomoćnog materijala.

c) Užeglost

Užeglost je oksidacijsko kvarenje uljne faze do kojeg dolazi zbog inkorporacije zraka tijekom emulgiranja i relativno visokog udjela vode. Dolazi do promjene senzorskih svojstava (okus, miris). Da bi se spriječila užeglost preporučljivo je punjenje pod vakuumom, pravilno čuvanje i skladištenje, te odgovarajuća ambalaža (staklena, lakirane aluminijske tube, plastična ambalaža).

Kod proizvodnje majoneze teži se tome da je konačni proizvod što čvršće konzistencije i da pokazuje određenu homogenost i stabilnost. U pogledu homogenosti, kvaliteta emulzije se uglavnom određuje stupnjem disperzije kapljice ulja (Belak, 2005.).

2.1.2.1. Sirovine za proizvodnju majoneze

▪ JESTIVA BILJNA ULJA

Ovisno o uvjetima proizvodnje i vrsti sirovina od kojih se proizvode, jestiva biljna ulja stavljaju se u promet kao (Pravilnik, NN41/12):

- rafinirana biljna ulja
- nerafinirana biljna ulja
- mješavine nerafiniranih i rafiniranih biljnih ulja
- hladno prešana ulja

Jestiva biljna ulja namijenjena prehrambenoj potrošnji najčešće dolaze u promet kao rafinirana. Rafinirana biljna ulja dobivaju se rafiniranjem dviju ili više vrsta sirovih, jestivih ulja (suncokretovo, sojino, repičino, kukuruznih klica i sl.). Takva ulja u trgovini moraju na temperaturi od 20°C biti bistra, svojstvene (zlatnožute) boje, blaga i ugodna okusa i mirisa, bez stranih mirisa i okusa ili okusa na užeglost. Umjesto podataka o osnovnim sirovinama, na deklaraciji treba biti istaknut naziv proizvoda-jestivo rafinirano biljno ulje.

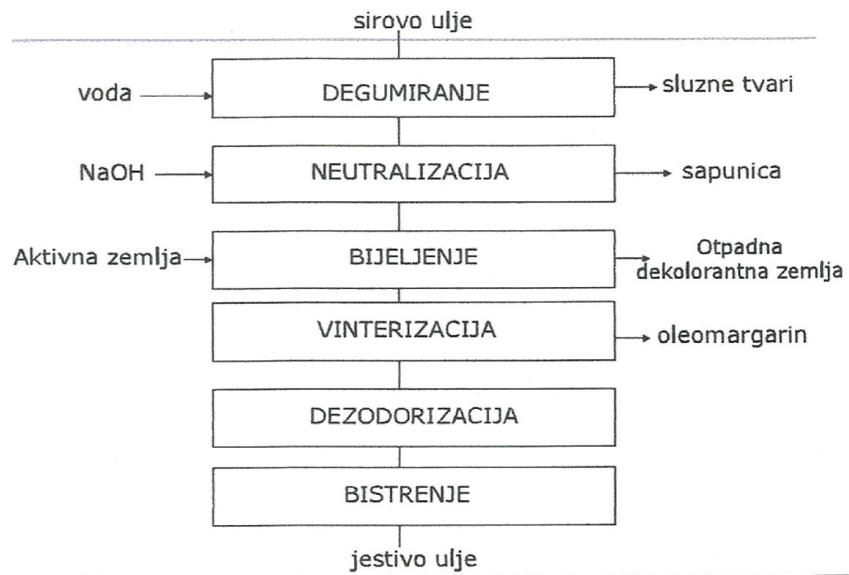
U proizvodnji jestivih biljnih ulja se prvo provode tehnološke operacije pripreme sjemenki uljarica. Te tehnološke operacije su: čišćenje (prosijavanje, vjetrenje, pranje, propuštanje preko magneta, flotacija), sušenje (kritična, skladišna, ravnotežna vlaga), ljuštenje, mljevenje, prešanje ili ekstrakcija ulja organskim otapalima i zatim slijedi proces rafiniranja (Belak, 2005.).

Cilj rafinacije sirovog ulja je uklanjanje sastojaka koji umanjuju senzorska svojstva i održivost ulja. Ti sastojci su različitog podrijetla i mogu biti:

- sastojci topljivi u ulju i svojstveni za to ulje (proteini, fosfolipidi, steroli, pigmenti, itd.)
- razgradni produkti koji nastaju još u zrnu ili tijekom skladištenja sjemena (slobodne masne kiseline, peroksidi, ketoni, aldehidi, itd.)
- ostatak kemikalija dodanih za vrijeme rasta biljke i tijekom prerade, razgradni produkti i derivati tih kemikalija, onečišćenja iz opreme ili drugih ulja

- djelomično se uklanjaju i vrijedni sastojci iz sirovog ulja (vitamini, provitamini, antioksidansi, itd.)

Važno je proces rafinacije voditi što kraće vrijeme, pri što nižoj temperaturi i kod visokog vakuuma kako bi finalni proizvod bio što veće kvalitete (<http://www.sraspopovic.com/>).



Slika 4 Shematski prikaz rafinacije ulja

Kod ispitivanja bistroće biljno ulje se čuva na niskim temperaturama, od 0 do 5°C, a osnovni uvjet koji ulje mora zadovoljiti na tim temperaturama jest taj da se ne izdvaja talog niti da dolazi do замуćenja ulja. Kao proba na bistroću ulja, koristi se izlaganje uzoraka temperaturi od -4°C do 0°C tijekom 5 sati. Ukoliko se nakon ovog vremena ne izdvoji talog, ulje se može upotrijebiti za proizvodnju majoneze (Gugušev-Đaković, 1989.).

Kakvoća biljnih ulja koja se koriste u pripremi emulzija ulje/voda je vrlo bitna, jer je ulje kod takvih izrada izloženo većem stupnju oksidacijskih procesa i pojavi užglosti. U emulzijama, ulje ima kontakt s vodom i zrakom, a vrlo često je izloženo i utjecaju svjetlosti. Gotovi proizvodi na bazi ulja vrlo često se čuvaju na sobnoj temperaturi. Svi ti čimbenici djeluju kao katalizatori (prooksidansi) za pojavu oksidacijskih procesa kvarenja ulja i važno je posvetiti posebnu pozornost kakvoći i neutralnosti ulja upotrijebljenog u proizvodnji emulzije ulja u vodi (Swern, 1972.).

▪ JAJA

Građom i biokemijskim karakteristikama jaje je organizam u malome ili živa stanica u velikom. Cijelo jaje sadrži sve sastojke potrebna za razvoj organizma u nekom optimalnom odnosu (Belak, 2005).

Ako ne sadrže posebnu oznaku pod nazivom jaja, podrazumijevaju se kokošja jaja. Klasificiraju se prema masi:

- S (iznad 65g)
- A, B, C, D i E (ispod 45g)

Osnovni dijelovi jajeta su žumanjak, bjelanjak i ljuska. U jestivom dijelu jajeta voda je zastupljena sa oko 75%, bjelanjak sadrži oko 87%, a žumanjak oko 50% vode. Žumanjak sadrži većinu kalorija (78%), svu mast i polovicu bjelančevina, većinu kalcija, fosfora, željeza, cinka, vitamina B₆, B₁₂, A, folne kiseline, polovicu riboflavina i tiamina. Proteini koje sadrže jaja su pokazatelj njihove biološke vrijednosti. Proteini koji su zastupljeni u bjelanjku su ovoalbumin, ovoglobulin, ovomucin, dok su u žumanjku manje zastupljeni i to kao ovovitelin i levitin. Najvažnije aminokiseline koje se nalaze u jajetu su cistin, triptofan i lizin. Udio masti u kokošjem jajetu se kreće oko 30% dok ih u bjelanjku praktički i nema.

Masne kiseline zastupljene u jajetu su:

- nezasićene masne kiseline: oleinska 47%, linolna 16%, linolenska 2%
- zasićene masne kiseline: palmitinska 23%, stearinska 4%, miristinska 1%

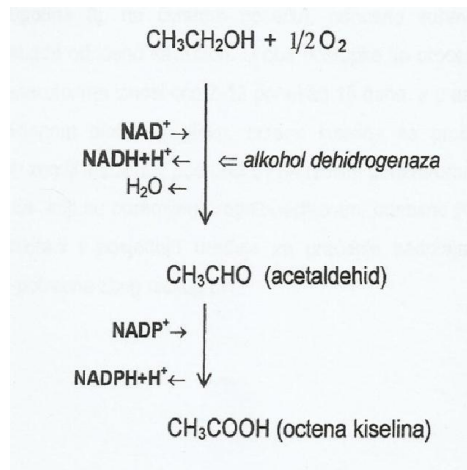
Žumanjak jajeta je prirodna emulzija ulja u vodi, ali u kombinaciji s proteinima, lipoproteinima, lecitinom i drugim fosfolipidima kao emulgatorima. On predstavlja osnovu za izradu emulzije tipa majoneza dok bjelanjak u ovom pogledu pokazuje znatno slabija svojstva, gotovo četverostruko manja nego kod žumanjka (Mandić, 2003.)

▪ OCAT

Alkoholni ocat, koji se koristi u prehrambenoj industriji i u domaćinstvu, dobiva se mikrobiološkom oksidacijom etanola u octenu kiselinu, odnosno fermentacijom čistog etilnog alkohola. Osnovne sirovine za proizvodnju octa su:

- rafinirani etanol dobiven u proizvodnji iz ugljikohidratnih sirovina
- prevreli voćni sokovi (vino, jabukovača)
- prevrela sladovina

Radni mikroorganizam je *Acetobacter aceti*, gram-negativna bakterija iz porodice *Acetobacteraceae*. Postupak je aeroban, odvija se na temperaturi od 28 do 30 °C, a ovisno o upotrebljenoj sirovini dobivaju se komercijalni produkti: bijeli ili alkoholni ocat, vinski, odnosno jabučni ocat te slatni ocat koji se uglavnom proizvodi u krajevima gdje slabo uspijeva šećerna repa, odnosno voće (Krstanović, Velić-BPH-propisi za vježbe, interna skripta, 2011.).



Slika 5 Shematski prikaz oksidacije etanola u octenu kiselinu (Krstanović, Velić, 2011.)

Jabučni ocat je voćni ocat dobiven octeno kiselim fermentacijom prevrelih voćnih sokova ili komina i najzastupljeniji je na tržištu. Karakteristična obilježja jabučnog octa su: bistra, svijetlo žućkasta boja, aromatičan je i ugodnog mirisa. Punoća okusa potječe od prehrambenih, prirodnih organskih kiselina, najčešće su to vinska i jabučna kiselina (Belak, 2005.)

U proizvodnji emulzija ulje/voda predstavlja osnovni sastojak vodene faze. Koncentracija octene kiseline iznosi u prosjeku do 10%. Ocat ima antiseptička svojstva, a ovisno o njegovom udjelu u emulziji može spriječiti kvarenje (Gugušev-Đaković, 1989.).

▪ ZAČINI

Pod začinima podrazumijevamo dijelove biljki koji se zbog svog sadržaja, okusa ili mirisa koriste u pripravljanju svih vrsta hrane, kako bi se jelo „oplemenilo“ (www.wikipedia.hr)

Začini se dodaju s ciljem poboljšanja okusa proizvoda. Dozvoljeni začini prema Pravilniku o kvaliteti mogu se dodavati u obliku praha ili ekstrakta. Najčešće se upotrebljavaju senf, papar, korijander i drugi. Dodatak soli i začina povećavaju stabilnost majoneze. Dodatak šećera nije preporučljiv, jer može poslužiti kao supstrat kvascima, a to bi uzrokovalo fermentaciju prilikom čuvanja majoneze i proizvoda sličnih majonezi. Dodatak začina ovisi o navikama i ukusu potrošača (Gugušev-Đaković, 1989.).

▪ MODIFICIRANI ŠKROB

Tretiranjem škroba različitim kemijskim sredstvima, fizikalnim postupcima, enzimskim putem ili kombinacijom navedenih postupaka proizvode se modificirani škrobovi različitih funkcionalnih svojstava. Izraz *modificirani škrob* odnosi se na škrob koji sadrži izmijenjenu kemijsku i/ili fizikalnu strukturu u odnosu na prirodni škrob. Najčešći kemijski postupci modificiranja škroba uključuju: esterifikaciju, eterifikaciju, oksidaciju i umrežavanje.

Škrob se esterificira pomoću kiselina. Škrobni esteri ili eteri nastaju zamjenom hidroksilne skupine škroba esterskom ili eterskom skupinom. Oksidirani škrob se dobiva oksidacijom natrijevim hipokloridom, velike je čistoće, izrazito bijele boje i niske viskoznosti. Pod umrežavanjem škroba podrazumijevamo povezivanje hidroksilne skupine jednog lanca sa hidroksilnom skupinom drugog lanca škroba. Na taj način, dobivena struktura škroba je čvršća i otpornija na djelovanje topline i kiselina.

Najčešći fizikalni postupci modifikacije škroba su: preželatinizacija, ekstruzija, bubrenje i dekstrinizacija. Modificiranje škroba fizikalnim postupcima može se primijeniti kao zaseban proces ili u kombinaciji s kemijskim postupcima modificiranja.

Preželatinizirani škrob (PŠ) proizvodi se sušenjem prethodno želatiniziranog škroba raspršivanjem, ekstruzijom ili na valjcima. Osnovna karakteristika PŠ je brza hidratacija i otapanje već pri sobnoj temperaturi. Ekstruzija je proces u kojem se škrob modificira

kombiniranim djelovanjem visokog tlaka, topline i smicanja. Bubenje škroba provodi se tretiranjem škrobnih granula u uvjetima suviška vode ili umjerene vlažnosti, a ima sljedeći utjecaj na strukturu škroba: povećanje stabilnosti granule, rast kristala, djelomično taljenje kristala, porast temperature želatinizacije te termičke stabilnosti, a smanjenje kapaciteta bubenja. Dekstrini se proizvode suhim termičkim tretiranjem škroba, bez ili sa dodatkom kiselina ili lužina kao katalizatora (Babić i sur., 2013.)

▪ **HIDROKOLOIDI**

Hidrokoloidi su visokomolekularni, dugolančani, hidrofilni polimeri, potječu od biljaka, životinja, mikroorganizama ili su sintetski. Lako se otapaju ili dispergiraju u vodi pri čemu do izražaja dolaze njihova svojstva želiranja, ugušćivanja, stabiliziranja i povećavanja viskoznosti prehrambenih proizvoda.

Hidrokoloidi su polisaharidi, a neki su i proteini biljnog i životinjskog porijekla.

Ovisno o porijeklu hidrokoloidi se dijele na sljedeće skupine:

- a) hidrokoloidi biljnog porijekla: eksudati – guma arabica, guma karaja i dr.;
- b) hidrokoloidi životinjskog porijekla: želatina;
- c) kemijski modificirani hidrokoloidi: derivati celuloze, modificirani škrobovi i dr.

Pri odabiru hidrokoloida važno je obratiti pozornost na: sastav proizvoda, utjecaj hidrokoloida na reološka svojstva proizvoda, ali i na mogućnost međudjelovanja pojedinih komponenti proizvoda s hidrokoloidima (Pavlović, 2006.)

2.1.2.2. Tehnološki postupak proizvodnje majoneze

Postoje tri osnovna načina tehnološkog postupka proizvodnje majoneze, a razlikuju se ovisno od vrste uređaja koji se upotrebljava:

1. Dobivanje emulzije pomoću miksera

Mikseri su uređaji opremljeni vertikalnom mješalicom koja se okreće velikom brzinom pomoću elektromotora i reostata za regulaciju broja okretaja. Proizvodnja je diskontinuirana, koju karakteriziraju svi nedostaci šaržne proizvodnje. Žumanjci jajeta se miješaju u mikseru dok se potpuno ne razbiju i homogeniziraju. Nakon toga se dodaju začini i miješaju, a potom se dodaje

manja količina octa i zatim se lagano dodaje ulje. Nakon što se sve ulje izmiješa, brzina miksera se smanjuje i na kraju se dodaje preostala količina octa. Bolja konzistencija postiže se dodatkom veće količine octa nakon emulgiranja cijele količine ulja.

2. Dobivanje emulzije upotrebom homogenizatora ili koloidnih mlinova

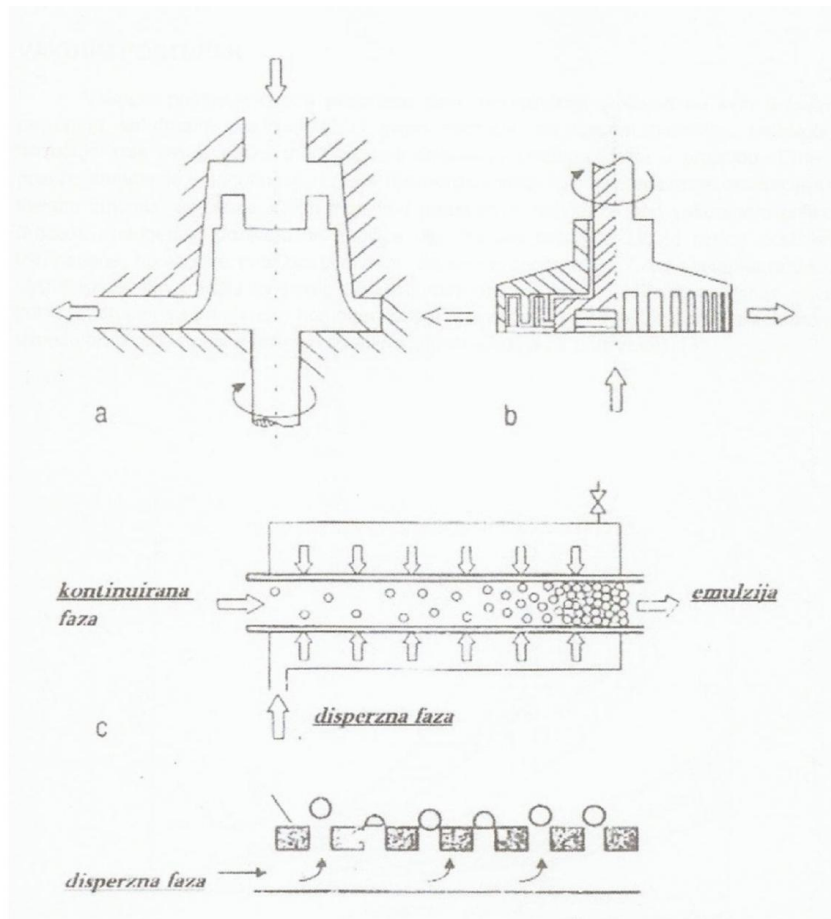
U drugom postupku proizvodnje majoneza koristi se uređaj za dobivanje stabilnih disperznih sustava, kao što su homogenizatori i koloidni mlinovi. Osnovni princip homogenizacije je predaja potrebne površinske energije radi razbijanja kapljica ulja i stvaranja novih, manjih sa većom ukupnom površinom. Veličina čestica dobivenih homogenizacijom su reda veličine jednog mikrona.

Koriste se homogenizatori koji rade na principu propuštanja materijala kroz otvore male veličine, pod visokim tlakom od 80 do 300 bara. Ovdje dolazi do smanjenja promjera kapljica ulja u ekstremno sitne kapljice, pri čemu se stvara stabilna i vrlo dobra emulzija. Postupak proizvodnje majoneze je kontinuiran. Potrebno je najprije u mikseru izmiješati žumanjke, jedan dio octa, začine i na kraju se dodaje ulje. Prilikom ovog miješanja stvara se stabilna emulzija ulje/voda. Na kraju se dodaje ostatak octa, te se emulzija propušta kroz homogenizator ili koloidni mlin.

Za homogenizaciju majoneze koristi se koloidni mlin i to obično uređaj sa konusnim rotorom. Osnovni element ovog mlina je rotor koji se okreće u konusnom statoru, a razmak među njima je vrlo mali i regulira se pomoću mikrovijka. Pogon se provodi preko remena ili elektromotora povezanog na osovinu. Majoneza se uvodi kroz donji otvor, a homogenizirani materijal izlazi kroz cijevi.

Uslijed velikih brzina okretaja rotora i malog promjera statora, između statora i rotora od 0,05 mm, materijal se kreće u veoma tankom sloju gdje postoji jako smicanje između dva filma tečenja, jednog na rotoru, a drugog na statoru. Uslijed razlike brzine kretanja filma koja može iznositi do 30125 m/s, dolazi do djelovanja koje se može usporediti sa djelovanjem noževa koji sijeku materijal koji se nalazi između dva obrtna polja. Broj okretaja rotora podešava se ovisno o viskozitetu materijala. Za materijale manje

konzistencije, broj okretaja je u rasponu od 1000 do 2000 u minuti, dok za viskoznije materijale iznosi i do 13600 °/min. Iz koloidnog mlina ili homogenizatora materijal se pumpom odvodi u rezervoar odakle se, automatskim putem, dovodi u dozator uređaja za punjenje. Punjenje i zatvaranje proizvoda je automatsko.



Slika 6 Primjeri principa rada uređaja za emulgiranje: a) koloidni mlin, b) nazubljeni rotirajući disk koloidnog mlina, c) membranski emulgator (Dvoržak, 2009.)

3. Vakuum postupak

Vakuum postupkom izrade majoneze dobiva se najkvalitetniji proizvod od svih proizvoda dobivenih drugim postupcima. U ovom postupku se tijekom procesa proizvodnje isključuje zrak, a to je velika prednost zbog smanjenja pristupa kisika u proizvod. Time se smanjuje mogućnost stvaranja mikroorganizama i sprječava se oksidacija ulja tijekom čuvanja majoneze. Osim toga, kod proizvodnje majoneze pod vakuumom, prilikom procesa emulgiranja dobivaju se kapljice ulja manjeg promjera, što je razlog postizanja ujednačene, homogene emulzije

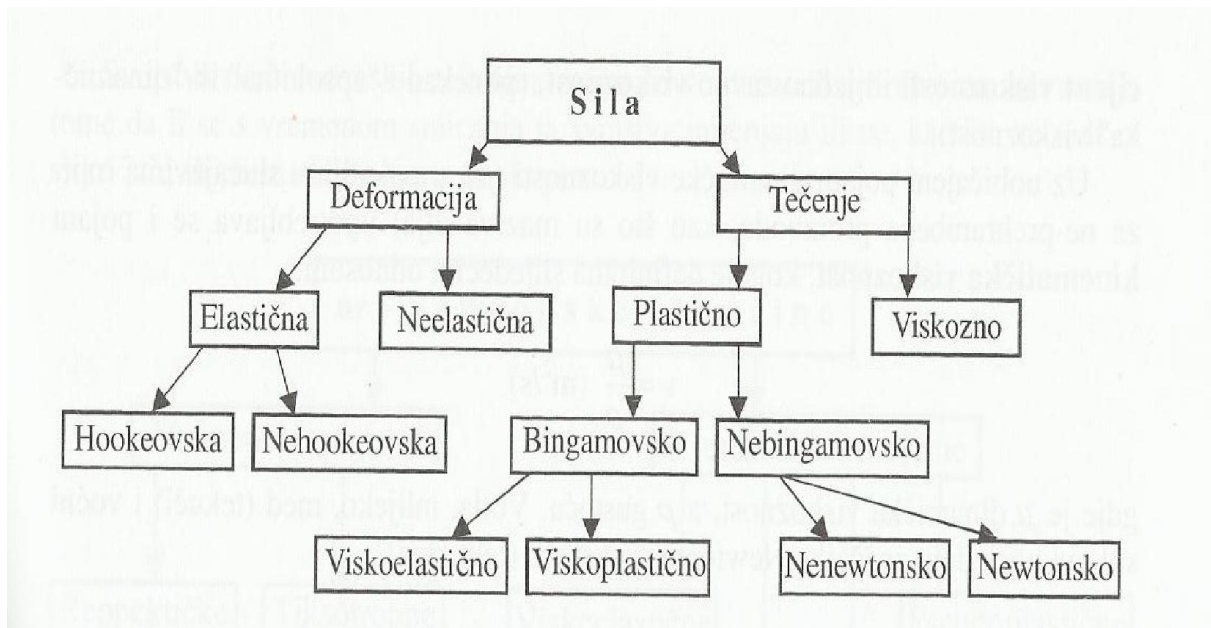
ulje/voda. Jedan od nedostataka ovog postupka je visoka cijena specijalnih uređaja za emulgiranje koji rade pod vakuumom, tako da se danas najviše koristi postupak sa primjenom homogenizatora ili koloidnog mlina, što predstavlja kompromis između proizvoda dobre kvalitete i relativno jeftinih uređaja za proizvodnju (Gugušev-Đaković, 1989.).

2.2. REOLOŠKA SVOJSTVA HRANE

Reologija je grana fizike koja se bavi proučavanjem deformacija i tečenja krutih i tekućih materijala podvrgnutih djelovanju sile. Nastala promjena oblika (deformacija) odnosno svojstva tečenja određuju reološka svojstva ispitivanog materijala.

Poznavanje reoloških svojstava nužno je za pravilno vođenje tehnoloških procesa i određivanje osnovnih značajki proizvoda, kako u prehrambenoj tako i u farmaceutskoj i kemijskoj industriji. Praćenjem reoloških svojstava sirovina, poluproizvoda i gotovih proizvoda moguće je utjecati na pojedine tehnološke parametre u smislu dobivanja proizvoda optimalne kvalitete (Lelas, 2006.)

Prema Mohsenimu materijali se, zavisno o ponašanju prema djelovanju naprezanja (sile), svrstavaju na sljedeći način:



Slika 7 Ponašanje materijala prema djelovanju sile (naprezanja) (Lovrić, 2003.)

▪ IDEALNE TEKUĆINE I KRUTINE

Idealne tekućine i idealni kruti materijali u stvarnosti ne postoje, jer različiti vanjski čimbenici utječu na njihove značajke. Kod namirnica su to kemijski sastav, temperatura, mikrobiološka aktivnost, kemijske i biokemijske reakcije i drugo. Zbog toga svaki materijal može pokazivati značajke i idealne tekućine i idealne krutine. Koja od značajki će prevladati ovisi o vanjskim uvjetima u kojima se materijal nalazi. Idealni kruti materijal može se izraziti kao Hookeova krutina, a idealna tekućina kao Newtonovska tekućina. Oboje su bez strukture (nema atoma), izotropni (imaju ista svojstva u svim pravcima) i ponašaju se prema određenim zakonitostima.

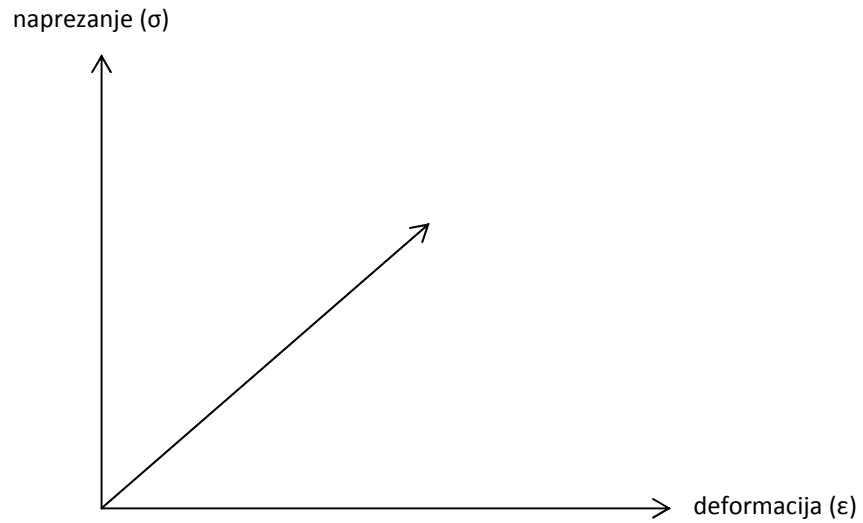
Osnovna reološka svojstva krutih materijala su elastičnost i plastičnost, a tekućih viskoznost.

▪ ELASTIČNOST

Idealna elastičnost postoji kada je naprezanje (σ) direktno proporcionalno nastaloj deformaciji (ϵ). Ovaj odnos je poznat kao Hookeov zakon:

$$\sigma = E \times \epsilon$$

E – modul elastičnosti ili Youngov modul

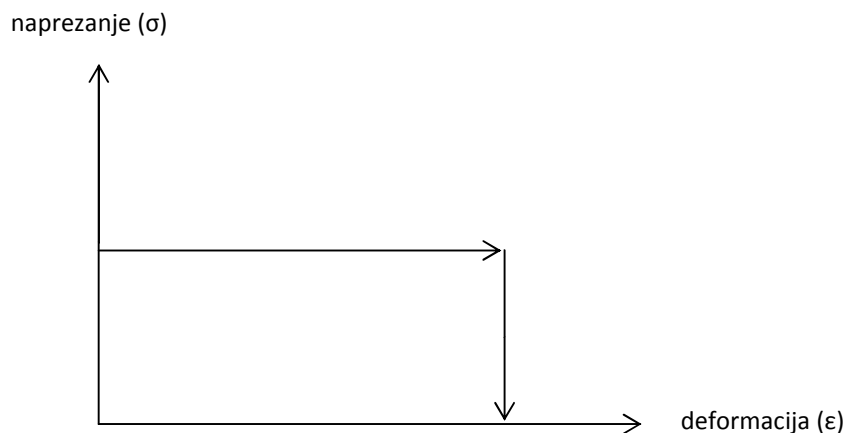


Slika 8 Prikaz elastičnog ponašanja materijala

Navedeni izraz može se primijeniti samo u slučaju kada je materijal podvrgnut djelovanju sile rastezanja ili kompresije, odnosno sili smicanja ili hidrostatskom tlaku, u kojem slučaju se umjesto modula elastičnosti uvodi pojam modula stlačivosti. Materijal je idealno elastičan kada se deformacija pojavi trenutačno s djelovanjem naprezanja, a nakon prestanka njegova djelovanja, deformacija iščezava. Kod namirnica, najveću elastičnost pokazuju kruh i pecivo.

- **PLASTIČNOST**

Materijal je plastičan ako podliježe trajnoj deformaciji u trenutku kada se postigne određeni prag naprezanja. Idealno plastično ponaša se tijelo na način kako je to prikazano na sljedećoj slici:

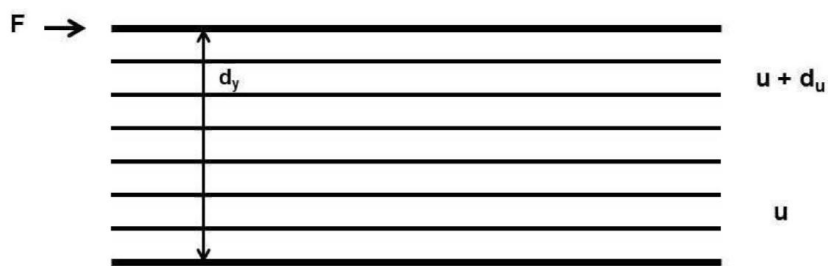


Slika 9 Prikaz plastičnog ponašanja materijala

Pod utjecajem malog napreznja (σ) nema deformacije (ϵ). Kada se napreznje poveća do vrijednosti σ_0 (prag napreznja) dolazi do deformacije koja se povećava (kod iste sile napreznja) sve dok ono traje. Nakon prestanka djelovanja sile napreznja materijal zadržava nastalu deformaciju. Plastična svojstva pokazuju sir, maslac, margarin i sl. (Lelas, 2006.)

▪ VISKOZNOST

Viskoznost se može jednostavno definirati kao unutrašnje trenje koje djeluje unutar fluida (tekućine), tj. kao otpor tečenju.



Slika 10 Prikaz viskoznog ponašanja tekućine (Lovrić, 2003.)

Na tekućinu na udaljenosti dy od donje plohe djeluje sila F . Tada se gornja ploha počinje gibati brzinom $u+du$, a donja se giba brzinom u . To unutar tekućine izaziva napreznje koje se može definirati kao sila koja djeluje na jedinicu površine F/A (N/m^2). Nastala deformacija se može izraziti kao gradijent brzine između dviju ploha – du/dy ($1/s$), a izraz koji to opisuje poznat je kao Newtonov zakon:

$$\tau = \mu \times (- du/dy) = \mu \times D$$

τ – smično napreznje (Pa) ili (N/m^2)

μ - koeficijent viskoznosti ili dinamička viskoznost (Pa s) ili ($N s/m^2$)

$-du/dy = D$ – gradijent brzine između dvije plohe, odnosno smična brzina (s^{-1}) (Lelas, 2006.).

Odnos smičnog naprezanja i brzine smicanja prikazan grafički, predstavlja pravac koji prolazi kroz ishodište. Prema tome, Newtonovski sustavi (fluidi, tekućine) su oni kod kojih postoji linearni odnos između smičnog naprezanja i brzine smicanja.

Tablica 2 Viskoznost nekih materijala pri sobnoj temperaturi (Lovrić, 2003.)

Materijal (fluid)	Viskoznost-približna (Pas)
Zrak	10^{-5}
Voda	10^{-3}
Maslinovo ulje	10^{-1}
Glicerol	100
Med (tekući)	101
Zlatni sirup	102

Plinovi imaju najnižu viskoznost, a jednostavne kapljevine poput vode, razrijeđenih otopina i organskih otapala vrlo nisku viskoznost. U pravilu, s povećanjem udjela suhe tvari viskoznost se povećava (Lelas, 2006.; Lovrić, 2003.).

2.2.1. REOLOŠKA SVOJSTVA TEKUĆIH NAMIRNICA

Reološko ponašanje gustih, viskoznih (ne-Newtonskih) tekućina znatno se razlikuje od ponašanja Newtonskih tekućina (viskoznost je kod određene temperature i tlaka stalna veličina, određena Newtonovim zakonom). Viskoznost ne-Newtonskih tekućina nije stalna i mijenja se s promjenom brzine smicanja. Ne-Newtonske tekućine pokazuju laminarno i turbulentno tečenje, pa se izrazita razlika u tečenju može uočiti samo pri dovoljno malim brzinama smicanja, tj. pri laminarnom tečenju. Kod turbulentnog tečenja i ne-Newtonske tekućine se ponašaju kao Newtonske, tj. viskoznost teži nekoj graničnoj konstantnoj vrijednosti. Odstupanje od Newtonovog zakona, kod ne-Newtonskih tekućina, objašnjava se različitim utjecajima, kao što su međumolekularno djelovanje, utjecaj koncentracije, veličina, oblik čestica i dr. Rezultat djelovanja ovih čimbenika je da viskoznost raste ili se smanjuje s porastom brzine smicanja (D). Zbog toga, kod ne-Newtonskih tekućina govorimo o prividnoj viskoznosti, budući da se mijenja sa brzinom smicanja, a u nekim slučajevima i s vremenom

smicanja. Pravidna viskoznost je u promatranoj točki nagib pravca koji spaja promatranu točku i koordinatni početak na dijagramu ovisnosti smičnog naprezanja i brzine smicanja. Opisivanje reoloških svojstava ne-Newtonskih tekućina, provodi se tako da se odrede reološki parametri: koeficijent konzistencije (k) i indeks tečenja (n). Izraz koji opisuje odnos između smičnog naprezanja i brzine smicanja, odnosno reoloških parametara većine ne-Newtonskih tekućina, određen je tzv. Ostwald-Reinerovim „stupnjevitim zakonom“

$$\tau = k \times (-du/dy)^n$$

ili

$$\tau = k \times D^n$$

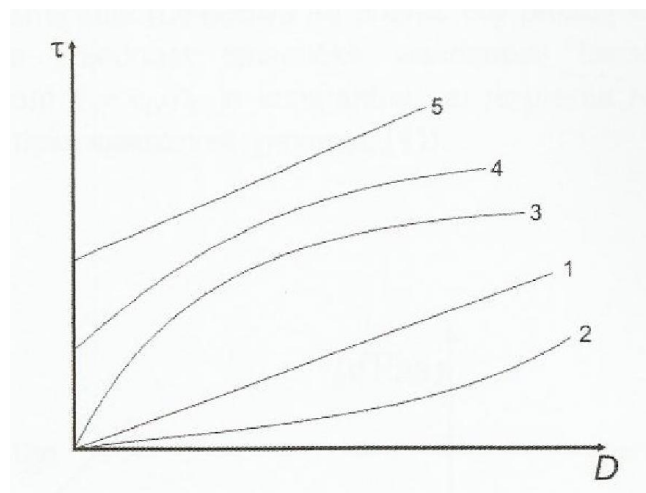
τ – smično naprezanje (Pa)

D – brzina smicanja (s^{-1})

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

n – indeks tečenja

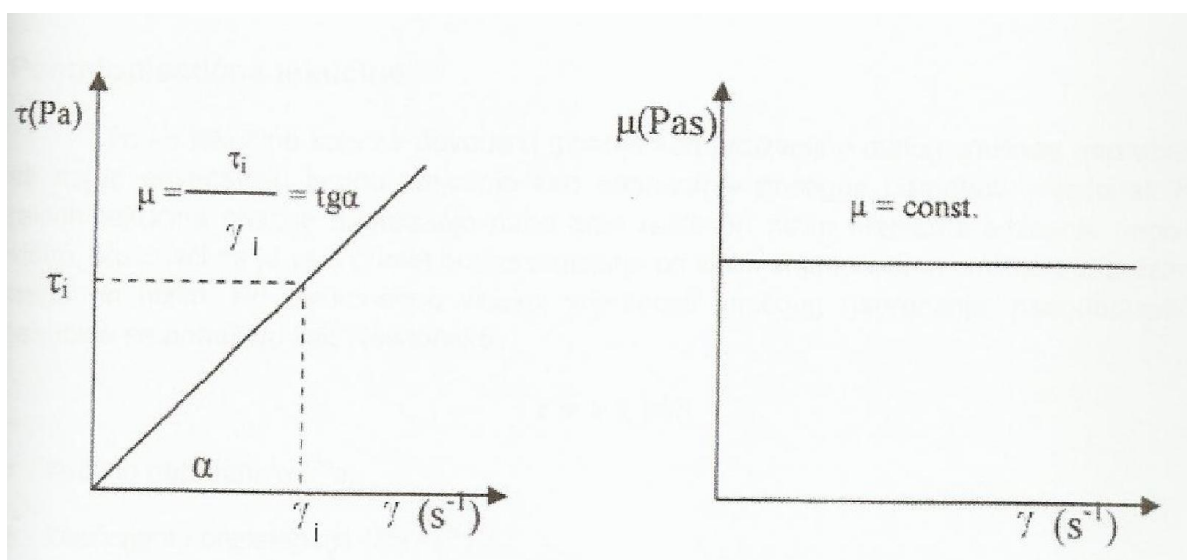
Prikaže li se grafički odnos između smičnog naprezanja i brzine smicanja, u ovom slučaju se dobije pravac ili krivulja čiji oblik i položaj ovisi o vrsti ispitivane tekućine (Lelas, 2006.)



Slika 11 Grafički prikaz ovisnosti smičnog naprezanja o brzini smicanja (Lelas, 2006.)

2.2.1.1. Newtonske tekućine

Kod Newtonskih tekućina, viskoznost je kod određene temperature i tlaka stalna veličina određena Newtonovim zakonom. Prikaže li se grafički odnos između smičnog naprezanja (τ) i brzine smicanja (D) dobiva se pravac koji prolazi kroz ishodište. Koeficijent smjera tog pravca je vrijednost dinamičke viskoznosti tekućine. Viskoznost neke tekućine određena izrazom $\mu = \tau_i/D_i$ je konstantna, jer je prema Newtonovom zakonu, pri određenoj temperaturi i tlaku viskoznost $\mu = \text{konst.}$ (Barulek, 2008.).



Slika 12 Ovisnost smičnog naprezanja i viskoznosti o brzini smicanja kod Newtonskih tekućina (Lovrić, 2003.)

Sve tekućine kod kojih je odnos smičnog naprezanja i brzine smicanja konstantan i može se izraziti Newtonovim zakonom, nazivaju se Newtonske tekućine. Takve tekućine su: voda, voćni sokovi, mlijeko, sirupi i dr. (Moslavac, 1999.).

2.2.1.2. Ne-Newtonske tekućine

Sve ne-Newtonske tekućine mogu se podijeliti u 2 glavne skupine:

1. Vremenski nezavisne

- **pseudoplastične tekućine**

Kod ovih sustava smično naprezanje puno brže raste pri nižim brzinama smicanja nego pri višim, a taj se odnos obično opisuje izrazom koji se naziva i Oswald-Reinerov zakon potencije:

$$\tau = k \times D^n$$

Vrijednost indeksa tečenja (n) kreće se od 0-1. Viskoznost pseudoplastičnih tekućina određena je izrazom: $\mu = k \times D^{(n-1)}$. U većini slučajeva, ponašanje ovog tipa ne-Newtonovskih fluida se pripisuje prisustvu visokomolekularnih tvari u otopini ili dipergiranih čvrstih čestica u tekućoj fazi. Primjeri pseudoplastičnih tekućina su: kondenzirano mlijeko, majoneza, senf, pire od banane, pire od jabuke, juhe od povrća. Ne-Newtonske tekućine najčešće pokazuju upravo pseudoplastično ponašanje (Lovrić, 2003.; Lelas, 2006.).

- **dilatantne tekućine**

Kod ovih sustava pri povećanja brzine smicanja naglo raste smično naprezanje, odnosno viskoznost, tako da je otpor sustava mnogo veći pri većim brzinama nego pri manjim, a opisuju se istim izrazom kao i pseudoplastični, s time da je vrijednost parametra indeksa tečenja (n) veći od 1.

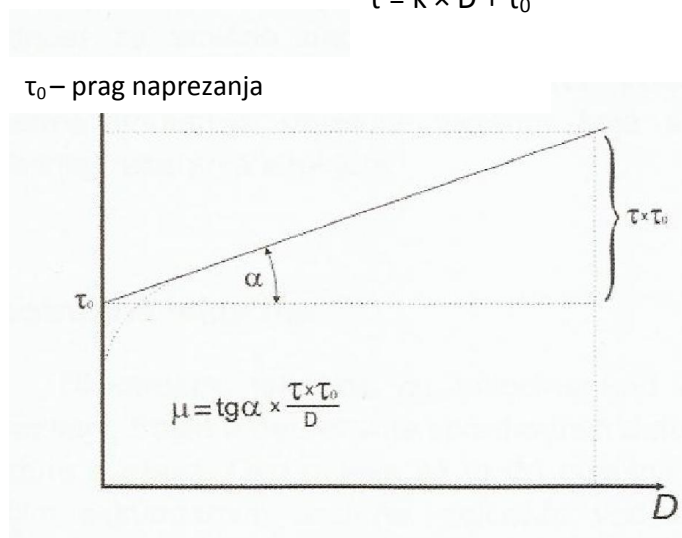
Po Reynoldsu, pod pojmom dilatacije podrazumijeva se pojava porasta krutosti koncentrirane suspenzije finih čestica, kada je unutarnji raspored čestica narušen nekim vanjskim djelovanjem. Pri tome, važnu okolnost čini volumna koncentracija suspendirane faze, veličina i oblik suspendiranih čestica, starost suspenzije i dr. Takvi sustavi podvrgnuti mehaničkom djelovanju u određenom smislu se „šire“, tj. suspendirane čestice povećavaju volumen koji su zauzimale unutar sustava pri mirovanju. Zbog toga se pojava dilatacije objašnjava različitim rasporedom okruglih čestica, pri mirovanju, pri sporom i bržem tečenju.

Primjer ovih tekućina je koncentrirana suspenzija, npr. 60%-tna suspenzija škroba u vodi (Lovrić, 2003.).

- **plastične tekućine**

Plastične kapljevine opisuju se pojmovima praga naprezanja (τ) i plastične viskoznosti izražene koeficijentom konzistencije (k). Glavna značajka ovih tekućina je da se kod malih vrijednosti smičnog naprezanja (ispod vrijednosti τ_0) ponašaju kao krutine i ne pokazuju nikakvu deformaciju sve dok se ne postigne prag naprezanja. Nakon toga, tekućine počinju teći, tj. poprimaju viskozni karakter. Takve se tekućine nazivaju još i Binghamovim i njihov se reološki karakter opisuje sljedećim izrazom:

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



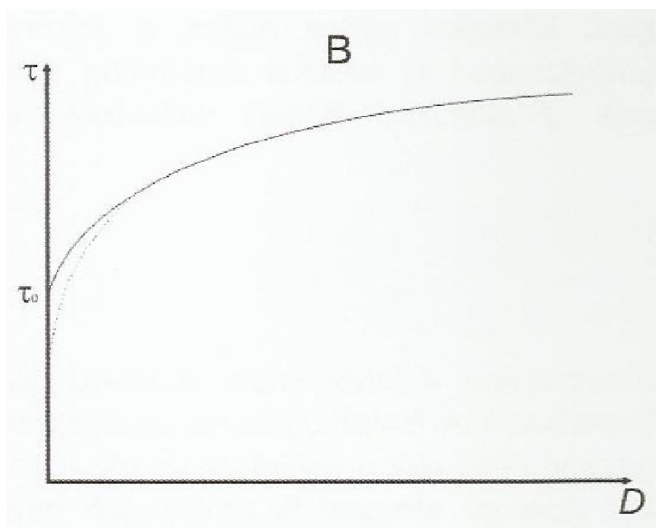
Slika 13 Grafički prikaz Binghamovog tipa plastičnog tečenja (Lovrić, 2006.)

Takvo tečenje nazivamo još i idealno plastično tečenje.

Osim Binghamovog plastičnog tečenja postoji i ne-Binghamovo plastično tečenje i dano je Herschela-Bulkley-ovim izrazom:

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

Takvi sustavi (materijali) nazivaju se tekućinama mješovitog tipa. Svojstva plastičnih materijala pokazuju razne vrste masti, krema, pasta, otopljene čokoladne mase i dr. (Lovrić, 2003.; Lelas, 2006.).



Slika 14 Grafički prikaz ne-Binghamovog plastičnog ponašanja (Lovrić, 2003.)

2. vremenski zavisne

Kod ovih sustava smično naprezanje ne ovisi samo o brzini smicanja, nego i o vremenu:

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

Viskoznost ovih tekućina mijenja se s vremenom, što znači da pri određenoj brzini smicanja (D) na početku mjerenja reoloških svojstava odgovara jedna vrijednost za smično naprezanje (uzlazno mjerenje), a nakon nekog vremena druga vrijednost kod povratnog mjerenja. Uzrok ovakvog ponašanja sustava je uspostavljanje određene unutarnje strukture vezama koje se oslobađaju tijekom smicanja, tj. zbog prvobitnog razaranja strukture.

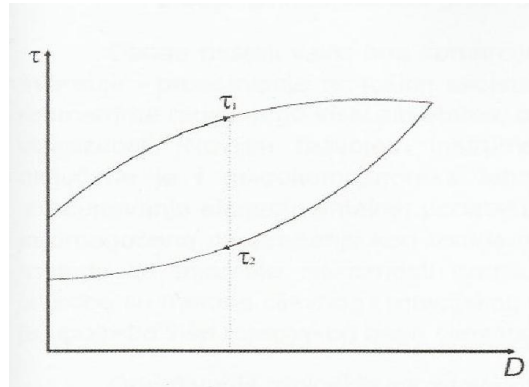
- **tiksotropne tekućine**

Sustavi kod kojih unutarnji otpor ovisi o primijenjenom naprezanju, trajanju naprezanja i prethodnim deformacijama, pri čemu dolazi do narušavanja strukture, a viskoznost se smanjuje s trajanjem naprezanja. Kada prestane djelovanje naprezanja, dolazi do ponovnog uspostavljanja početne strukture i porasta viskoznosti.

Mjerilo tiksotropnosti nekog fluida je površina tzv. tiksotropne petlje, kod koje uzlazna krivulja pokazuje početno stanje, kada struktura nije razorena, a silazna

krivulja razoreno stanje, dok površina petlje predstavlja energiju potrebnu za razaranje tiksotropne strukture.

Primjer ovih struktura su koncentracije rajčice i različite kreme.

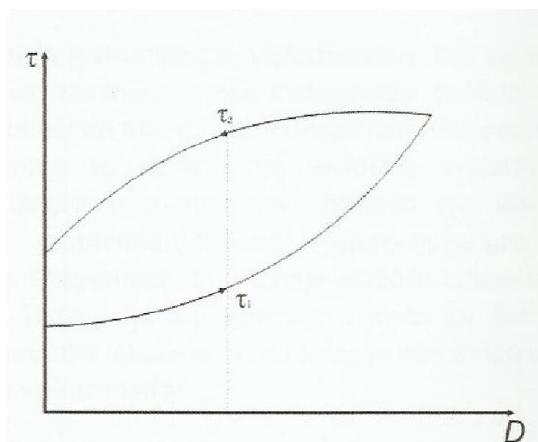


Slika 15 Grafički prikaz ponašanja tiksotropne tekućine (Lelas, 2006.)

- **reopektičke tekućine**

Ovi sustavi pokazuju suprotno ponašanje od tiksotropnih, tj. s vremenom naprezanja povećava se konzistencija. Ova pojava naziva se antitiksotropija- djelovanjem smicanja dolazi do porasta viskoznosti (konzistencije), a pri mirovanju dolazi do pada.

Primjer navedenog ponašanja je tučeno vrhnje.



Slika 16 Grafički prikaz ponašanja reopektičke tekućine (Lelas, 2006.)

- **viskoelastični sustavi**

Kod primjene smičnog naprežanja ovi sustavi pokazuju i elastično i plastično ponašanje. Međutim, od plastičnih fluida se razlikuju u tome što se oba navedena svojstva javljaju istovremeno, s time da nakon prestanka naprežanja, smicanje u materijalu ne prestaje u potpunosti.

Viskoelastična svojstva pokazuju mnogi polutekući proizvodi poput tijesta, nekih sireva i većina želiranih proizvoda (Lovrić, 2003.).

2.2.2. ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA REOLOŠKA SVOJSTVA

1) Temperatura

Jedan od najvažnijih čimbenika koji imaju najveći utjecaj na reološka svojstva hrane je temperatura. Stoga ju je prilikom mjerenja potrebno stalno kontrolirati i održavati konstantnom, a uz podatak za viskoznost uvijek navesti i temperaturu kod koje je određena. Utjecaj temperature različit je kod različitih materijala. Dok se kod većine plinova s porastom temperature viskoznost povećava, ona se kod kapljevine smanjuje. Promjena viskoznosti Newtonovskih i nekih ne-Newtonovskih tekućina u ovisnosti o temperaturi može se izraziti Arrheniusovom jednadžbom:

$$\mu = A \times e^{E_a/RT}$$

A – konstanta

E_a – energija aktivacije

R – opća plinska konstanta (8,314 kJ/molK)

T – apsolutna temperatura (K)

Parametar ΔE izražava energetska barijeru koju je potrebno prijeći da bi došlo do trenja. Ta barijera ovisna je o koheziji između molekula tekućine. Visoka vrijednost ΔE upućuje na činjenicu da su molekule čvrsto povezane i da je potrebna znatna energija da bi se tekućina dovela u stanje laminarnog tečenja. Energija aktivacije viskoznog tečenja za Newtonske tekućine može se izvesti iz podataka dobivenih mjerenjima na viskozimetru, tako da se u semilogaritamskom

koordinatnom sustavu prikaže ovisnost viskoznosti (logaritamska ordinata) i recipročne vrijednosti apsolutne temperature (apscisa).

Temperatura utječe ne samo na viskoznost materijala, nego i na njihov reološki karakter. Tako npr. 60%-tna otopina saharoze s dodatkom želatine pri temperaturi od 20°C ima dilatantna svojstva, kod 0°C pseudoplastična svojstva, a kod -10°C tiksotropna svojstva (Lovrić, 2003.).

2) Utjecaj kemijskog sastava

Brojnim istraživanjima utvrđeno je da reološka svojstva u velikoj mjeri ovise kako o udjelu suhe tvari tako i o kemijskom sastavu. Pritom je zapaženo da se s povećanjem udjela suhe tvari istog proizvoda viskoznost povećava. Znatno veći utjecaj od udjela suhe tvari na viskoznost nekog materijala, ima njegov kemijski sastav. Osim dobro poznate činjenice da neki hidrokoloide u znatnoj mjeri povećavaju viskoznost nekih tekućina, utvrđeno je da i drugi sastojci hrane mogu utjecati na njenu viskoznost.

Tako npr. mlijeko različitog kemijskog sastava ima i različitu viskoznost, pa ono s više masti ima veću viskoznost. Različita jestiva ulja sadrže različite masne kiseline zbog čega im viskoznost nije jednaka. Ona ulja koja sadrže više masne kiseline i više zasićenih masnih kiselina su viskoznija.

3) Utjecaj tehnološkog procesa

Reološka svojstva hrane u velikoj mjeri ovise i o primijenjenim postupcima njene pripreme, načinu konzerviranja i uvjetima čuvanja. Do najvećih promjena tih svojstava dolazi tijekom miješanja, homogenizacije, toplinskog tretiranja, koncentriranja, ekstrudiranja, smrzavanja te fermentacije.

Miješanje koje se primjenjuje u različitim područjima prehrambene industrije (u proizvodnji sladoleda, krema, maslaca, majoneze i dr.) ima za posljedicu postizanje određenih organoleptičkih i reoloških značajki proizvoda. Promijenjeni uvjeti miješanja (brzina, vrijeme, temperatura) mogu utjecati i na viskoznost proizvoda, pa njegovo praćenje tijekom miješanja predstavlja nužan čimbenik kontrole kvalitete proizvoda.

Homogenizacijom se povećava stabilnost i postiže određena viskoznost različitih tekućih i polutekućih proizvoda. Tako npr. pri proizvodnji majoneze ili mlijeka dolazi do povećanja viskoznosti, dok se pri proizvodnji koncentriranih sokova citrusa ona smanjuje.

Primjena *topline* u procesima proizvodnje različitih proizvoda također ima znatan utjecaj i na njihova reološka svojstva. Tako primjena „hot“ postupka pri dobivanju soka od rajčice znatno povećava njegovu viskoznost, a što ovisi o mikrostrukturi dobivenog soka, odnosno kaše. Uvjeti provođenja termičke sterilizacije pojedinih sirovina utječu na reološke značajke gotovih proizvoda, pa će viskoznost jogurta biti manja ukoliko se primjenjuju više temperature sterilizacije mlijeka, a viskoznost majoneze veća ukoliko su žumanjci jaja pasterizirani pri višim temperaturama (Lelas, 2006.).

2.2.3. UREĐAJI ZA MJERENJE REOLOŠKIH SVOJSTAVA

Za određivanje reoloških svojstava danas se koriste brojni tipovi instrumenata (viskozimetara, reometara) koji rade na različitim principima, a prilagođeni su specifičnim zahtjevima u pogledu primjene i točnosti (preciznosti) rezultata. Novijim razvojem instrumenata za određivanje reoloških svojstava hrane uključena je i mikrokompjuterska tehnologija u reometrima. Pomoću nje olakšano je izračunavanje eksperimentalnih podataka i proračuna dobivenih mjerenjem na uređajima, te je omogućeno unapređenje kod izvođenja eksperimenata. Postoje različite ekperimentalne metode za mjerenje viskoznosti hrane. Dvije koje se najčešće koriste za komercijalnu izvedbu su metode cijevnog i rotacijskog protoka tekućine (Lovrić, 2003.; Moslavac, 1999.).

Određivanje reoloških svojstava namirnice najčešće se provodi na dva načina:

- kapilarnim viskozimetrima (reometrima)
- rotacijskim viskozimetrima (reometrima)

2.2.3.1. Kapilarni viskozimetri

Kapilarni viskozimetri su instrumenti kod kojih se mjeri vrijeme za koje određeni volumen tekućine, čija se svojstva žele odrediti, prolazi kroz kapilaru poznatih dimenzija. Odnos između smičnog naprezanja i brzine smicanja dobiva se mjerenjem tlaka koji tjera tekućinu kroz cijev i protoka tekućine u cijevi. Mjerenje reoloških svojstava primjenom ovih reometara temelji se na Poiseuilleovom zakonu koji glasi: volumen tekućine koja istječe iz neke posude kroz kapilaru promjera (r) proporcionalan je vremenu istjecanja (t), razlici tlakova (Δp) na krajevima kapilare, a obrnuto proporcionalan duljini kapilare (l) i viskoznosti tekućine (μ) pri konstantnoj temperaturi.

Tečenje tekućine kroz kapilaru reometra može se opisati Poiseuilleovom jednadžbom:

$$\frac{r\Delta P}{2l} = \mu \frac{32Q}{\pi d^3}$$

Da bi mjerenje bilo moguće moraju biti zadovoljene sljedeće pretpostavke:

- ✓ tečenje je stalno
- ✓ svojstva tekućine su neovisna o vremenu
- ✓ tečenje je laminarno
- ✓ tekućina je nestlačiva
- ✓ viskoznost tekućine ne ovisi o tlaku
- ✓ mjerenje se izvodi kod izotermičkih uvjeta (Lelas, 2006.).

2.2.3.2. Rotacijski viskozimetri

Rotacijski viskozimetri (reometri) se danas najčešće koriste za mjerenje reoloških svojstava hrane jer imaju jednostavniji princip rada. Svaka izvedba ima svoje prednosti i nedostatke, a izbor je obično određen svojstvima materijala koji se ispituje. Viskozimetri se sastoje od dva različita tijela, od kojih jedno rotira, drugo miruje, a međusobno su u vezi preko sloja tekućine kojoj se određuje viskoznost. Ovisno o viskoznosti tekućine, sa površine jednog mjernog tijela prenosi se određeni zakretni moment na tekućine, dobivaju se podaci za izračunavanje viskoziteta.

S obzirom na izvedbu, rotacijski reometri se mogu podijeliti u tri skupine:

- reometri sa stošcem i pločom

- reometri s koncentriranim cilindrima
- reometri s paralelnim pločama (Moslavac, 2006.)

▪ REOLOŠKA SVOJSTVA MAJONEZE

Poznavanje reoloških svojstava hrane važno je iz više razloga:

- definiranje uvjeta procesa proizvodnje
- kontrola kvalitete tijekom proizvodnje
- skladištenja i transporta
- praćenja i mogućnosti povećanja stabilnosti procesa
- za izvedbu procesa tečenja
- koriste se kao bitni parametri u ocjeni kakvoće gotovih proizvoda

Majoneze predstavljaju najvažnije prehrambene polukrute emulzije ulja u vodi, to su sustavi u kojima reološka svojstva imaju značajan utjecaj na funkcionalna svojstva i senzorsku kvalitetu proizvoda (Mancini, 2002.).

Reološka svojstva majoneze istraživali su razni autori čiji rezultati ukazuju na to da pojedini sastojci utječu promjene tih svojstava. Poznavanje reoloških svojstava ovih proizvoda značajno je kod kreiranja određene konzistencije majoneze (Štern i sur., 2001.) u kontroli kvalitete tijekom proizvodnje, skladištenja i transporta (Juszczak i sur., 2003.). Reološka svojstva majoneze, salatnih preljeva i umaka uglavnom su određena udjelom i sastavom uljne faze, prisutnošću emulgatora, stabilizatora i zgušnjivača (Wendin i Hall, 2001.). Kvaliteta ovako dobivenih proizvoda tipa emulzije ulje/voda, kao i njihova stabilnost i viskoznost ovisi o postupku homogeniziranja (Wendin i sur., 1999.), o dispergiranošću kapljica biljnih ulja u vodenoj kontinuiranoj fazi majoneze, žumanjku jajeta (Guilmineau i Kulozik, 2007; Xiong i sur., 2000; Laca i sur., 2010.), vrsti ugljikohidrata (Ruiling i sur., 2011.) te udjelu i vrsti mliječne komponente, pri čemu se važnost pridaje proteinima mlijeka.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Zadatak istraživanja u ovom diplomskom radu je ispitati:

- ✓ Utjecaj brzine rotacije rotora homogenizatora (10 000, 12 000, 15 000 °/min), tijekom 3 minute homogenizacije, na reološka svojstva salatne majoneze uz dodatak kaše banane, mjereno pri temperaturama 10 °C i 25°C.
- ✓ Utjecaj vremena homogenizacije (1, 3, 5 minuta), kod brzine rotora 10 000 °/min na reološka svojstva salatne majoneze uz dodatak kaše banane, mjereno pri temperaturama 10°C i 25°C.
- ✓ Utjecaj žumanjka jajeta (svježi žumanjak, cijelo jaje u prahu, svježi pasterizirani žumanjak) na reološka svojstva salatne majoneze, uz dodatak kaše banane izrađene tijekom 3 minute homogenizacije i brzine rotora od 10 000 °/min, mjereno pri temperaturama 10°C i 25°C.
- ✓ Utjecaj mliječne komponente (obrano mlijeko u prahu, punomasno mlijeko u prahu, sirutka u prahu, sojin napitak u prahu) na reološka svojstva salatne majoneze, uz dodatak kaše banane, izrađene tijekom 3 minute homogenizacije i brzine rotora 10 000 °/min, mjereno pri temperaturama 10°C i 25°C.
- ✓ Utjecaj vrste ugljikohidrata (glukoza, fruktoza, laktoza, saharoza, inulin HD, bagremov med) na reološka svojstva salatne majoneze, uz dodatak kaše banane, izrađene tijekom 3 minute homogenizacije kod brzine rotora od 10 000 °/min, mjereno pri temperaturama 10°C i 25°C.

Reološka svojstva ispitivanih uzoraka salatne majoneze provedena su mjerenjem na rotacijskom viskozimetru odmah nakon izrade majoneze, pri temperaturama 10°C i 25°C.

3.2. MATERIJALI I METODE

3.2.1. MATERIJALI

Materijali koji su korišteni za izradu salatne majoneze s kašom banane:

1. **Uljna faza - 65%** (rafinirano suncokretovo ulje 45%, hladno prešano bučino ulje 10%, rafinirano rižino ulje 10%)
2. **Ugljikohidrati - 4%** (glukoza, fruktoza, laktoza, saharoza, inulin HD, bagremov med)
3. **Alkoholni ocat - 4%**
4. **Žumanjak kokošjeg jajeta - 6%** (svježi, pasterizirani, cijelo jaje u prahu)
5. **Morska sol - 1%**
6. **Destilirana voda - 10,9%**
7. **Senf - 1%**
8. **Mliječna komponenta - 3%** (punomasno mlijeko u prahu, obrano mlijeko u prahu, sirutka u prahu, sojin napitak u prahu)
9. **Voćna komponenta - 5%** (kaša banane)
10. **Vinska kiselina - 0,1%**

Jestiva biljna ulja

Za izradu salatne majoneze korištene su sljedeće vrste jestivih biljnih ulja:

- **Suncokretovo ulje**
 - rafinirano, linolni tip

Proizvođač: Bimal d.d., Brčko

Tablica 3 Deklaracija jestivog suncokretovog ulja

100 g proizvoda prosječno sadrži	
Energetska vrijednost	900kcal/3700kj
Bjelančevine	0 g
Ugljikohidrati	0 g
Masti	100 g

- **Hladno prešano bučino ulje**

- 100 % hladno prešano

Proizvođač: domaći proizvod koštica golica iz općine Lukač

- **Rižino ulje**

- rafinirano
- sastojci: ulje od riže, vitamin E (0,04%)

Proizvođač: Riso Scotti, (Olio di Riso)

Ugljikohidrati

Za izradu salatne majoneze korišteni su sljedeći ugljikohidrati:

- **D-(+)-glukoza**

- bezvodna ($C_6H_{12}O_6$), monosaharid

Proizvođač: Claro-Prom d.o.o.

- **Fruktoza**

- monosaharid ($C_6H_{12}O_6$)

Proizvođač: „Merck“

- **Laktoza-(+)**

- disaharid ($C_{12}H_{22}O_{11}$)

Proizvođač: „Carlo Erba“

- **Saharoza**

- disaharid ($C_{12}H_{22}O_{11}$)
- bijeli kristalni

Proizvođač: „Premijer“-tvornica šećera, Osijek

Tablica 4 Deklaracija bijelog kristalnog šećera

100 g proizvoda prosječno sadrži	
Šećer	min. 99,7%
Proteini	0 g
Masti	0 g
Ostali ugljikohidrati	0 g
Energetska vrijednost	1675kJ (399 kcal)/100 g

- **Inulin HD**
 - polisaharid
- **Med bagrem**

Alkoholni ocat

- prirodni
- udio octene kiseline 4%

Proizvođač: Sitoy vtc d.o.o., Virovitica

Svježi žumanjak kokošjeg jajeta

Proizvođač: K plus

Klasa A, razred M

Morska sol

- Paška, morska, sitna, jodirana

Proizvođač: Solana Pag d.d.

Senf

- sastojci: voda, sjeme gorušice (19%), alkoholni ocat, šećer, kuhinjska sol, začini, bojilo: obični karamel, zgrušivač E415 (ksantan guma), konzervans E202 (K-sorbat), aroma estragona (0,003%)

Proizvođač: Podravka

Mliječna komponenta

Za izradu salatne majoneze korištene su sljedeće vrste mliječnih komponenti:

- **Sirutka u prahu**

Proizvođač: „Zdenka“-mliječni proizvodi d.o.o.

Tablica 5 Deklaracija sirutke u prahu

100 g proizvoda prosječno sadrži	
Laktoza	73-75%
Bjelančevine	11-14%
Pepeo	7-10%
Voda	do 6%
Ml.mast u suhoj tvari	do 2%

- **Obrano mlijeko u prahu**

- sadrži max. 5% vode, min. 1,5% mliječne masti

Proizvođač: „Dukat“ d.d.

- **Punomasno mlijeko u prahu**

- sadrži max. 5% vode, min. 26% mliječne masti

Proizvođač: „Dukat“ d.d.

- **Sojin napitak u prahu**

- sastojci: kukuruzni sirup, djelomično hidrogenirano sojino ulje (20%), termički obrađena soja (13%), soja protein (13%), regulator kiselosti: E340, emulgator: soja lecitin i E471, tvar za sprječavanje zgrudnjavanja: silikon dioksid, arome
- može sadržavati orašaste plodove i sezam
- bez glutena i laktoze

Proizvođač: „So Vita“

- **Vinska kiselina**

- $C_4H_6O_6$, $M = 150,09 \text{ g/mol}$

Proizvođač: Skopje

- **Voćna komponenta**

- kaša banane, svježe pripremljena
-

3.2.2. METODE

3.2.2.1. Priprema uzorka

U Tablici 6 prikazana je receptura za proizvodnju salatne majoneze s kašom banane.

Tablica 6 Osnovna receptura za pripremu uzorka salatne majoneze

Sastojci	Uzorak	
	Udio (%)	Masa (g)
9)Suncokretovo ulje	45	90
Bučino ulje	10	20
Rižino ulje	10	20
Glukoza	4	8
Alkoholni ocat	4	8
Pasterizirani žumanjak	6	12
Morska sol	1	2
Destilirana voda	10,9	21,8
Senf	1	2
Sirutka u prahu	3	6

Voćna komponenta	5	10
Vinska kiselina	0,1	0,2
Ukupno	100	200

Uzorak salatne majoneze s kašom banane pripremljen je tako da se ukupna količina biljnog ulja (65 %) podijeli na dvije jednake polovine, u dvije čaše. Ostali sastojci se zasebno izvažu u čašice, odnosno na satna stakla (sol šećer, senf, vinska kiselina). U čašu s polovinom ulja se dodaje prvo žumanjak, a zatim svi ostali sastojci. Započinje homogenizacija uzorka, a tijekom prvih tridesetak sekundi se dodaje druga polovica ulja.

Homogenizacija se nastavlja do isteka 3 minute (odnosno određenog vremena homogeniziranja i brzine rotacije rotora, ovisno o utjecaju koji ispituujemo). Svi uzorci salatne majoneze pripremljeni su pri sobnoj temperaturi na 25°C u količini od 200 g. Prilikom proizvodnje salatne majoneze korišten je laboratorijski homogenizator D-500 (Wiggenahuser, Njemačka-Malezija) koji može raditi pri različitim brzinama rotacije rotora (od 10 000 do 30 000 °/min).

3.2.2.2. Priprema kaše banane

Banane oguliti i izrezati na komadiće, blanširati 2 minute na 80°C. U vodu dodati jednu žlicu šećera, ocijediti na cjedilu, posuti askorbinskom kiselinom, promiješati i miksati. Pred kraj miksiranja dodati još malo askorbinske kiseline i izmiksati do kraja. Staviti u plastične posude.

3.2.2.3. Određivanje reoloških svojstava majoneze

- **Utjecaj brzine rotacije rotora homogenizatora**

Tijekom određivanja utjecaja brzine rotora homogenizatora (sustav rotor ER 30 i stator S30F) na reološka svojstva salatne majoneze, koristila se osnovna receptura za pripremu standardnog uzorka, te vrijeme izrade majoneze 3 minute pri različitim brzinama rotora, mjereno pri temperaturama od 10°C i 25°C.

Tablica 7 Primijenjena brzina rotora za pojedini uzorak salatne majoneze

	Uzorak 1	Uzorak 2	Uzorak 3
Brzina rotora (o/min)	10 000	12 000	15 000

- **Utjecaj vremena homogenizacije**

Za određivanje utjecaja vremena homogenizacije (1, 3, 5 minuta) na reološka svojstva salatne majoneze korištena je osnovna receptura za pripremu uzorka pri brzini rotora 10 000 °/min i temperaturama mjerenja od 10°C i 25°C.

Tablica 8 Vrijeme homogenizacije za pojedini uzorak

	Uzorak 4	Uzorak 5	Uzorak 6
Vrijeme homogenizacije (min)	1	3	5

- **Utjecaj mliječne komponente, žumanjka, vrste ugljikohidrata**

Za određivanje utjecaja mliječne komponente, žumanjka i vrste ugljikohidrata na reološka svojstva salatne majoneze korištena je osnovna receptura za pripremu uzorka, vrijeme homogenizacije je 3 minute, brzina rotora 10 000 °/min, mjereno pri temperaturama od 10°C i 25°C.

Tablica 9 Utjecaj sastojaka majoneze za pojedini uzorak

	Utjecaj mliječne komponente
Uzorak 7	Obrano mlijeko u prahu
Uzorak 8	Punomasno mlijeko u prahu
Uzorak 9	Sirutka u prahu
Uzorak 10	Sojin napitak u prahu

	Utjecaj žumanjka
Uzorak 11	Svježi žumanjak
Uzorak 12	Cijelo jaje u prahu
Uzorak 13	Pasterizirani žumanjak
	Utjecaj vrste ugljikohidrata
Uzorak 14	Glukoza
Uzorak 15	Fruktoza
Uzorak 16	Laktoza
Uzorak 17	Saharoza
Uzorak 18	Inulin HD
Uzorak 19	Med bagrem

Uređaj za homogenizaciju ima sustav rotor/stator koji se koristi za izradu emulzije tipa ulje/voda (majoneza).

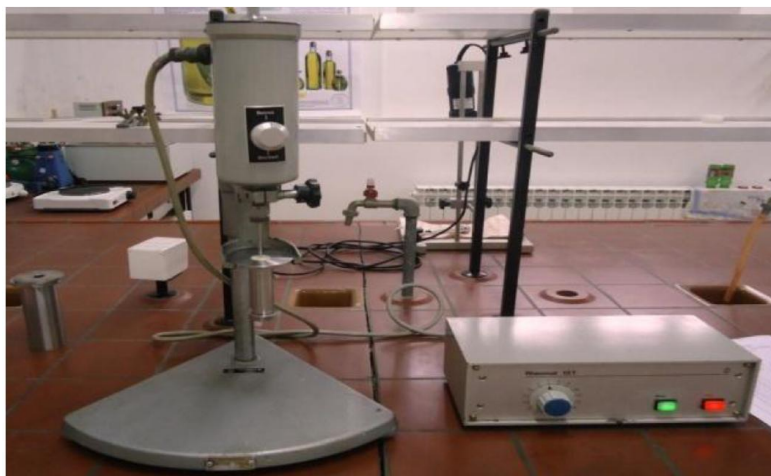


Slika 17 Laboratorijski homogenizator

3.2.2.4. Mjerenje reoloških svojstava

Mjerenje reoloških svojstava uzoraka salatne majoneze s kašom banane provedeno je primjenom rotacijskog viskozimetra, model „Rheomat 15T“, sa konusnim mjernim tijelima i cilindričnim posudama u koje se uranjaju mjerna tijela. Uređaj se sastoji od mjerne glave, cilindrične posude sa odgovarajućim konusnim mjernim tijelima i

elektronske jedinice. Mjerna glava se sastoji od posebno konstruiranog mehanizma za mjerenje zakretnog momenta. Na donjem dijelu mjerne glave učvršćuje se mjerno tijelo, dok se na gornjem dijelu nalazi skala sa kazaljkom podjeljena od 1 do 100%. Za vrijeme mjerenja kazaljka pokazuje postotak otklona skale koji je proporcionalan zakretnom momentu, koji ovisi o viskozitetu, odnosno konzistenciji uzorka u koje je mjerno tijelo uronjeno. Viskozimetar ima pet konusnih mjernih tijela različitih dimenzija i težine. Uz svako mjerno tijelo ide odgovarajuća cilindrična posuda u koju se stavlja uzorak čija se svojstva mjere, a u uzorak se uranja mjerno tijelo. Odgovarajuće mjerno tijelo i cilindrična posuda čine određeni mjerni sustav.



Slika 18 Rotacijski viskozimetar, model „Rheomat“ 15T

Postupak mjerenja reoloških svojstava svježe izrađene salatne majoneze s kašom banane proveden je pri sobnoj temperaturi 25°C na dan proizvodnje, pri brzini smicanja uzlazno ($2,18 \text{ s}^{-1}$ do $137,1 \text{ s}^{-1}$) i silazno ($137,1 \text{ s}^{-1}$ do $2,18 \text{ s}^{-1}$), te nakon hlađenja na temperaturi od 10°C.

3.2.2.5. Određivanje reoloških parametara

Primjenom metode linearne regresije, pomoću programa Microsoft Excel, izračunate su vrijednosti reoloških parametara koeficijenta konzistencije (k) i indeksa tečenja (n). Do vrijednosti tih parametara može se doći i grafičkim putem. Iz dijagrama ovisnosti smičnog naprezanja (τ) o brzini smicanja (D) vidljivo je da ispitivani uzorci salatne majoneze pripadaju ne-Newtonskim tekućinama prema kojima se odabire odgovarajuća jednadžba za izračunavanje koeficijenta konzistencije (k) i indeksa tečenja (n).

Svrstavaju se u pseudoplastične tekućine sa manje ili više izraženom tiksotropnom petljom. Za izračun reoloških parametara koeficijenta konzistencije (k) i indeksa tečenja (n) primjenjen je Ostwald-Reinerov „stupnjeviti zakon“:

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

Gdje je:

τ – smično naprezanje (Pa)

D – brzina smicanja (s^{-1})

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

n – indeks tečenja

Izračun parametara prividne viskoznosti uzorka majoneze se provodi pomoću sljedećeg izraza:

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

Iz dijagrama logaritamskih vrijednosti smičnog naprezanja i brzine smicanja, aproksimacijom dobivenih točaka dobije se pravac čiji nagib, odnosno tangenta kuta neke točke na pravcu, predstavlja indeks tečenja (n). Točnija vrijednost za indeks tečenja dobije se računskim putem iz jednadžbe linearne regresije koja glasi:

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x} \quad b = \frac{s_{xy} - \bar{y} s_x}{s_x^2 - \bar{x} s_x} \quad Y = a + b \cdot x$$

Uvrštavanjem izraza za „a“ u jednadžbu linearne regresije dobije se oblik:

$$Y = \bar{y} - b\bar{x} + bx = \bar{y} + b(x - \bar{x})$$

Gdje je:

b – koeficijent smjera ili nagib pravca ($b=n$)

x i y varijable ($x = \log D$, $y = \log \tau$)

\bar{x} i \bar{y} - aritmetička sredina x i y

Logaritmiranjem jednadžbe prevodimo je u oblik jednadžbe pravca:

$$\log \tau = \log k + n \log D$$

Indeks tečenja (n) predstavlja koeficijent smjera ili nagib pravca ($n = b$) i izračunava se po navedenoj jednadžbi za „ b “. Koeficijent konzistencije (k) izračunava se tako da se u gornju jednadžbu uvrste odgovarajuće vrijednosti za $\log \tau$ i $\log D$ za neku od točaka koje se nalaze na pravcu.

$$\log k = \log \tau - n \log D$$

Iz $\log k$ se antilogaritmiranjem izračuna koeficijent konzistencije k ($\text{Pa} \cdot \text{s}^n$)

Točniju vrijednost za parametar „ k “ dobijemo izračunavanjem linearne regresije za neku od točaka prema jednadžbi:

$$Y = \bar{y} + b \cdot (x - \bar{x})$$

Dobivena vrijednost Y odgovara nekoj vrijednosti $\log \tau$ za odabrani x , odnosno $\log D$.

Uvrštavanjem dobivene vrijednosti u jednadžbu izračuna se koeficijent konzistencije k .

4. REZULTATI

Tablica 10 Utjecaj mliječne komponente na reološke parametre salatne majoneze s kašom banane, tijekom homogenizacije 3 min i brzine rotora 10 000 °/min, mjereno pri temperaturama 25 °C i 10 °C.

Uzorak	μ (Pa.s) D= 77,92 (s ⁻¹)	k (Pa.s ⁿ)	n	R ²
25 °C				
Obrano mlijeko u prahu	2,227	48,76	0,3205	0,99820
Punomasano mlijeko u prahu	2,341	55,16	0,3023	0,99672
Sirutka u prahu	2,389	57,15	0,2711	0,99002
Sojin napitak u prahu	2,181	40,56	0,3491	0,99332
10 °C				
Obrano mlijeko u prahu	2,706	54,82	0,3093	0,99805
Punomasano mlijeko u prahu	2,998	68,34	0,2864	0,98763
Sirutka u prahu	3,051	69,07	0,2838	0,99530
Sojin napitak u prahu	2,438	47,56	0,3179	0,99399

μ – prividna viskoznost kod brzine smicanja 77,92 (s⁻¹), (Pa.s)

k - koeficijent konzistencije (Pa.sⁿ)

n – indeks tečenja

R² – koeficijent determinacije

Tablica 11 Utjecaj vrste ugljikohidrata na reološke parametre salatne majoneze s kašom banane, tijekom homogenizacije 3 min i brzine rotora 10 000 °/min, mjereno pri temperaturama 25 °C i 10 °C.

Uzorak	μ (Pa.s) D= 77,92 (s ⁻¹)	k (Pa.s ⁿ)	n	R ²
25 °C				
Glukoza	2,389	57,15	0,2711	0,99002
Fruktoza	1,993	39,00	0,3173	0,99739
Saharoza	2,420	58,61	0,2683	0,99233
Laktoza	2,744	68,49	0,2614	0,99316
Inulin HD	2,775	69,38	0,2610	0,99183
Bagremov med	2,751	65,04	0,2738	0,99329
10 °C				
Glukoza	3,051	69,07	0,2838	0,99530
Fruktoza	2,461	55,64	0,2841	0,98942
Saharoza	3,057	70,23	0,2819	0,99496
Laktoza	3,071	77,50	0,2558	0,98422
Inulin HD	3,092	78,94	0,2532	0,98311
Bagremov med	3,061	77,29	0,2572	0,98732

Tablica 12 Utjecaj žumanjka jajeta na reološke parametre salatne majoneze s kašom banane, tijekom homogenizacije 3 min i brzine rotora 10 000 °/min, mjereno pri temperaturama 25 °C i 10 °C.

Uzorak	μ (Pa.s) D= 77,92 (s ⁻¹)	k (Pa.s ⁿ)	n	R ²
25 °C				
Svježi žumanjak	2,653	60,26	0,2830	0,99117
Pasterizirani žumanjak	2,389	57,15	0,2711	0,99002
Cijelo jaje u prahu	2,501	58,53	0,3022	0,99927
10 °C				
Svježi žumanjak	3,140	71,52	0,2824	0,99773
Pasterizirani žumanjak	3,051	69,07	0,2838	0,99530
Cijelo jaje u prahu	3,113	71,15	0,2813	0,99748

Tablica 13 Utjecaj vremena trajanja homogenizacije na reološke parametre salatne majoneze s kašom banane, kod brzine rotora 10 000 °/min, mjereno pri temperaturama 25 °C i 10 °C.

Uzorak	μ (Pa.s) D= 103,9 (s ⁻¹)	k (Pa.s ⁿ)	n	R ²
25 °C				
1 min	1,549	42,14	0,2886	0,98405
3 min	1,937	57,15	0,2711	0,99002
5 min	1,767	53,60	0,3281	0,99845
10 °C				
1 min	2,243	60,43	0,2907	0,99596
3 min	2,483	69,07	0,2838	0,99530
5 min	2,204	58,79	0,3024	0,99636

Tablica 14 Utjecaj brzine rotacije rotora homogenizatora tijekom 3 min pripreme uzorka na reološke parametre salatne majoneze s kašom banane, mjereno pri temperaturama 25 °C i 10 °C.

Uzorak	μ (Pa.s) D= 103,9 (s ⁻¹)	k (Pa.s ⁿ)	n	R ²
25 °C				
10 000 °/min	1,937	57,15	0,2711	0,99002
12 000	2,291	52,86	0,3241	0,99902
15 000	1,799	39,04	0,3373	0,99611
10 °C				
10 000	2,483	69,07	0,2838	0,99530
12 000	2,513	55,11	0,3076	0,99628
15 000	2,207	49,58	0,3298	0,99511

5. RASPRAVA

Rezultati ispitivanja utjecaja sastojaka i procesa homogenizacije kod izrade salatne majoneze s kašom banane na promjenu reoloških svojstava, mjerenih pri temperaturama 25°C i 10°C prikazani su u tablicama 10-14.

U **Tablici 10** prikazan je utjecaj mliječne komponente na reološke parametre salatne majoneze s kašom banane izrađene tijekom 3 min homogenizacije i brzine rotora 10 000 °/min. Reološka svojstva ovih uzoraka salatne majoneze prikazana izračunatim reološkim parametrima ukazuju da mliječna komponenta utječe na promjenu ovih svojstava.

Standardni uzorak salatne majoneze izrađen sa sirutkom u prahu ima prividnu viskoznost 2,389 (Pa.Sⁿ), koeficijent konzistencije (k) 57,15 (Pa.Sⁿ) i indeks tečenja (n) 0,2711, mjereno pri 25°C. Ako se koristi obrano mlijeko u praksi kod izrade ove majoneze, tada se dobije manja prividna viskoznost 2,227 (Pa.Sⁿ) i konzistencija 48,76 (Pa.Sⁿ) te veći indeks tečenja 0,3205 u odnosu na primjenu punomasnog mlijeka i sirutke u prahu. Dodatkom sojinog napitka u prahu ostvarena je najmanja viskoznost i konzistencija salatne majoneze te najveći indeks tečenja. Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da se primjenom sirutke u prahu dobiva veća konzistencija i viskoznost salatne majoneze s kašom banane u odnosu na primjenu drugih ispitivanih mliječnih sastojaka, mjereno pri 25°C. Također, mjerenjem reoloških svojstava ovih uzoraka pri 10°C zapaža se ista pojava promjene reoloških parametara kao kod mjerenja pri 25°C. Mjerenjem reoloških svojstava pri 10°C dobivene su veće vrijednosti reoloških parametara u odnosu na mjerenje pri 25°C, što je i očekivano s obzirom da temperatura utječe na reološka svojstva ovih proizvoda.

U **Tablici 11** prikazan je utjecaj vrste ugljikohidrata na reološke parametre salatne majoneze s kašom banane izrađene tijekom 3 min homogenizacije i brzine rotora 10 000 °/min, mjereno pri 25°C i 10°C.

Standardni uzorak ove majoneze izrađen s glukozom ima vrijednosti prividne viskoznosti 2,389(Pa.Sⁿ), konzistencije 57,15 (Pa.Sⁿ). Rezultati u tablici ukazuju na pojavu da primjena monosaharida, glukoze i fruktoze kod izrade ovih uzoraka salatne majoneze rezultira manjim vrijednostima za prividnu viskoznost i koeficijent konzistencije u odnosu na primjenu disaharida, saharoze i laktoze te inulina HD i bagremovog meda. Primjenom fruktoze dobiva se najniža prividna viskoznost i konzistencija ove majoneze. Dodatkom inulina HD postiže se najveća konzistencija majoneze 69,38 (Pa.Sⁿ) i prividna viskoznost 2,775 (Pa.Sⁿ), a najveći

indeks tečenja 0,2610, mjereno pri 25°C. Mjerenjem reoloških svojstava ovih uzoraka salatne majoneze s kašom banane pri 10°C zapažena je ista pojava promjene svojstava tj. reoloških parametara.

U **Tablici 12** vidljivi su rezultati ispitivanja utjecaja žumanjka jajeta na reološke parametre salatne majoneze s kašom banane izrađene tijekom 3 min homogenizacije i brzine rotora 10000 °/min, mjereno pri 25°C i 10°C.

Standardni uzorak ove majoneze izrađen je sa pasteriziranim žumanjkom jajeta pri čemu su dobivene vrijednosti prividne viskoznosti 2,389 (Pa.Sⁿ), koeficijenta konzistencije 57,15 (Pa.Sn), mjereno pri 25°C. Izradom majoneze sa svježim žumanjkom dobiva se veća vrijednost viskoziteta 2,653(Pa.Sⁿ) i konzistencije 60,26(Pa.Sⁿ). Primjenom cijelog jajeta u prahu kod izrade ove majoneze dobivena je veća vrijednost prividne viskoznosti i konzistencije u odnosu na primjenu pasteriziranog žumanjka, a manja vrijednost ovih reoloških parametara u odnosu na primjenu svježeg žumanjka jajeta. Ista zapažanja uočena su i kod mjerenja reoloških svojstava ove majoneze s kašom banane pri 10°C, ali su dobivene veće vrijednosti nego pri 25°C.

Utjecaj vremena trajanja procesa homogenizacije kod izrade salatne majoneze s kašom banane na reološke parametre, kod brzine rotora 10 000 °/min, mjereno pri 25°C i 10°C, prikazano je u **Tablici 13**.

Izradom ovih uzoraka salatne majoneze kod različitog vremena trajanja homogenizacije (1 min, 2 min, 3 min) dobiva se emulzija ulje/voda koja ima različita svojstva izražena reološkim parametrima. Salatna majoneza s kašom banane pripremljena kod 1 min homogenizacije ima prividnu viskoznost 1,549 (Pa.Sⁿ) pri brzini smicanja 103,9 (s⁻¹), a konzistenciju izraženu preko koeficijenta konzistencije 42,14 (Pa.Sⁿ) te indeks tečenja 0,2886, mjereno pri sobnoj temperaturi 25°C. Produženjem vremena homogenizacije sa 1 min na 3 min došlo je do porasta vrijednosti reoloških parametara prividne viskoznosti 1,937 (Pa.Sⁿ) i koeficijenta konzistencije 57,15 (Pa.Sⁿ) te smanjenja indeksa tečenja 0,2711. Ovim produženim djelovanjem homogenizacije sastav emulzije ulje/voda postaje konzistentniji i viskozniji zbog toga što je došlo do formiranja većeg broja sitnijih kapljica ulja koje su raspršene, dispergirane u vodenoj kontinuiranoj fazi ove emulzije. Daljnjim produženjem vremena homogenizacije na 5 min, kod brzine rotora 10 000 °/min dolazi do narušavanja strukture

emulzije ulje/voda što rezultira smanjenjem vrijednosti prividne viskoznosti $1,767 \text{ (Pa}\cdot\text{S}^n)$ i koeficijenta konzistencije $53,60 \text{ (Pa}\cdot\text{S}^n)$, mjereno pri 25°C . Ispitivanjem reoloških svojstava ovih uzoraka pri temperaturi mjerenja 10°C primjećuje se ista pojava promjene reoloških parametara kao kod mjerenja pri 25°C , ali su izračunate veće vrijednosti što je i očekivano.

U **Tablici 14** prikazan je utjecaj brzine rotacije rotora homogenizatora (10 000, 12 000, 15 000 o/min) tijekom 3 min pripreme salatne majoneze s kašom banane na reološke parametre, mjereno pri temperaturama 25°C i 10°C .

Rezultati izračunatih vrijednosti reoloških parametara ovih uzoraka pokazuju da brzina rotacije rotora također utječe na promjenu reoloških svojstava. Porastom brzine rotora sa 10 000 na 12 000 $^\circ/\text{min}$ povećava se prividna viskoznost emulzije $2,291 \text{ (Pa}\cdot\text{S}^n)$ što znači da sustav postaje stabilniji jer je formiran veći broj sitnijih kapljica i fino raspršen u vodenoj fazi. Daljnjim porastom brzine rotora na 15 000 $^\circ/\text{min}$ narušava se sustav emulzije te dolazi do smanjenja prividne viskoznosti majoneze $1,799 \text{ (Pa}\cdot\text{S}^n)$, mjereno pri 25°C . Što se tiče konzistencije ovih uzoraka salatne majoneze, zapaženo je da se porastom brzine rotora u navedenim vrijednostima smanjuje koeficijent konzistencije, a povećava indeks tečenja. Ova pojava vidljiva je mjerenjem reoloških svojstava majoneze pri 25°C i 10°C .

6. ZAKLJUČAK

Na osnovu istraživanja utjecaja sastojaka i procesa homogenizacije na reološka svojstva salatne majoneze s kašom banane dobiveni su sljedeći zaključci:

1. Svi uzorci salatne majoneze s kašom banane pripadaju ne-Newtonskim tekućinama pseudoplastičnog tipa.
2. Primjenom sirutke u prahu kod izrade salatne majoneze s kašom banane postiže se veća prividna viskoznost i koeficijent konzistencije, a manji indeks tečenja u odnosu na primjenu obranog mlijeka prahu i punomasnog mlijeka u prahu.
3. Dodatkom sojinog napitka u prahu dobiva se salatna majoneza sa najmanjom konzistencijom i viskoznosti te većim indeksom tečenja.
4. Salatna majoneza s kašom banane izrađena sa fruktozom ima najmanju prividnu viskoznost i koeficijent konzistencije, a najveći indeks tečenja u odnosu na primjenu drugih vrsta ispitivanih ugljikohidrata.
5. Dodatkom inulina HD dobiva se salatna majoneza sa najvećom viskoznosti i konzistencijom, mjereno pri 25°C i 10°C.
6. Primjenom svježeg žumanjka jajeta kod izrade ove salatne majoneze dobiva se emulzija veće prividne viskoznosti i konzistencije u odnosu na primjenu pasteriziranog žumanjka i cijelog jajeta u prahu, mjereno pri 25°C i 10°C.
7. Porastom vremena homogenizacije tijekom izrade salatne majoneze s kašom banane sa 1 min na 3 min, nastaje stabilniji sustav emulzije ulje/voda sa većom prividnom viskoznošću i konzistencijom.
8. Daljnjim produženjem vremena homogenizacije na 5 min, dolazi do narušavanja strukture emulzije te smanjenja prividne viskoznosti i konzistencije, mjereno pri 25°C i 10°C.
9. Brzina rotacije rotora homogenizatora utječe na reološka svojstva salatne majoneze s kašom banane.
10. Porastom brzine rotora sa 10 000 na 12 000 °/min povećava se prividna viskoznost salatne majoneze te sustav emulzije postaje stabilniji.
11. Primjenom brzine rotora 15 000 °/min narušava se struktura emulzije te se smanjuje prividna viskoznost.
12. Porastom brzine rotora homogenizatora smanjuje se koeficijent konzistencije, a povećava indeks tečenja salatne majoneze, mjereno pri 25°C i 10°C.

7. LITERATURA

- ✓ Babić J., Šubarić D., Đ.Ačkar, A.Jozinović, B.Miličević, B.Pajin, D.Aličić .: *Primjena dodataka na bazi škroba u mesnoj industriji*, stručni rad, časopis „Meso“, Vol.XV No.3, 2013.
- ✓ Baryklo-Pikielna N., Martin A., Mela D. J.: *Perception of Taste and Viscosity of Oil-in-Water and Water-inOil Emulsions*. J. Food Sci.59(6), 1994.
- ✓ Barulek I.: *Ispitivanje reoloških svojstava održivosti majoneze s dodatkom maslinovog ulja*, diplomski rad, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2008.
- ✓ Belak L., Z.Gaćina, N.Radić: *Tehnologija hrane*, skripta, Visoka škola za turistički menadžment u Šibeniku, 2005.
- ✓ Borko I.: *Utjecaj procesnih parametara i dodatakana reološka svojstva emulzije ulje/voda*, diplomski rad, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek,2007.
- ✓ Dimić E., Turkulov J.: *Kontrola kvalitete u tehnologiji jestivih ulja*, Novi sad, str. 111-116, 2000.
- ✓ Dvoržak D.: *Utjecaj sastava uljne faze, žumanjka jajeta guske i proteina mlijeka na reološka svojstva i oksidacijsku stabilnost majoneze*, Diplomski rad, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2009.
- ✓ Gugušev-Đaković M.: *Industrijska proizvodnja gotove hrane*, Naučna knjiga, Beograd, str. 179-188, 1989.
- ✓ Guilmineau F., Kulozik U.: *Influence of a thermal treatment on the functionality of hens egg yolk in mayonnaise*, J. Food Eng. 78, str. 648-654, 2007.
- ✓ Juszczak L., Fortuna T., Kosla A.: *Sensory and rheological properties of Polish commercial mayonnaise*, Nahrung/Food 47, str. 232-235, 2003.
- ✓ Krstanović V., Velić N.: *Biotehnološka proizvodnja hrane*, Interna skripta (propisi za vježbe), Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2011.
- ✓ Laca A., Saenz M.C., Paredes B., Diaz M.: *Rheological properties, stability and sensory evaluation of low cholesterol mayonnaises prepared using egg yolk granules as emulsifying agent*, Journal of Food Engineering 97, str. 243-252, 2010.
- ✓ Lelas V.: *Prehrambeno-tehnološko inženjerstvo 1.*, Tehnička knjiga, Zagreb, str. 108-109, 2006.
- ✓ Lovrić T.: *Procesi u prehrambenoj industriji s osnovama prehrambenog inženjerstva*, Hinus, Zagreb, str.305, 2003.

- ✓ Mancini F., Montanari L., Peressini D., Fantozzi P.: *Influence of alginate concentration and molecular weight on functional properties of mayonnaise*. Lwt-Food Science and Technology, 2002.
- ✓ Mandić M.: *Znanost o prehrani*, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2003.
- ✓ McClements D. J., Demetriades K.: *An integrated approach to the development of reduced-fat food emulsions*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 38, 511-536., 1998.
- ✓ Moslavac, B.: *Utjecaj dodataka na reološka svojstva i stabilnost voćnih jogurta*, Diplomski rad, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2006.
- ✓ Moslavac T.: *Promjena reoloških svojstava kaše jabuke pri hlađenju*, Magistarski rad, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb, 1999.
- ✓ Pavlović J.: *Utjecaj dodatka šećera, modificiranih škrobovai hidrokoloida na reološka svojstva kaše maline*, Diplomski rad, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2006.
- ✓ *Pravilnik o jestivim uljima i mastima*, Narodne novine br. 41/2012.
- ✓ Ruiling S., Shuangqun L., Jilin D.: *Application of oat dextrine for fat substitute in mayonnaise*, Food Chem. 126, str. 65-71, 2011.
- ✓ Swern D.: *Industrijski proizvodi ulja i masti po Baileyu*, Znanje, Zagreb, 1972.
- ✓ Štern P., Valentova H., Pokorný J.: *Rheological properties and sensory texture of mayonnaise*, Eur. J. Lipid Sci. Technol. 103, str. 23-28, 2001.
- ✓ *Tehnička enciklopedija*, Leksikografski zavod „Miroslav Krleža“, Zagreb, 1997.
- ✓ Vidaković M.: *Istraživanje utjecaja uljne faze na reološka i senzorska svojstva majoneza*, diplomski rad, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, str. 2-10, 2007.
- ✓ Wendin K., Hall G.: *Influences of fat, thickener and emulsifier contents on salad dressing: static and dynamic sensory and rheological analyses*. Lebensm.-Wiss. u-Technol. 34, 222-233., 2001.
- ✓ Wendin K., Ellekjar R. M., Solheim R.: *Fat Content and Homogenization Effect on Flavour and Taxture of Mayonnaise with Added Aroma*. Lebensm.-Wiss. u-Technol. 32, 377-383., 1999.
- ✓ Xiong R., Xie G., Edmondson A.S.: *Modelling the pH f mayonnaise by the ratio of egg to vinegar*, Food Control 11, str. 49-56, 2000.

