

# UTJECAJ PROCESA HOMOGENIZACIJE NA REOLOŠKA SVOJSTVA MAJONEZE

---

**Kare, Monika**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Polytechnic in Pozega / Veleučilište u Požegi**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:112:739598>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-14**



**VELEUČILIŠTE U POŽEGI**  
STUDIA SUPERIORA POSEGANA

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Polytechnic in Pozega - Polytechnic in Pozega Graduate Thesis Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**VELEUČILIŠTE U POŽEGI**



**UTJECAJ PROCESA HOMOGENIZACIJE NA  
REOLOŠKA SVOJSTVA MAJONEZE**

**MONIKA KARE, 1534/16**

***ZAVRŠNI RAD***

Požega, 2020. godine

VELEUČILIŠTE U POŽEGI

POLJOPRIVREDNI ODJEL

PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA

**UTJECAJ PROCESA HOMOGENIZACIJE NA  
REOLOŠKA SVOJSTVA MAJONEZE**

*ZAVRŠNI RAD*

IZ KOLEGIJA TEHNOLOGIJA ULJA I MASTI

MENTOR: doc. dr. sc. Maja Ergović Ravančić

KOMENTOR: prof. dr. sc. Tihomir Moslavac

STUDENT: Monika Kare

Matični broj studenta: 1534/16

Požega, 2020. godine

## SAŽETAK:

Mjerenja reoloških svojstava hrane su vrlo važna u prehrambenoj industriji gdje se pomoću reoloških parametara dobiju informacije o kvaliteti kako tijekom proizvodnje tako i za gotovi proizvod. U ovom radu istraživana je utjecaj parametara procesa homogenizacije (brzina rotora, vrijeme homogenizacije) na reološka svojstva majoneze s 75 %-tnom uljnom fazom. Za izradu majoneze korištene su dvije vrste biljnih ulja: rafinirano suncokretovo ulje (linolni tip) i hladno prešano laneno ulje. Mehanički proces homogenizacije majoneze proveden je kod različitih brzina rotora i vremena homogenizacije pri sobnoj temperaturi. Majoneza je izrađena s laboratorijskim homogenizatorom (sustav rotor/stator) po tradicionalnoj recepturi bez dodanog konzervansa čime je trajnost proizvoda vremenski ograničena. Mjerenja reoloških svojstava majoneze provedena su na rotacijskom viskozimetru, pri sobnoj temperaturi. Iz dobivenih podataka izračunati su reološki parametri: prividna viskoznost, koeficijent konzistencije i indeks tečenja. Rezultati istraživanja pokazuju da procesni parametri homogenizacije utječu na reološka svojstva majoneze. Porastom brzine rotora i vremena trajanja procesa homogenizacije mijenjaju se reološke karakteristike majoneze.

Ključne riječi: majoneza, proces homogenizacije, reološka svojstva

## SUMMARY:

The measurements of the rheological properties of food are crucial in the food industry. Those measurements, based on rheological parameters, can give us information about the quality during a production process and the quality of the final product. This study investigates the influence of the homogenization process parameters (the rotor velocity, the homogenization period) on the rheological properties of mayonnaise with 75 % oil phase. Two types of vegetable oils have been used for making the mayonnaise: refined sunflower oil (the linoleic type) and cold-pressed flaxseed oil. The mechanical process of the mayonnaise homogenization was conducted at various rotor velocities and various durations of homogenization at room temperature. The mayonnaise was made using a laboratory homogenizer (the rotor/stator principle) following a traditional recipe, without adding a preservative which gives the product a limited shelf life. The measurements of the rheological

properties of the mayonnaise were conducted by using the rotational viscometer at room temperature. The acquired data were used to calculate the rheological parameters: apparent viscosity, the consistency coefficient and the flow index. The results of this study show that the process parameters of homogenization affect the rheological properties of mayonnaise. With the increase of rotor velocity and the duration of the homogenization process, the rheological characteristics of mayonnaise vary as well.

Key words: mayonnaise, homogenization process, rheological properties

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. PREGLED LITERATURE .....	2
2.1. Emulzije .....	2
2.1.1. Emulzije ulja u vodi .....	2
2.1.2. Majoneza .....	3
2.1.3. Sastojci majoneze.....	4
2.2. Tehnološki postupak proizvodnje majoneze.....	4
2.3. Reološka svojstva .....	6
2.3.1. Reološka svojstva tekućih namirnica .....	7
2.3.2. Utjecaj temperature na viskoznost .....	7
2.3.3. Uređaji za mjerenje reoloških svojstava.....	8
3. MATERIJALI I METODE.....	9
3.1. Zadatak.....	9
3.2. Materijali .....	9
3.3. Metode rada.....	11
4. REZULTATI .....	15
5. RASPRAVA .....	17
6. ZAKLJUČCI.....	19
7. LITERATURA .....	20

## 1. UVOD

Prehrambena industrija unazad stotinjak godina osmislila je kvalitetne načine industrijskog dobivanja prehrambenih namirnica koje su se u prošlosti dobivale ručno, mnogo težim načinima izrade. Jedan od proizvoda čije je dobivanje uvelike olakšano je i majoneza. Majoneza je jedan od najstarijih i najkorištenijih umaka u svijetu i obično se koristi kao sendvič namaz, a mješavina je ulja, jaja, octa i začina (Singla i sur., 2013). Majoneza pripada skupini emulzija tipa ulje/voda koje su sastavljene od jestivog ulja i vode pa njezina struktura ovisi o mnogobrojnim čimbenicima kao što su omjer uljno-vodene faze i sredstva za emulgiranje (Štern i sur., 2001). Važno je napomenuti da je prema sastavu majoneza prehrambeni proizvod dobiven od jestivog biljnog ulja, žumanjka jajeta, octene ili neke druge jestive organske kiseline, šećera, dopuštenih aditiva i može, ali i ne mora sadržavati začine. McClements i Demetriades (1998) utvrđuju da jestivo biljno ulje kao osnovni sastojak salatne majoneze ima važnu ulogu u stvaranju ovog tipa emulzije ulje-voda, doprinosi okusu, izgledu, teksturi te oksidacijskoj stabilnosti na vrlo specifičan način. Reološka svojstva hrane moraju se poznavati kako bi se, osim kreiranja zadovoljavajuće konzistencije majoneze, kontrolirala kvaliteta za vrijeme proizvodnje, za vrijeme skladištenja i transporta. Reološka svojstva majoneze neprestano se istražuju s obzirom na to da njezina potrošnja uvelike ovisi o sastavu, kakvoći, okusu i boji. (Akhtar i sur., 2005).

Svrha ovoga rada je istražiti kako procesni parametri homogenizacije utječu na reološka svojstva majoneze

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1. Emulzije

Emulzije su dvofazni sustavi što znači da se sastoje od dviju tekućina koje se međusobno ne miješaju. Moguće je vidjeti da su kod emulzija dvije faze, odnosno dvije faze tekućine odijeljene na način da su kapljice jedne tekućine (disperzna faza) odijeljene površinski drugom tekućinom, odnosno njom su obavijene (kontinuirana faza) (Lovrić, 2003).

Emulzije ulja i vode su dvije najčešće vrste emulzija, a razlikuju se dva tipa ovakvih emulzija: emulzije ulja u vodi gdje su kapljice ulja dispergirane u vodi pri čemu je ulje diskontinuirana (disperzna) faza, a voda je kontinuirana faza. Emulzije ulja u vodi su majoneza, vrhnje, mlijeko i druge slične emulzije. Drugi tip emulzija obuhvaća emulzije vode u ulju pri čemu su primjeri takvih emulzija maslac i margarin i slično. Ukoliko se želi utvrditi kojemu tipu emulzija pripada, provode se testovi bojenja, razrjeđenja, električne vodljivosti, pojave fluorescencije i probe kvašenja (Panzalović, 2015).

#### 2.1.1. Emulzije ulja u vodi

Emulzije ulja u vodi imaju kapljice dispergirane u vodi pri čemu je ulje diskontinuirana, a voda kontinuirana faza. Da bi se postigla stabilnost emulzije tipa ulja u vodi, potrebno je razmotriti i zadovoljiti raznovrsne čimbenike (Lovrić, 2003):

1. stupanj razdjeljenja unutarnje faze,
2. odnos volumena faze,
3. temperaturu,
4. specifičnu fazu mase.

Emulzija nastaje miješanjem dviju faza: uljne faze i vodene faze. Pri miješanju dolazi do stvaranja mnogobrojnih malih kapljica i povećanja dodirne površine faza. Između faza se stvori odgovarajuća površinska napetost koja djeluje suprotno dispergiranju što znači da pokušava smanjiti dodirnu površinu faza. Djelovanjem sile moguće je prevladati postojeću površinsku napetost i povećati dodirnu površinu između faza (Lelas, 2006).



### 2.1.2. Majoneza

Pravilnik o temeljnim zahtjevima za jestiva ulja i masti, margarine i njima sličnim proizvodima, majoneze, umake, preljeve, salate i ostale proizvode na bazi jestivih ulja i masti (NN 39/99) definira sve proizvode u svojoj kategoriji, pa tako i majoneze. Pod pojmom majoneze podrazumijevaju se proizvodi u obliku emulzije tipa ulja u vodi dobiveni od jestivog biljnog ulja, žumanjaka, octene i/ili druge jestive organske kiseline, dopuštenih aditiva, s ili bez začina. Važno je da se kod proizvodnje majoneze mora težiti postizanju što veće konzistencije te stabilnosti i homogenosti.

Emulzije se mogu podijeliti na tri osnovne skupine, a dijele se prema tome koliki udio ulja sadrže (NN 39/99):

a) Majoneza koja se definira kao proizvod dobiven od jestivog biljnog ulja, žumanjaka, octene i/ili druge jestive organske kiseline, senfa, šećera, soli, dopuštenih aditiva, začina i ekstrakta začina. Mora imati najmanje 75 % udjela jestivog biljnog ulja te minimalno 6 % žumanjka u svojem sadržaju uz karakterističan okus, miris, boju te ne smije sadržavati strani ili užegao miris ili okus.

b) Lagana majoneza se sastoji od jestivog biljnog ulja, octene i/ili neke druge jestive organske kiseline, s ili bez žumanjaka, 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. Mora imati najviše 50 % jestivog biljnog ulja u svome udjelu kao i svojstvenu boju, okus i miris te ne smije biti užeglog mirisa ili okusa.

c) Salatna majoneza ima malo drugačije sastojke od lagane majoneze, a smije se sastojati od jestivog biljnog ulja, žumanjaka, 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, ovisno o tehnološkom postupku. Mora imati najmanje 50 % jestivog biljnog ulja, te mora u ukupnom udjelu imati minimalno 3,5 % žumanjka kao i svojstvenu boju, miris, okus te ne smije imati užegao miris i okus.

### 2.1.3. Sastojci majoneze

Najčešći sastojci majoneze su emulgatori, jestiva biljna ulja, jaja, ocat i začini. U emulgatore spada veliki broj aditiva koji se koriste za smanjivanje površinske napetosti. Služe kako bi se uspostavio blizak kontakt između masne i tekuće faze te kako bi se stvorila stabilna emulzija. Kod proizvodnje majoneze najviše se koristi lecitin zato što je to prirodni emulgator (NN 39/99).

Jestiva biljna ulja koriste se u proizvodnji majoneze, a vrlo je važna njihova kvaliteta. Naime, ulje koje se koristi za proizvodnju majoneze izloženo je vanjskim utjecajima te zbog toga može razviti užegao miris ili okus. Kada se proizvodi emulzija, ulje koje se koristi ne smije se zamutiti i ne smije imati talog (NN 39/99).

Jedan od osnovnih sastojaka za proizvodnju majoneze su jaja. Jaja se sastoje od dva dijela, bjelanjka i žumanjka. Jaje je vrlo hranjiva prehrambena namirnica (NN 39/99). Ocat se kao kiselina vrlo često koristi u proizvodnji prehrambenih proizvoda. U proizvodnji majoneze octena kiselina se ne dodaje u izvornom obliku, nego se dodaje destilat octene kiseline koji sprečava prisutnost teških metala. Octena kiselina je važan dodatak majonezi zato što sprečava kvarenje. Osim octene kiseline, za sprečavanje kvarenja majoneze, ali i za poboljšavanje okusa, dodaju se začini kao što su papar, paprika i senf (NN 39/99).

## 2.2. Tehnološki postupak proizvodnje majoneze

Postoje tri načina proizvodnje majoneze (Devčić, 2014):

a) Proizvodnja majoneze vakuumskim postupkom koja daje proizvod najveće kvalitete. Vakuum u potpunosti istiskuje zrak iz proizvoda. Zahvaljujući tome, majoneza nije u opasnosti od razvoja i rasta mikroorganizama ili oksidacije ulja. Ovaj postupak je vrlo skup te se uglavnom ne koristi za proizvodnju majoneze ako nema ekonomsku isplativost.

b) Proizvodnja majoneze upotrebom homogenizatora ili koloidnih mlinova je dobar i često korišten postupak dobivanja majoneze. Zahvaljujući homogenizatoru, promjer kapljice ulja se smanjuje u vrlo sitne čestice te je postupak proizvodnje majoneze kontinuiran. Najprije se u predmikseru miješaju žumanjci, dio octa i začini, a kada je sve to završeno, dodaje se ulje. Kada je postupak završen, dobiva se stabilna emulzija ulja i vode. U tu stabilnu

emulziju dodaje se ostatak octa te se emulzija propušta kroz homogenizator ili koloidni mlin (Slika 1 i Slika 2).



Slika 1. Homogenizator (Maxmixermachine, URL)



Slika 1. Unutrašnjost homogenizatora (Maxmixermachine, URL)

c) Majoneza se može proizvoditi i pomoću miksera. Ovaj postupak se uglavnom ne koristi u industriji, ali se često koristi i za proizvodnju majoneze u domaćinstvu. Kada se koristi u industriji, potreban je uređaj sastavljen od vertikalne miješalice, elektromotora i reostata koji regulira broj okretaja. Najprije se moraju miješati žumanjci jajeta sve dok se ne razbiju i dok ne nastane homogena smjesa. Nakon toga se dodaju ulje i manja količina octa, a zatim se smanjuje brzina miješanja mikserom te se dodaje ostala količina octa. Ovaj postupak trebao bi se provoditi pri sobnoj temperaturi.

### 2.3. Reološka svojstva

Reologija je znanstvena disciplina koja se bavi proučavanjem deformacija i tečenja kako čvrstih tako i tekućih materijala. Poznavanje reoloških svojstava je vrlo važno kako bi se dobile važne informacije o proizvodima različitih industrija, pa tako i u prehrambenoj industriji. Potrebno je pratiti reološka svojstva proizvoda u različitim fazama kako bi se moglo utjecati na određene tehnološke parametre i dobiti proizvod optimalne kvalitete (Lelas, 2006).

Na reološka svojstva namirnica utječe sastav, temperatura, udio suhe tvari, mikrobiološke i kemijske reakcije, koncentracija otopine, pH, brzina smicanja, vrijeme smicanja (kod sustava ovisnih o vremenu) te uvjeti pripreme i skladištenja. Potrebno je poznavati čimbenike koji utječu na reološka svojstva hrane jer ona utječu na kvalitetu hrane i proizvodne procese koji će se preferirati kod proizvodnje te načine pakiranja.

Osim sastava, temperatura najviše utječe na reološka svojstva hrane te se zbog toga mora konstantno regulirati i držati pod kontrolom. Temperatura mora biti konstantna, a utjecaj temperature mijenja se kod različitih materijala, kod plinova povećanjem temperature se povećava viskoznost, dok se kod kapljevina smanjuje (Lelas, 2006).

### 2.3.1. Reološka svojstva tekućih namirnica

Većina tekućih namirnica ima svojstvo idealne viskoznosti. Viskoznost se može jednostavno definirati kao unutrašnje trenje koje djeluje unutar fluida (tekućine), tj. kao otpor tečenju (Lovrić, 2003). S obzirom na reološka svojstva, tekućine se dijele na newtonske i nnewtonske tekućine.

Za newtonske tekućine vrijedi Newton-ov zakon te je kod njih odnos između napona smicanja i brzine konstantan. Kod stalne temperature i tlaka viskoznost je stalna veličina koja ne ovisi ni o brzini, ni o vremenu smicanja. Viskoznost ovakvih tekućina je stalna i mijenja se isključivo promjenom temperature. Newtonske tekućine su voda, mlijeko, med (tekući) i voćni sokovi (Lovrić, 2003).

Mnogi prehrambeni proizvodi odstupaju svojim reološkim značajkama od zakonitosti opisanih Newton-ovim zakonom te se takve tekućine nazivaju nnewtonske tekućine. Za razliku od newtonskih tekućina čija je viskoznost kod određene temperature i tlaka stalna veličina koja je određena Newtonovim zakonom, viskoznost nnewtonskih tekućina nije stalna i mijenja se promjenom brzine smicanja. Kod svake brzine smicanja viskoznost poprima drugu vrijednost te se viskoznost kod nnewtonskih tekućina naziva prividna viskoznost ( $\mu_p$ ) koja u nekim slučajevima ovisi i o vremenu.

Sve nnewtonske tekućine mogu se podijeliti u dvije osnovne skupine:

- a) Tekućine čija svojstva ne ovise o vremenu smicanja: pseudoplastične, dilatantne, binghamovske plastične, nebinghamovske plastične.
- b) Tekućine čija svojstva ovise o vremenu smicanja: tiksotropne i reopektične.

### 2.3.2. Čimbenici koji utječu na reološka svojstva

Reološka svojstva namirnica su pod utjecajem mnogobrojnih čimbenika, primjerice temperature, kemijskog sastava, koncentracije otopine, brzine i vremena smicanja, pH vrijednosti, mikrobiološke i kemijske reakcije hrane i druge. U namirnicama se uglavnom uvijek nalazi više ovih svojstava. Temperatura je među glavnim čimbenicima koji utječu na reološka svojstva hrane te ju je zbog toga za vrijeme mjerenja potrebno kontrolirati i održavati konstantnom. Kada se navodi vrijednost viskoznosti, potrebno je navesti i temperaturu pri kojoj je vrijednost određena. Reološka su svojstva ovisna i o udjelu suhe tvari i o kemijskom

sastavu. Kada se poveća udio suhe tvari u nekom proizvodu, poveća se i njegova viskoznost, što znači da udio suhe tvari utječe na viskoznost. Međutim, utjecaj kemijskog sastava je značajniji. Hidrokoloide i masti povećavaju viskoznost (Herceg, 2009).

Tehnološki proces, primjerice priprema ili način čuvanja hrane također utječu na reološka svojstva. Reološka svojstva se najviše mijenjaju kod miješanja, homogenizacije, koncentriranja, toplinskog tretiranja, smrzavanja, fermentacije i ekstrudiranja. U različitim područjima prehrambene industrije primijenjuju se miješanja koja rezultiraju postizanjem određenih organoleptičkih i reoloških značajki. Homogenizacija utječe na stabilnost i viskoznost određenih tekućina i polutekućina. Reološki procesi također su i pod utjecajem topline do koje dolazi za vrijeme proizvodnje (Herceg, 2009).

### 2.3.3. Uređaji za mjerenje reoloških svojstava

Reološka svojstva tekućina mogu se mjeriti pomoću rotacijskih i cilindričnih uređaja. Mnogi od tih uređaja mogu se koristiti u komercijalne svrhe, a dio tih uređaja može se jednostavno i proizvesti. Viskozimetar je primjer uređaja koji se može proizvesti, a cijena viskozimetra ovisi o materijalu i načinu proizvodnje. Stakleni kapilarni viskozimetar je najjeftiniji, a najskuplji je rotacijski viskozimetar.

Rotacijski viskozimetri mjere pri zadanim brzinama smicanja, a o rasponu brzina smicanja ovisi i njihova cijena. Najčešće se koriste rotacijski viskozimetri zato što je rad s njima najlakši i daje najpreciznije rezultate. U rotacijskom viskozimetru mjerenje se temelji na mjerenju kutne brzine rotirajućeg tijela i odgovarajućeg zakretnog momenta (Ergović Ravančić, 2017).

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Zadatak

Cilj ovog završnog rada je ispitati utjecaj procesnih parametara homogenizacije na reološka svojstva majoneze (punomasne), a za to je potrebno sljedeće:

1. Odrediti utjecaj brzine rotora homogenizatora (10000, 12000, 15000 o/min) kod konstantnog vremena izrade majoneze 2 min, na reološka svojstva majoneze.
2. Odrediti utjecaj vremena trajanja homogenizacije (1, 2, 3, 5 min) kod konstantne brzine rotora 10000 o/min, na reološka svojstva majoneze.

#### 3.2. Materijali i metode

##### a) priprema majoneze prema recepturi

Materijali koji su korišteni za izradu majoneze s 75 %-tnom uljnom fazom su:

1. uljna faza 75 % (50 % hladno prešano laneno ulje + 50 % rafinirano suncokretovo ulje (linolni tip),
2. žumanjak kokošnjeg jajeta,
3. ocat (alkoholni),
4. senf,
5. morska sol,
6. vinska kiselina (regulator kiselosti),
7. maltodekstrin,
8. destilirana voda.

Uzorci majoneze su pripremljeni s 75 % uljne faze koju čini mješavina hladno prešanog lanenog ulja i rafiniranog suncokretovog ulja u odnosu 1:1. Rafinirano suncokretovo ulje (linolni tip) dobiveno je iz Tvornice ulja Čepin, a hladno prešano laneno ulje (smeđi lan) proizvedeno je na Prehrambeno-tehnološkom fakultetu u Osijeku. U lokalnoj trgovini nabavljeni su alkoholni ocat, morska sol i senf. Žumanjak jajeta kokoši nabavljen je od privatnog dobavljača te je priređen kao svježi. Vinska kiselina nabavljena je od firme Alkaloid, Skoplje, a dodaje se u funkciji regulatora kiselosti majoneze. Šećer maltodekstrin

nabavljen je iz firme Claro-Prom d.o.o., Zagreb. Svi pojedinačni sastojci su prvo pripremljeni i odvagani u zadanom udjelu. Uljna faza je odvagana u čaši volumena 250 ml, a potom su dodani ostali sastojci: žumanjak, ocat, sol, voda ,vinska kiselina, senf i šećer maltodekstrin (Tablica 1., Slika 3, Slika 4).

Tablica 1. Receptura za izradu majoneze

<b>SASTOJAK</b>	<b>Udio %</b>
<b>Uljna faza (hladno prešano laneno ulje rafinirano suncokretovo ulje 1:1)</b>	75
<b>Žumanjak</b>	8
<b>Alkoholni ocat</b>	4
<b>Voda</b>	8,4
<b>Morska sol</b>	1
<b>Senf</b>	1
<b>Vinska kiselina</b>	0,1
<b>Maltodekstrin</b>	2,5





Slika 2. Priprema sastojaka za izradu majoneze (Izvor: autor)



Slika 3. Gotov proizvod majoneza sa 75 %-tnom uljnom fazom (Izvor: autor)

b) Homogenizacija majoneze

Priprema uzoraka mase 200 g majoneze pripravljena je na tradicionalan način u laboratorijskim uvjetima, pri sobnoj temperaturi. Proizvodnja majoneze provedena je sa laboratorijskim homogenizatorom model D-500 (Wiggenhauser, Njemačka-Malezija) s područjem brzine rotora 10000 – 30000 o/min (Slika 5) Kod izrade majoneze korišten je sustav rotor/stator (tip rotor ER30 i stator S30F). Uzorci su pripremljeni tako da se prethodno izvažu potrebni sastojci te se dodaje 1/2 suncokretovog ulja, zatim svježi žumanjak jajeta, alkoholni ocat, voda i ostali sastojci, uključujući se homogenizator te se polagano dodaje preostali dio suncokretovog i lanenog ulja te homogenizira tijekom ispitivanog vremena homogenizacije (1, 2, 3, 5 min) kod brzine rotora 10 000 o/min. Priprema uzoraka majoneze napravljena je pri sobnoj temperaturi svih sastojaka, a nakon izrade provedeno je mjerenje reoloških svojstava. Ostali uzorci majoneze pripremljeni su na isti način, samo što su se mijenjali pojedini procesni parametri homogenizacije. Masa svakog pojedinačnog uzorka iznosila je 200 g. Mjerenje svježe pripremljenih uzoraka majoneze je provedeno na rotacijskom viskozimetru s koncentričnim cilindrima na sobnoj temperaturi 25 °C.



Slika 4. Proizvodnja majoneze pomoću homogenizatora (Izvor: autor)

c) Određivanje reoloških svojstava majoneze

Mjerni uređaj korišten za određivanje reoloških svojstava svježe pripremljene majoneze je rotacijski viskozimetar tip „Rheomat 15T“ s koncentričnim cilindrima.



Slika 5. Rotacijski viskozimetar tip "Rheomat 15T" (Izvor: autor)

Ispitivanje reoloških svojstava uzoraka majoneze provedeno je pri sobnoj temperaturi, 25 °C. Mjerenjem je ispitivana ovisnost smičnog naprezanja ( $\tau$ ) o brzini smicanja ( $D$ ) u periodu brzine smicanja 2,18 - 137,1  $s^{-1}$  (uzlazno mjerenje) i 137,1 - 2,18  $s^{-1}$  (silazno mjerenje). Iz ovako dobivenih eksperimentalnih vrijednosti određen je tip tekućine gdje je utvrđeno da su svi ispitivani uzorci majoneze imali nenewtonovska svojstva, te pripadaju pseudoplastičnom tipu tekućine. Izračunate vrijednosti reoloških parametara koeficijenta konzistencije ( $k$ ) i indeksa tečenja ( $n$ ) dobivene su pomoću programa Microsoft Exel, uz primjenu metode linearne regresije.

Za izračun reoloških parametara koeficijenta konzistencije i indeksa tečenja primijenjena je Ostwald de Waele-ova jednadžba:

$$\tau = k \cdot D^n \quad (1)$$

$\tau$  - smično naprezanje (Pa),

$D$  - brzina smicanja ( $s^{-1}$ ),

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

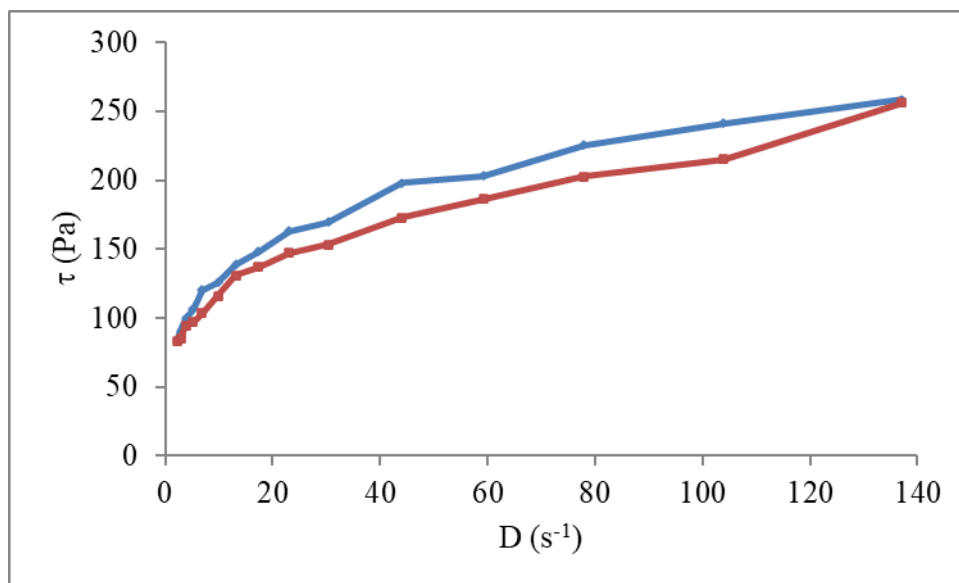
$n$  - indeks tečenja (-).

Izračunavanje parametra prividne viskoznosti uzoraka majoneze provedeno je primjenom izraza:

$$\mu = k \cdot D^{n-1} \quad (2)$$

$\mu$  - prividna viskoznost (Pa·s)

## 4. REZULTATI



Slika 7. Ovisnost smičnog napreznja o brzini smicanja

Tablica 2. Utjecaj vremena homogenizacije na reološke parametre majoneze

Uzorak	$\mu$ (pri 137,1 s <sup>-1</sup> ) (Pa·s)	k (Pa·s <sup>n</sup> )	n	R <sup>2</sup>
1 min	1,2380	17,623	0,4603	0,95981
2 min	1,7715	68,645	0,2715	0,99729
3 min	1,9045	69,049	0,2556	0,98823
5 min	0,9753	15,678	0,4356	0,95331

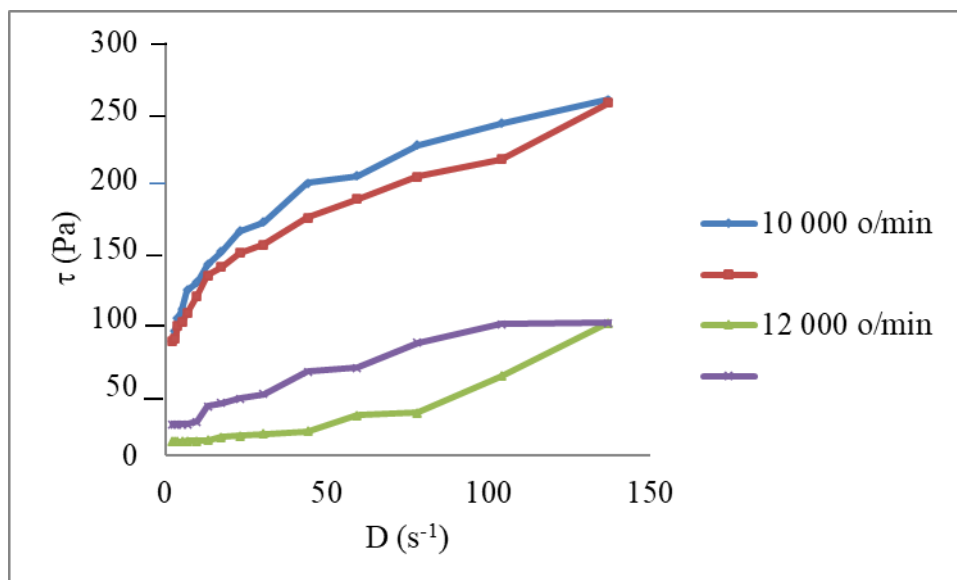
$\mu$  - prividna viskoznost kod brzine smicanja ( $D = 137,1 \text{ s}^{-1}$ ) (Pa·s),

k - koeficijent konzistencije (Pa·s<sup>n</sup>),

n - ineks tečenja (-).

Tablica 3. Utjecaj brzine rotora homogenizatora na reološke parametre majoneze

Uzorak	$\mu$ (pri $137,1 \text{ s}^{-1}$ ) (Pa·s)	k (Pa·s <sup>n</sup> )	n	R <sup>2</sup>
10 000 o/min	1,7715	68,645	0,2715	0,99729
12 000 o/min	0,3285	4,816	0,4543	0,96423
15 000 o/min	-	-	-	-



Slika 8. Ovisnost smičnog napreznja o brzini smicanja

## 5. RASPRAVA

Rezultati ispitivanja utjecaja procesnih parametara homogenizacije (vrijeme homogenizacije, brzina rotora) kod izrade majoneze s mješavinom hladno prešanog lanenog ulja i rafiniranog suncokretovog ulja (linolni tip) u omjeru 1:1 na reološka svojstva majoneze, prikazani su u tablicama 2 i 3 te na slikama 6 i 7. Mješavina ove dvije vrste ulja odabrana je iz razloga da se uljna faza majoneze obogati esencijalnom omega-3 linolenskom masnom kiselinom čime bi postigli veću nutritivnu vrijednost proizvoda. Uobičajeno je da se majoneza proizvodi sa suncokretovim uljem linolnog tipa u čijem sastavu masnih kiselina dominira omega-6 linolna kiselina (do 75 %). Kod lanenog ulja dominira esencijalna linolenska masna kiselina koja pokazuje razne benefite u očuvanju zdravlja čovjeka. Alvarez-Sabatel i sur. (2018) utvrđuju da udio ulja i udio inulina utječu na stabilnost i reološka svojstva majoneze dobivene rotor-stator homogenizacijom kao i homogenizacijom visokim tlakom.

Na slici 6 prikazana su reološka svojstva majoneze pri čemu se na dijagramu ovisnosti smičnog naprežanja ( $\tau$ ) o brzini smicanja ( $D$ ) zapaža oblik krivulje koji ukazuje da ovaj proizvod pripada nenevtonovskoj tekućini pseudoplastičnog tipa. Potvrdu ove vrste i tipa tekućine pokazuje i izračunata vrijednost reološkog parametra indeksa tečenja ( $n$ ) koja je manja od 1 što je u skladu s literaturnim podacima ( $n=0-1$ ). Goshawk i Binding (1998) i Mancini (2002) potvrđuju da je majoneza nenevtonska tekućina i pokazuje granicu tečenja, kod pseudoplastičnog i tiksotropnog ponašanja i vremenski ovisne karakteristike. Batista i sur. (2006) ukazuju na ovakvo pseudoplastično ponašanje majoneze s prinosom i karakteristikama koje ovise o vremenu.

U tablici 2 prikazan je utjecaj vremena homogenizacije (1, 2, 3, 5 min), kod konstantne vrijednosti brzine rotora homogenizatora (10000 o/min), na reološka svojstva majoneze izražena reološkim parametrima. Mjerenje reoloških svojstava svježe proizvedene majoneze provedeno je pri sobnoj temperaturi (25 °C). Iz rezultata u tablici vidljivo je da se kod izrade majoneze u vremenu 1 min dobio proizvod čiji reološki parametri imaju vrijednosti: koeficijent konzistencije ( $k$ ) 17,623 (Pa·s<sup>n</sup>), indeks tečenja 0,4603 te prividnu viskoznost 1,2380 (Pa·s), izračunata kod brzine smicanja ( $D$ ) 137,1 (s<sup>-1</sup>). Produljenjem vremena izrade majoneze na 2 min proizvedena je majoneza sa znatno povećanom vrijednosti koeficijenta konzistencije 68,645 (Pa·s<sup>n</sup>) i prividne viskoznosti 1,9045 (Pa·s), ali i nižom vrijednosti reološkog parametra indeksa tečenja što je i očekivano. Izradom majoneze u

vremenu 3 min došlo je do malog porasta vrijednosti koeficijenta konzistencije i prividne viskoznosti te sniženja indeksa tečenja. Ova mala razlika konzistencije i prividne viskoznosti majoneze ukazuje na to da se kod 3 min homogenizacije postiže najbolja konzistencija majoneze koja osigurava dobru stabilnost ove emulzije tipa ulje-voda tijekom skladištenja i prodaje.

U tablici 3 vidljivi su rezultati ispitivanja utjecaja brzine rotora homogenizatora (10000, 12000, 15000 o/min), kod konstantnog vremena izrade majoneze (2 min), na reološke parameter svježe proizvedene majoneze. Izradom majoneze s brzine rotora 10000 o/min proizvedena je majoneza s izraženom konzistencijom (koeficijent konzistencije) i prividnim viskozitetom. Međutim povećanjem brzine rotora homogenizatora s 10000 o/min na 12000 o/min dobivena je majoneza s takvim reološkim svojstvima pri čemu su znatno niže vrijednosti reoloških parametara. Izračunati reološki parametri pokazuju znatno smanjenje konzistencije majoneze (koeficijent konzistencije je  $4,816 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$ ), prividna viskoznost  $0,3285 \text{ (Pa}\cdot\text{s)}$  i porast indeksa tečenja  $0,4543$ . Ovo smanjenje konzistencije i prividne viskoznosti ukazuje na to da je izradom majoneze kod 12000 o/min došlo do razaranja stabilne strukture ove emulzije tipa ulje-voda, što rezultira smanjenjem navedenih reoloških parametara. U takvom proizvodu će vrlo brzo doći do razdvajanja uljne faze na površini majoneze tijekom skladištenja ili na polici trgovine što naravno nije poželjno.

Na slici 7 se iz grafičkog prikaza smičnog naprezanja ( $\tau$ ) i brzine smicanja (D) vidi ta značajna razlika reoloških svojstava majoneze. Daljnjim porastom brzine rotora homogenizatora na 15000 o/min nije se uspjela formirati stabilna emulzija ulje-voda već je emulzija imala tekuću konzistenciju. To znači da se ova veća brzina rotora, tijekom 2 min homogenizacije, ne može koristiti za proizvodnju ove vrste majoneze.

Na slici 8 vidi se ovisnost smičnog naprezanja ( $\tau$ ) o brzini smicanja (D) kod majoneze izrađene tijekom 2 min. homogenizacije, kod brzine rotora 10000 i 12000 o/min



## 6. ZAKLJUČCI

Na temelju ispitivanja utjecaja navedenih procesnih parametara homogenizacije kod izrade majoneze na reološka svojstva mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Reološka svojstva majoneze s uljnom fazom 75 % pokazuju da ona pripada newtonovskim tekućinama pseudoplastičnog tipa.
- Vrijeme homogenizacije tijekom izrade majoneze značajno utječe na reološka svojstva ovog proizvoda.
- Porastom vremena homogenizacije od 1 do 3 min (kod 10000 o/min) došlo je do porasta reoloških parametara koeficijenta konzistencije i prividne viskoznosti, a smanjenja indeksa tečenja. Izradom majoneze tijekom 5 min došlo je do razaranja strukture majoneze što rezultira smanjenjem konzistencije i viskoznosti.
- Brzina rotora homogenizatora, kod vremena izrade 2 min, utječe na reološka svojstva majoneze. Majoneza izrađena kod brzine rotora 10000 o/min ima zadovoljavajuća reološka svojstva i stabilnost.
- Porastom brzine rotora homogenizatora na 12000 o/min došlo je do razaranja stabilne strukture i znatnog smanjenja konzistencije i viskoznosti majoneze.
- Primjenom brzine rotora 15000 o/min nije se uspjela proizvesti majoneza niti formirati emulzija ulje-voda.

## 7. LITERATURA

1. Akhtar, M., J. Stenzel, B.S. Murray, E. Dickinson (2005) Factors affecting the perception of creaminess of oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, 19, 521-526.
2. Alvarez-Sabatel, S., I.M. Maranon, J.C. Arboleya (2018) Impact of oil and inulin content on the stability and rheological properties of mayonnaise-like emulsions processed by rotor-stator homogenisation or high pressure homogenisation (HPH). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 48, 195-213.
3. Batista, A. P., A. Raymundo, I. Sousa, J. Empis (2006) Rheological characterization of coloured oil-in-water food emulsions with lutein and phycocyanin added to the oil and aqueous phases. *Food hydrocolloid*, 20, 44-52.
4. Devčić, A. (2014) *Utjecaj homogenizacije na reološka svojstva majoneze*. Završni rad. Osijek: Prehrambeno – tehnološki fakultet Osijek.
5. Ergović Ravančić, M. (2017) *Prehrambeno-tehnološko inženjerstvo*. Priručnik za vježbe. Veleučilište u Požegi
6. Goshawk, J. A., Binding, D. M. (1998) *Rheological Phenomena Occurring During the hearing Flow Mayonnaise*. *Journal of rheology*, 42 (6), 1537-1553.
7. *Hookeov zakon* (2020). <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=26102> [pristup: 5.4.2020.]
8. Lelas, V. (2006) *Prehrambeno-tehnološko inženjerstvo* 1. Golden marketing - Tehnička knjiga, Zagreb.
9. Lovrić, T. (2003) *Procesi u prehrambenoj industriji s osnovama prehrambenog inženjerstva*, Hinus, Zagreb.
10. Mancini, F., L. Montanari, D. Peressini, P. Fantozzi (2002) Influence of Alginate Concentration and Molecular Weight on Functional Properties of Mayonnaise. *Journal of Lebensmittel-Wissenschaft und-Technology*, 35(6), 517-525.
11. McClements, D. J., Demetriades, K. (1998) An integrated approach to the development of reduced-fat food emulsions. *Critical reviews in food science and nutrition*, 38, 511-536.
12. Narodne novine (1999) *Pravilnik o temeljnim zahtjevima za jestiva ulja i masti, margarine i njima sličnim proizvodima, majoneze, umake, preljeve, salate i ostale proizvode na bazi jestivih ulja i masti*. Narodne novine d.d., 39/1999

13. Panzalović, V. (2015.) *Reološke karakteristike salatne majoneze sa žumanjkom jajeta kokoši i prepelice*. Osijek: Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek.
14. Singla, N., P. Verma, G. Ghoshal, S. Basu, L. (2013) Steady state and time dependent rheological behaviour of mayonnaise (egg and eggless). *International Food Research Journal*, 20 (4), 2009-2016.
15. Štern P., Valentinova H., Pokorny J. (2001) Rheological properties and sensory texture of mayonnaise. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 103(1), 23-28.

## **POPIS SLIKA, TABLICA I KRATICA**

### Popis slika

Slika 1. Homogenizator (Maxmixermachine, URL)

Slika 2. Presjek homogenizatora (Maxmixermachine, URL)

Slika 3. Priprema sastojaka za izradu majoneze (Izvor: autor)

Slika 4. Gotov proizvod majoneza sa 75 % uljnom fazom (Izvor: autor)

Slika 5. Proizvodnja majoneze pomoću homogenizatora (Izvor: autor)

Slika 6. Rotacijski viskozimetar tip "Rheomat 15T" (Izvor: autor)

Slika 7. Ovisnost smičnog naprezanja o brzini smicanja

Slika 8. Ovisnost smičnog naprezanja o brzini smicanja

### Popis tablica

Tablica 1. Receptura za izradu majoneze

Tablica 2. Utjecaj vremena homogenizacije na reološke parametre majoneze

Tablica 3. Utjecaj brzine rotora homogenizatora na reološke parametre majoneze

## **IZJAVA O AUTORSTVU RADA**

Ja, **Monika Kare**, pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog/diplomskog rada pod naslovom **Utjecaj procesa homogenizacije na reološka svojstva majoneze** te da u navedenom radu nisu na nedozvoljen način korišteni dijelovi tuđih radova.

U Požegi, 5. 6. 2020.

Monika Kare

---