

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
**PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK**  
Preddiplomski studij prehrambene tehnologije

**Sara Posavec**

**Utjecaj homogenizacije na reološke karakteristike salatne majoneze  
s dodatkom pulpe marelice**

Mentor: prof. dr. sc. Tihomir Moslavac

ZAVRŠNI RAD

Osijek, listopad 2016.

JOSIP JURAJ STROSSMAYER UNIVERSITY OF OSIJEK  
**FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY**  
UNDERGRADUATE STUDY OF FOOD TECHNOLOGY

**Sara Posavec**

**Influence of homogenization on the rheological characteristics of  
salad mayonnaise with addition of apricot pulp**

Mentor: prof. dr. sc. Tihomir Moslavac

FINAL WORK

Osijek, October 2016.

# Utjecaj homogenizacije na reološke karakteristike salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice

## Sažetak

U ovom radu ispitivao se utjecaj vremena trajanja i brzine homogenizacije na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice. Procesni parametri su bitni za postizanje određene konzistencije i stabilnosti proizvoda. Proces homogenizacije prilikom pripreme salatne majoneze proveden je pri 10 000, 12 000, 15 000 °/min u vremenu od 1, 2 i 3 minute na sobnoj temperaturi. Mjerenja reoloških svojstava salatne majoneze rađena su na rotacijskom viskozimetru pri temperaturi od 25 °C. Na temelju dobivenih podataka izračunati su reološki parametri koeficijent konzistencije, indeks tečenja i prividna viskoznost. Primjena različite brzine rotora i vremena homogenizacije kod izrade salatne majoneze dovodi do promjene reoloških svojstava.

**Ključne riječi:** salatna majoneza, reološka svojstva, brzina homogenizacije, vrijeme homogenizacije

# Influence of homogenization on the rheological characteristics of salad mayonnaise with the addition of apricot pulp

## Summary

This paper is based on research of the influence of rotor speed and homogenization time on the rheological characteristics of salad mayonnaise with the addition of pulp apricot. Process parameters are important for achieving a certain consistency and stability of the product. The process of homogenization in the preparation of salad mayonnaise was conducted at 10 000, 12 000, 15 000 °/min and the 1, 2 and 3 minutes at room temperature. Measurements of rheological characteristic of salad mayonnaise were conducted on a rotational viscometer at 25 °C. The obtained experimental data were calculated rheological parameters consistency coefficient, flow index and apparent viscosity. Applying different rotor speed and homogenization time leads to changes of rheological properties.

**Key words:** salad mayonnaise, rheology, speed homogenization, during homogenization

## Sadržaj

<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. EMULZIJE .....</b>	<b>4</b>
2.1.1. Vrste emulzija .....	4
2.1.1.1 Emulzije tipa ulje/voda.....	5
2.1.1.2 Emulzije tipa voda/ulje.....	8
<b>2.2. REOLOŠKA SVOJSTVA.....</b>	<b>9</b>
2.2.1. Deformacije .....	9
2.2.2. Reološka svojstva tekućih namirnica.....	11
2.2.3. Utjecaj temperature na viskoznost .....	12
2.2.4. Uređaji za mjerenje reoloških svojstava.....	12
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1. ZADATAK .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2. MATERIJAL I METODE.....</b>	<b>14</b>
3.2.1. Materijali .....	14
3.2.2. Metode .....	15
<b>4. REZULTATI.....</b>	<b>17</b>
<b>5. RASPRAVA .....</b>	<b>21</b>
<b>6. ZAKLJUČCI .....</b>	<b>25</b>
<b>7. LITERATURA .....</b>	<b>27</b>

## **1. UVOD**

Majoneze su 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. Ovisno o udjelu jestivog biljnog ulja majoneze se stavljaju u promet kao: majoneza, salatna majoneza i lagana majoneza (NN 55/96). Kapljice ulja su u majonezi dispergirane u kontinuiranoj vodenoj fazi octa pomoću žumanjka koji je prirodni emulgator (lecitin) te zajedno čine stabilan sustav (Castellani i sur., 2006.). Struktura emulzije ulje/voda ovisi o različitim čimbenicima kao što su omjer uljne i vodene faze, sredstva za emulgiranje, zgušnjivači, stabilizatori(Wendin i sur., 1999.).

U ovom završnom radu ispitivan je utjecaj vremena trajanja homogenizacije i brzine rotora homogenizatora na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice mjereno pri temperaturi 25 °C.

## **2. TEORIJSKI DIO**



## 2.1. EMULZIJE

Emulzije se definiraju kao sustavi, stabilne suspenzije dviju tekućina koje se inače ne miješaju, površinski tako odijeljenih, da su kapljice jedne tekućine obavijene drugom tekućinom. Faza koja je raspršena u obliku kapljica naziva se dispergirana faza, dok se faza u kojoj su kapljice prve raspršene naziva dispergirano sredstvo, a s obzirom na veličinu dispergirane faze dijelimo ih u dvije skupine mikro i makro emulzije.

Emulzije su nestabilni sustavi zato što između faza postoji površinska napetost koja djeluje suprotno dispergiranju tj. nastoji smanjiti dodirnu površinu faza, zato je potrebno uložiti određenu energiju kako bi se dodirna površina proširila da se dobije emulzija, a to se postiže emulgiranjem.

Emulzija je stabilna ukoliko se kapljice disperzne faze međusobno ne povezuju niti se ne skupljaju na površini ili pri dnu. Stabilnost ovisi o više čimbenika kao što su: razlika gustoća između dviju faza, površinskim silama, o veličini udjela disperzne faze, viskoznim svojstvima kontinuirane faze.

Emulgatori se dodaju kako bi se smanjila površinska napetost između faza, a sastoje se od hidrofilnih i lipofilnih grupa te formiraju film između faza koji ne puca prilikom sudara kapljice te tvore stabilan sustav. Jedan kraj molekule odbija ulje i veže vodu, dok drugi kraj veže ulje, a vodu odbija. Najčešće korišteni emulgator je lecitin.

### 2.1.1. Vrste emulzija

Postoji više različitih vrsta emulzija, tako tip voda/ulje čine kapljice vode dispergirane u uljnoj fazi dok kapljice ulja dispergirane u vodenoj fazi čine tip ulje/voda. Primjeri emulzije ulje/voda su mlijeko, sladoled, vrhnje, majoneza, a tip voda/ulje su margarin i maslac.

Kako bi se znalo o kojem tipu emulzije se radi provode se određeni testovi kao što su: test bojenja, test razrjeđenja i test električne vodljivosti.

Testom bojenja u emulziju dodajemo neku boju topljivu u ulju. Ako dođe do obojenja radi se o tipu voda/ulje jer se boja otapa u uljnoj fazi.

Testom razrjeđenja dodajemo određenu količinu vode i promiješamo. Ako emulzija ostane homogena radi se o tipu ulje/voda jer ju dodana voda samo razrjeđuje.

Testom električne vodljivosti mjerimo električnu vodljivost emulzije i ukoliko je ona mala radi se o tipu voda/ulje zbog toga što ulje ima malu električnu vodljivost.

### **2.1.1.1 Emulzije tipa ulje/voda**

Kod ovog tipa emulzije kapljice ulja dispergirane su u kontinuiranoj vodenoj fazi.

Primjeri ovog tipa emulzije su: vrhnje, sladoled, mlijeko, majoneza i dr.

Velik je broj čimbenika koji utječu na stabilnost ovog tipa emulzije kao što su:

- Stupanj razdjeljenja unutarnje faze

Odgovarajućim postupkom emulgiranja dobivaju se kapljice disperzne faze koje su ujednačene veličine te malog promjera.

- Kvaliteta graničnih površinskih filmova

Veza između faza emulzije i emulgatora mora biti čvrsta i stabilna kako bi se spriječilo razdvajanje faza, a to se postiže pravilnim izborom emulgatora.

- Viskoznost vanjske faze

Stabilnost se povećava ukoliko je viskoznost vanjske faze što sličnija viskoznosti proizvedene emulzije.

- Odnos volumena faza

U idealnoj emulziji kapljice disperzne faze jednake su veličine i nisu deformirane, te im to omogućuje da u potpuno zbijenom stanju mogu zauzeti prostor od 74% ukupnog volumena emulzije, a ako se sabiju dolazi do deformacije nakon čega mogu zauzeti i do 99% ukupnog volumena. Poželjan odnos volumena disperzne faze i disperznog sredstva ne prelazi 74:26.

- Specifična masa faza

Poželjno je da je masa dviju faza što sličnija jer je emulzija u tom slučaju stabilnija.

- Temperatura

Ukoliko se povisi temperatura dolazi do razdvajanja faza, ali primjenom specijalnih postupaka izrade emulzije u kombinaciji s raznim stabilizatorima, moguće je proizvesti stabilnu emulziju (Gugušević-Đaković, 1989.).

## MAJONEZA

Majoneza spada u tip emulzije ulje/voda. Obzirom na udio jestivog biljnog ulja postoje:

1. Majoneza- kod koje udio jestivog biljnog ulja mora biti najmanje 75%, udio žumanjaka 6%, te mora biti svojstvene boje, okusa i mirisa, bez stranog/užeglog okusa i mirisa.
2. Salatna majoneza- udio jestivog biljnog ulja mora biti najmanje 50%, udio žumanjaka 3,5%, te mora biti svojstvene boje, okusa i mirisa, bez stranog/užeglog mirisa i okusa.
3. Lagana majoneza- udio jestivog biljnog ulja smije biti najviše 50%, te mora biti svojstvene boje, okusa i mirisa bez stranog/užeglog mirisa i okusa.

Osnovni sastojci majoneze su jestivo biljno ulje, žumanjak, octena ili druga jestiva organska kiselina, mliječni proizvodi, senf, šećer, te drugi prehrambeni proizvodi, začini i ekstrakti začina, dopušteni aditivi, vitamini, minerali i drugi dodaci radi povećanja biološke vrijednosti.

- Jestiva biljna ulja

Zbog izloženosti kisiku, vodi i svjetlosti vrlo je važna kvaliteta jestivog biljnog ulja koje se koristi jer može doći do vrste kvarenja što dovodi do užeglosti. Prilikom proizvodnje ulje treba zadovoljiti nekoliko zahtjeva a to su:

Ne smije se izdvojiti talog skladištenjem niti se smije zamutiti ulje pri niskim temperaturama čuvanja, te ulje mora biti visoke kakvoće i neutralno.

- Jaja

Važan sastojak u izradi majoneze. Prirodna emulzija ulja u vodi.

Prirodni emulgatori: proteini - ovovitelin 17%, fosfolipidi - lecitin i dr., masti - žuto ulje (triacilgliceroli, kolesterol) 32%.

- Ocat

Osnovni je sastojak vodene faze u proizvodnji majoneze. Najčešće se koristi octena kiselina koja ima aseptična svojstva koja sprječavaju kvarenje majoneze. Limunov sok daje bolja senzorska svojstva majonezi no tako dobiven proizvod ima veću cijenu.

- Začini

Dodaju se kako bi se poboljšao okus majoneze, te uz to povećavaju stabilnost majoneze. Neki začini imaju i antibakterijska svojstva pa se dodaju radi produljenja trajnosti proizvoda, a najčešće se koriste senf, paprika, papar i dr.

### **Tehnološki postupak proizvodnje majoneze**

Za gotovu majonezu najvažnije karakteristike su da je ona stabilna, homogena te da ima čvrstu konzistenciju. Tri su osnovna postupka tehnološke proizvodnje majoneze:

#### 1. Postupak s mikserom

Najstariji način koji se danas rijetko koristi zbog diskontinuiranog rada. Mikser se sastoji od vertikalne miješalice, elektromotora i reostata. Žumanjak se mora potpuno homogenizirati, a zatim se dodaju začini te dio octa. Nakon što se to sve izmiješalo dodaje se ulje te se na kraju smanjuje brzina miksera i dodaje se preostala količina octa čime se kapljice ulja povezuju tako da tvore stabilnu emulziju. Preporučena temperatura je 20°C.

#### 2. Postupak s homogenizatorom ili koloidnim mlinom

Dobiva se stabilnija emulzija majoneze, te je postupak kontinuiran. Upotrebom homogenizatora dobivaju se čestice ulja veličine od jednog mikrona.

U predmikseru je potrebno izmiješati žumanjak, dio octa, začine, dodavati ulje čime se dobije slaba emulzija, te nakon toga dodajemo ostatak octa i propuštamo kroz homogenizator ili koloidni mlin te dolazi do smanjenja promjera kapljica ulja i do stvaranja stabilne emulzije.

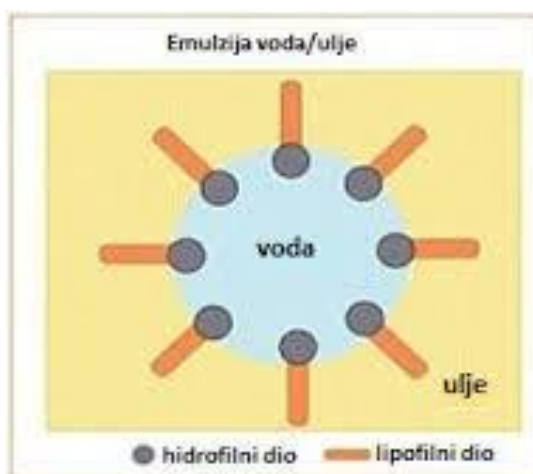
### 3. Vakuum postupak

Najkvalitetniji način izrade majoneze. Zbog isključivanja zraka iz postupka smanjen je udio kisika u završnom proizvodu, a time se smanjuje mogućnost razvoja mikroorganizama kao i sprječavanje oksidacije ulja. Dobiva se homogena emulzija zato što su kapljice ulja manjeg promjera, no nedostatak ovog postupka je visoka cijena.

#### **2.1.1.2 Emulzije tipa voda/ulje**

Kod emulzije tipa voda u ulju kapljice vode dispergirane su u kontinuiranoj uljnoj fazi.

Primjeri ovog tipa emulzije su: margarin i maslac.



Slika 1. Emulzija tipa voda/ulje

## 2.2. REOLOŠKA SVOJSTVA

Reologija je grana fizike, a njezina osnovna zadaća je proučavanje deformacija i tečenja krutih i tekućih materijala koji su podvrgnuti djelovanju sile.

Vrlo je važno poznavanje reoloških svojstava kako bi se tehnološki procesi mogli pravilno voditi te za određivanje osnovnih značajki proizvoda u prehrambenoj, farmaceutskoj i kemijskoj industriji. Reološka svojstva tijekom procesa proizvodnje podložna su promjenama te njihovim praćenjem možemo kontrolirati tehnološke procese, kontrolirati kvalitetu proizvoda, dimenzioniranje cjevovoda i pumpi, izbor potrebnih uređaja za izvođenje nekog tehnološkog procesa, te utvrđivanje određenih parametara potrebnih za vođenje procesa (tlak, temperatura, vrijeme).

Tri osnovna reološka svojstva su elastičnost, plastičnost za krutine, te viskoznost za tekućine, a određuju se nastalom deformacijom odnosno oblikom tečenja ispitivanih materijala.

### 2.2.1. Deformacije

Elastičnost

Idealno elastično ponašanje postoji kada je naprezanje ( $\sigma$ ) direktno proporcionalno nastaloj deformaciji ( $\epsilon$ ) (Lelas., 2006.). Dana definicija definirana je Hookeovim zakonom koji glasi:

$$\sigma = E\epsilon$$

$\sigma$  – naprezanje

$E$  – modul elastičnosti ili Youngov modul

$\epsilon$  – nastala deformacija

### Plastičnost

Ukoliko se nakon određenog praga naprezanja postigne trajna deformacija radi se o plastičnom materijalu. On nakon prestanka naprezanja zadržava deformaciju, a primjeri namirnica koje spadaju u ovu skupinu su maslac, margarin, sir, itd.

### Viskoznost

Viskoznost ili unutarnje trenje je svojstvo tekućine da pruža otpor promjenama oblika. Unutarnje trenje nastaje uslijed relativnog gibanja susjednih slojeva tekućine ili plina. Idealno viskozno svojstvo može se opisati Newton-ovim zakonom. Sila unutarnjeg trenja „F“ (sila između susjednih slojeva tekućina), kreće se različitim brzinama koja je upravo proporcionalna relativnoj brzini gibanja „u“ te veličini površine dodira „A“ tih slojeva, a obrnuto je proporcionalna razmaku „y“ između slojeva.

$$F = \mu \frac{A \cdot u}{y}$$

F – sila unutarnjeg trenja (N)

A – površina dodira između slojeva ( $m^2$ )

u – relativna brzina slojeva

y – rastojanje između slojeva

$\mu$  - koeficijent proporcionalnosti, dinamički viskozitet ili koeficijent viskoziteta, ovisi o prirodi tekućine, tlaku i temperaturi (Pa s) ili ( $Ns/m^2$ )

Ako rastojanje „y“ i brzina „u“ nisu veliki, gradijent brzine kroz tekućinu između slojeva će biti pravac. Izraz se može pisati u obliku:

$$\tau = \mu \cdot \left( -\frac{du}{dy} \right)$$

$\tau$  = smično naprezanje ili tangencijalno naprezanja (Pa)

$D = - du/dy$  – brzina smicanja ili prirast brzine ( $s^{-1}$ )

Tekućine za koje vrijedi navedeni zakon poznate su kao Newtonovske tekućine, grafički prikaz je pravac koji prolazi kroz koordinatni početak, a nagib pravca je viskozitet tekućine. Neki od primjera Newtonovskih tekućina su: voda, biljna ulja, voćni sokovi, mlijeko itd.

### 2.2.2. Reološka svojstva tekućih namirnica

Kod Newtonovskih tekućina pri određenoj temperaturi i tlaku viskoznost je konstantna, no postoje i one tekućine kod kojih se promjenom smične brzine mijenja viskoznost i takve tekućine nazivamo ne-Newtonovske. Kod ne-Newtonovskih tekućina ovisnost napona smicanja o brzini smicanja nije pravac kao kod Newtonovskih tekućina, već je krivulja različitog oblika ovisno o kojem tipu tekućine se radi. One pokazuju laminarno i turbulentno tečenje što nam omogućuje određivanje razlike između Newtonovskih i ne-Newtonovskih tekućina pri malim brzinama smicanja. Odstupaju od Newton-ovog zakona što se može objasniti različitim utjecajima poput međumolekularnog djelovanja, utjecaj veličine čestica, koncentracije, te uslijed utjecaja tih čimbenika dolazi do porasta ili pada viskoznosti promjenom brzine smicanja, pa zbog toga kod ne-Newtonovskih tekućina govorimo o prividnom viskozitetu. S obzirom na napon smicanja, brzinu smicanja, viskozitet i vrijeme smicanja dijele se na:

1. Stacionarne
2. Nestacionarne
3. Maxwell-ove



### 2.2.3. Utjecaj temperature na viskoznost

Temperatura je jedan od najvažnijih čimbenika koji imaju utjecaj na reološka svojstva hrane. Njen utjecaj različit je kod različitih materijala, kod većine plinova porastom temperature povećava se i viskoznost, dok se kod kapljevine viskoznost smanjuje porastom temperature. Promjenu viskoznosti kod newtonovskih i ne-Newtonovskih tekućina izražavamo Arrheniusovom jednadžbom:

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

**A**- Konstanta

**$E_a$** - energija aktivacije( kJ/mol)

**R**- opća plinska konstanta(8,314 J/molK)

**T**- apsolutna temperatura (K)

### 2.2.4. Uređaji za mjerenje reoloških svojstava

Danas se za mjerenje reoloških svojstava koriste viskozimetri koji se nazivaju i reometrima jer mjere i neka druga reološka svojstva osim viskoznosti. Dva koja se u praksi najčešće koriste su kapilarni i rotacijski viskozimetri a omogućuju precizno i kvalitetno mjerenje kod različitih temperatura.

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

### 3.1. ZADATAK

Cilj ovog rada je bio odrediti utjecaj procesnih parametara homogenizacije na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice, a provedeno je:

- a) Određivanje utjecaja brzine rotacije rotora homogenizatora (10 000, 12 000, 15 000 °/min) na reološka svojstva salatne majoneze.
- b) Određivanje utjecaja vremena trajanja homogenizacije (1, 2, 3 min) na reološka svojstva salatne majoneze.

Za mjerenje reoloških svojstava svježe pripremljenih uzoraka salatne majoneze korišten je rotacijski viskozimetar „Rheomat 15T“ s koncentričnim cilindrima, a mjerenje je provedeno pri temperaturi 25°C.

### 3.2. MATERIJAL I METODE

#### 3.2.1. Materijali

Materijali koji su korišteni za izradu salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice su:

- rafinirano suncokretovo ulje
- hladno prešano makovo ulje
- svježi žumanjak kokošjeg jajeta
- saharoza
- jabučni ocat
- morska sol
- senf
- vinska kiselina
- mliječna komponenta(proteini sirutke- Engleska)
- destilirana voda
- voćna komponenta(pulpa marelice)

### 3.2.2. Metode

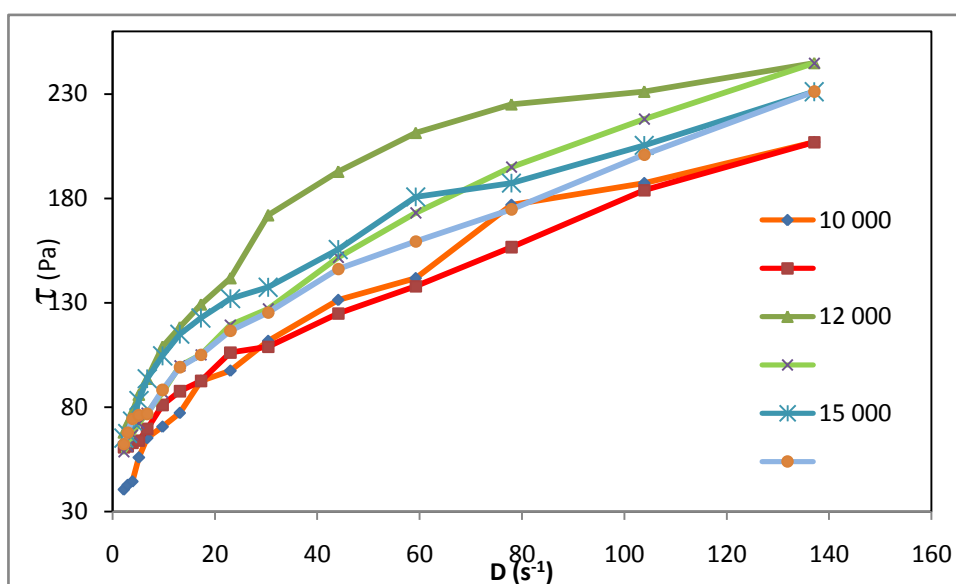
Salatna majoneza se radila tako da su se izvagali svi sastojci u potrebnim količinama, suncokretovo ulje se važe u čašu od 400 mL, te se njemu dodaju svi sastojci osim makovog ulja. Sve se homogenizira pri određenoj brzini (10 000, 12 000, 15 000 °/min) određeni broj minuta (1, 2, 3 min) i tijekom prve minute homogenizacije dodaje se makovo ulje.

Tablica 1. Receptura salatne majoneze, masa uzorka 200g.

Sastojak	Udio (%)	Masa pojedinih Sastojaka (g)
Suncokretovo ulje	60	120
Makovo ulje	10	20
Svježi žumanjak	7	14
Saharoza	3	6
Jabučni ocat	3	6
Morska sol	1	2
Senf	1	2
Vinska kiselina	0,1	0,2
Mliječna komponenta	1,5	3
Destilirana voda	8,4	16,8
Pulpa marelice	5	10

Salatna majoneza s dodatkom pulpe marelice proizvedena je laboratorijskim homogenizatorom, primjenom rotor-stator sustava Tip 2. Homogenizacija je vršena pri različitim brzinama rotora (10 000, 12 000, 15 000 °/min) u vremenu od 1, 2 i 3 minute pri sobnoj temperaturi. Mjerenja reoloških svojstava provedena su na rotacijskom viskozimetru s koncentričnim cilindrima i konusnim mjernim tijelima „Rheomat 15T“ pri temperaturi od 25°C. Na temelju dobivenih eksperimentalnih podataka izračunati su reološki parametri koeficijent konzistencije, indeks tečenja i prividna viskoznost salatne majoneze.

## **4. REZULTATI**



Slika 2. Utjecaj brzine rotacije rotora tijekom homogenizacije (sustav rotor-stator Tip 2) na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice, mjereno pri 25 °C.

Tablica 1. Utjecaj brzine rotacije rotora tijekom 2 min. homogenizacije (sustav rotor-stator Tip 2) na reološke parametre salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice, mjereno pri temperaturi 25 °C.

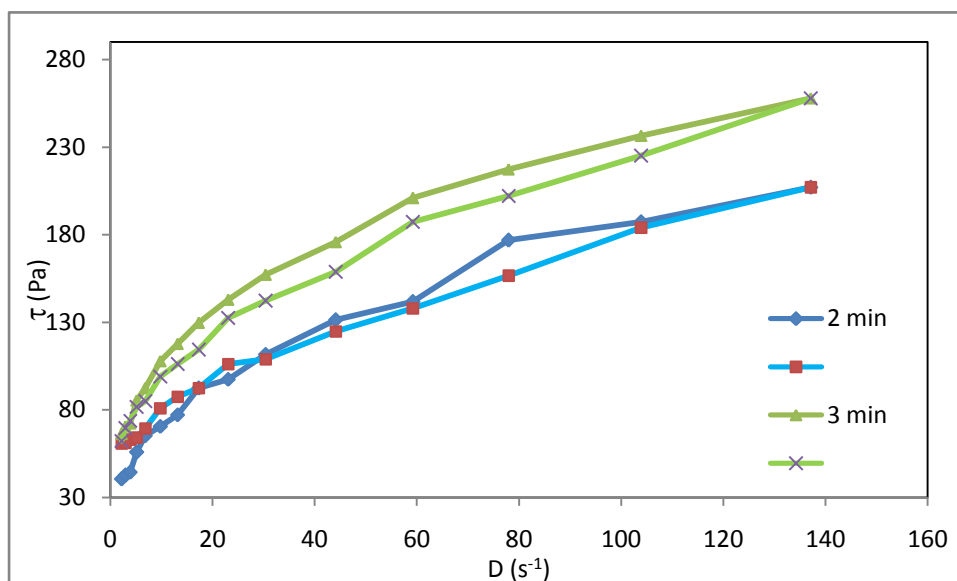
Uzorak	$\mu$ pri 137,1 s <sup>-1</sup> (Pa.s)	k (Pa.s <sup>n</sup> )	n	R <sup>2</sup>
	25 °C			
10 000 °/min	1,468	27,98	0,401	0,99396
12 000 °/min	1,928	50,59	0,336	0,99095
15 000 °/min	1,653	50,52	0,305	0,99507

$\mu$ - prividna viskoznost pri brzini smicanja 137,1 s<sup>-1</sup> (Pa.s)

k – koeficijent konzistencije (Pa.s<sup>n</sup>)

n – indeks tečenja (-)

R<sup>2</sup> – koeficijent determinacije



Slika 3. Utjecaj vremena homogenizacije (sustav rotor-stator Tip 2) na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice, mjereno pri 25 °C

Tablica 3. Utjecaj vremena trajanja homogenizacije (sustav rotor-stator Tip 2) kod brzine rotora 10 000 °/min. na reološke parametre salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice, mjereno pri temperaturi 25 °C.

Uzorak	μ pri 137,1 s <sup>-1</sup> (Pa.s)	K (Pa.s <sup>n</sup> )	n	R <sup>2</sup>
	25 °C			
1 min	---	---	---	---
2 min	1,468	27,98	0,401	0,99396
3 min	1,913	48,75	0,342	0,99741

(---) nije došlo do formiranja emulzije ulje/voda





## **5. RASPRAVA**

Rezultati ispitivanja utjecaja procesnih parametara homogenizacije (brzina rotora, vrijeme trajanja homogenizacije) kod sustava rotor/stator Tip 2 na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice prikazani su na **Slikama 2-3** i u **Tablicama 2-3**. Iz dijagrama ovisnosti brzine smicanja ( $D$ ) i smičnog naprezanja ( $\tau$ ) vidljivo je da ispitivana salatna majoneza pripada ne-Newtonovskim tekućinama, pseudoplastičnog tipa s izraženom određenom površinom tiksotropne petlje (**Slika 2**).

Utjecaj brzine rotacije rotora (10000, 12000, 15000 °/min) tijekom 2 min homogenizacije (sustav rotor/stator Tip 2) na promjenu reoloških parametara salatne majoneze, mjereno pri sobnoj temperaturi 25 °C prikazan je u **Tablici 2**. Dobiveni rezultati pokazuju da se izradom salatne majoneze kod brzine rotora homogenizatora 10 000 °/min proizvela majoneza sa prividnom viskoznošću ( $\mu$ ) 1,468 (Pa.s) i konzistencija izražena koeficijentom konzistencije ( $k$ ) 27,98 (Pa.s<sup>n</sup>) te indeks tečenja ( $n$ ) 0,401. Kod veće brzine rotora 12 000 °/min proizvedena je salatna majoneza s većom vrijednosti prividne viskoznosti 1,928 (Pa.s) i koeficijenta konzistencije 50,59 (Pa.s<sup>n</sup>) te manjim indeksom tečenja 0,336. Razlog tome je taj što je primjenom veće brzine rotora došlo do nastajanja većeg broja kapljica ulja manjeg promjera razgradnjom većih kapljica što rezultira porastom prividne viskoznosti i koeficijenta konzistencije ove salatne majoneze emulzije tipa ulje/voda. Porastom brzine rotora homogenizatora na 15 000 °/min tijekom proizvodnje salatne majoneze došlo je do stvaranja takve emulzije ulje/voda koja ima manju prividnu viskoznost (1,653 Pa.s) i koeficijent konzistencije (50,52 Pa.s<sup>n</sup>) u odnosu na primjenu brzine rotora 12 000 °/min. Ova pojava objašnjava se time što se porastom brzine rotora do određene vrijednosti povećava viskoznost i konzistencija salatne majoneze, a daljnjim porastom brzine rotora dolazi do razaranja stabilne strukture ove emulzije ulje/voda te do „razrjeđivanja“ sustava. Veća prividna viskoznost i koeficijent konzistencije ove emulzije tj. salatne majoneze postignuta je korištenjem brzine rotora homogenizatora 15 000 °/min u odnosu na 10 000 °/min.

Na **Slici 3**. vidljiv je utjecaj vremena procesa homogenizacije (2 min, 3 min) na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice. Veće vrijednosti smičnog naprezanja ( $\tau$ ), kod određenih vrijednosti brzine smicanja ( $D$ ), postignute su izradom salatne majoneze tijekom 3 min homogenizacije. Utjecaj vremena trajanja procesa homogenizacije (1, 2, 3 min), kod konstantne brzine rotora 10 000 °/min, primjenom sustava rotor/stator Tip 2, na reološke parametre salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice prikazan je u

**Tablici 3.** Izradom ove salatne majoneze tijekom 1 min homogenizacije nije se mogla proizvesti stabilna emulzija ulje/voda već je dobivena tekuća faza koja nema formirani oblik emulzije dispergiranih kapljica ulja u kontinuiranoj vodenoj fazi. Iz ovoga zaključujemo da se salatna majoneza ne može proizvesti tijekom 1 min homogenizacije te je potrebno produžiti vrijeme izrade. Također, mala je brzina rotora homogenizatora ( $10000 \text{ }^\circ/\text{min}$ ) koja ne dovodi do stvaranja stabilne emulzije. Rezultati pokazuju da se homogenizacijom tijekom 2 min dobiju parametri prividna viskoznost ( $\mu$ )  $1,468 \text{ (Pa.s)}$  kod brzine smicanja  $137,1 \text{ s}^{-1}$ , koeficijent konzistencije ( $k$ )  $27,98 \text{ (Pa.s}^n\text{)}$  te indeks tečenja ( $n$ )  $0,401$ . Produženjem vremena trajanja homogenizacije tijekom izrade salatne majoneze sa 2 na 3 min dobiva se emulzija veće prividne viskoznosti  $1,913 \text{ (Pa.s)}$  i koeficijent konzistencije  $48,75 \text{ (Pa.s}^n\text{)}$ , a manji indeks tečenja  $0,342$ .



## **6. ZAKLJUČCI**

Na temelju rezultata ispitivanja utjecaja parametara procesa homogenizacije na promjenu reoloških svojstava salatne majoneze s dodatkom voćne komponente (pulpa marelice) mogu se izvesti sljedeći zaključci:

1. Svi ispitivani uzorci salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice pripadaju ne-Newtonovskim tekućinama, pseudoplastičnog tipa.
2. Brzina rotacije rotora homogenizatora utječe na promjenu reoloških svojstava salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice.
3. Primjenom brzine rotora homogenizatora od 12 000 °/min dobivena je salatna majoneza s većom prividnom viskoznošću i konzistencijom u odnosu na 10 000 °/min i 15 000 °/min. Kod brzine 15 000 °/min proizvedena je salatna majoneza veće viskoznosti i konzistencije nego kod 10 000 °/min.
4. Vrijeme trajanja procesa homogenizacije, kod konstantne brzine rotora, utječe na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice.
5. Homogenizacijom u trajanju 1 min nije došlo do formiranja emulzije ulje/voda već je zaostala tekuća struktura. Veća viskoznost i konzistencija salatne majoneze, a manji indeks tečenja dobivena je kod vremena homogenizacije 3 min u odnosu na 2 min.

## **7. LITERATURA**



- Castellani O., Belhome C., David-Briand E., Guerin-Dubiard C., Anton M.: Oil-in-water emulsion properties and interfacial characteristics on hen egg yolk phospholipids. *Food Hydrocolloids* 20, 35-43., 2006
- Gugušević-Đaković M.: Industrijska proizvodnja gotove hrane. Poljoprivredni fakultet Beograd-Zemun, Naučna knjiga, Beograd, 1989.
- Lelas V.: Prehrambeno inženjerstvo 1, Tehnička knjiga Zagreb, 2006.
- Lovrić T.: Procesi u prehrambenoj industriji s osnovama prehrambenog inženjerstva, Hinus Zagreb, 2003.
- Mandić M.: Znanost o prehrani, Prehrambeno- tehnološki fakultet Osijek, 2007.
- Pravilnik o temeljnim zahtjevima za jestiva ulja i masti, margarine i njima sličnim proizvodima, majoneze, umake, preljevne salate i ostale proizvode na bazi jestivih ulja i masti. Narodne novine 55/96.
- Štern P., Valentinova H., Pokorny J.: Rheological properties and sensory texture of mayonnaise. *European Journal of Lipid Science and Technology* 103, 23-28, 2001.
- Wendin K., Hall G.: Influence 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., M. Risberg Ellekjar, Solheim R.: Fat content and Homogenization Effects on Flavour and Texture of Mayonnaise with Added Aroma. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.* 32.377-383.,1999.

