

# UTJECAJ SASTOJAKA NA REOLOŠKA SVOJSTVA MAJONEZE

---

Pazman, Ante

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

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:112:330368>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-31**



**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**



**Ante Pazman 1255/13**

**UTJECAJ SASTOJAKA NA REOLOŠKA SVOJSTVA  
MAJONEZE**

***ZAVRŠNI RAD***

Požega, 2016. godine

VELEUČILIŠTE U POŽEGI

POLJOPRIVREDNI ODIJEL

PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

**UTJECAJ SASTOJAKA NA REOLOŠKA SVOJSTVA  
MAJONEZE**

***ZAVRŠNI RAD***

IZ KOLEGIJA TEHNOLOGIJA ULJA I MASTI

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

STUDENT: Ante Pazman

Matični broj studenta: 1255

Požega, 2016. godine

## Sažetak:

Reološka svojstva imaju velik značaj kada se radi o postizanju određenih svojstava hrane kao i o vođenju procesa pri proizvodnje hrane. Zadatak ovog završnog rada bio je ispitivanje reoloških svojstava salatne majoneze pod utjecajem različitih vrsta šećera (saharoza, maltodekstrin, glukoza), vrste žumanjaka (svježi žumanjak, cijelo jaje u prahu) i mliječne komponente (proteini sirutke, punomasno mlijeko u prahu, kazein, proteini soje). Homogenizacija majoneze provedena je kod 10 000  $\text{r}/\text{min}$ , pri sobnoj temperaturi tijekom 3 minute. Reološka svojstva su mjerena na rotacijskom viskozimetru neposredno nakon proizvodnje pri sobnoj temperaturi. Pomoću dobivenih podataka izračunati su reološki parametri. Iz toga se može zaključiti da pojedini sastojci utječu na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom kivija. Veća prividna viskoznost i konzistencija salatne majoneze postignuta je primjenom saharoze i proteina sirutke.

Ključne riječi: salatna majoneza, reološka svojstva, sastojci, homogenizacija

## Summary:

Rheological properties have a great importance when it comes to achieving certain properties of food as well as the management of processes in food production. The task of this final work was to investigate the rheological properties of mayonnaise under the influence of different types of sugar (sucrose, maltodextrin, glucose), the type of egg yolks (fresh egg yolk, whole egg powder) and milk components (whey proteins, whole milk powder, case in soy protein ). Homogenization was carried out in mayonnaise 10 000  $\text{r}/\text{min}$ , room temperature for 3 minutes. Rheological properties were measured in a rotary viscometer immediately after production at room temperature. Using the data obtained it is calculated the shear stress upward and downward. From this it can be concluded that certain ingredients affect the rheological properties of mayonnaise. Also, as the increased deflection of the ascending scale so is the increased shear ascending and vice versa.

Key words: salad mayonnaise, rheological properties, ingredients, homogenization

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. PREGLED LITERATURE .....	2
2.1. Emulzije.....	2
2.1.1. Podjela emulzije.....	2
2.1.2. Emulzija tipa ulje u vodi .....	2
2.1.3. Emulzija tipa voda u ulju .....	3
2.1.4. Priprema emulzija .....	3
2.2. Majoneza .....	4
2.2.1. Sirovine za proizvodnju majoneze.....	6
2.2.2. Tehnološka proizvodnja majoneze.....	8
2.3. Reološka svojstva hrane .....	9
2.3.1. Reološka svojstva tekućih namirnica.....	12
2.3.2. Newtonovske tekućine .....	13
2.3.3. Nenevtonovske tekućine .....	13
2.3.4. Čimbenici koji utječu na reološka svojstva.....	15
2.3.5. Instrumenti za mjerenje viskoznosti .....	17
3. MATERIJALI I METODE .....	21
3.1. Zadatak .....	21
3.2. Materijali .....	21
3.3. Metode.....	25
3.3.1. Priprema uzorka.....	25
3.3.2. Mjerenje reoloških svojstava .....	27
3.3.3. Određivanje reoloških parametara .....	28
4. REZULTATI.....	29
5. RASPRAVA.....	31
6. ZAKLJUČCI.....	33
7. LITERATURA.....	34

## 1. UVOD

U ovom završnom radu govorit će se o ispitivanju utjecaja različitih sastojaka na reološka svojstva majoneze. Završni rad obuhvatit će teorijski i eksperimentalni dio koji sam odradio u laboratoriju za tehnologiju ulja i masti na Prehrambeno-tehnološkom fakultetu u Osijeku.

Majoneza je emulzija tipa ulje u vodi koja se dobije postupkom homogenizacije jestivog biljnog ulja, žumanjka, octene kiseline, dopuštenih aditiva sa ili bez začina. Poznavanje reoloških svojstava značajno je kod kreiranja željene konzistencije i stabilnosti majoneze (Štern i sur., 2001.), u kontroli kvalitete tijekom proizvodnje, skladištenja i transporta (Juszczak i sur., 2003.). Isto tako, reološka svojstva majoneze ovisna su o vrsti biljnog ulja, emulgatora, stabilizatora i zgušnjivača.

Istraživanje koje sam proveo u svrhu završnog rada odnosi se na ispitivanje utjecaja različitih sastojaka na reološka svojstva majoneze kao što su utjecaj mliječne komponente (proteini sirutke, punomasno mlijeko u prahu, kazein i proteini soje), utjecaj vrste šećera (saharoza, maltodekstrin i glukoza), utjecaj vrste žumanjaka (svježi žumanjak i cijelo jaje u prahu). Izrada uzoraka majoneze provedena na laboratorijskom homogenizatoru pri stalnoj brzini rotora od 10 000 %/min i pri sobnoj temperaturi u vremenu od 3 minute. Ispitivanje reoloških svojstava majoneze napravljeno je na rotacijskom viskozimetru pri temperaturi 25°C.

## **2. PREGLED LITERATURE**

### **2.1. Emulzije**

„Emulzije se obično definiraju kao sustavi, stabilne suspenzije, dviju tekućina koje se (inače) ne miješaju, površinski tako odijeljenih, da su kapljice jedne tekućine (disperzna faza) obavijene drugom tekućinom (kontinuirana faza)“ (Lovrić, 2003).

Postoje dva tipa emulzija: ulje u vodi (u/v) i tip voda u ulju (v/u). U prehrambenoj industriji najčešće su to margarin, majoneza i sl. Lovrić (2003) navodi da se veličina globula disperzne faze kreće od 0,01 do 100  $\mu\text{m}$ .

Na osnovi toga razlikuje se:

- mikroemulzija, dimenzija 0,01 – 0.5  $\mu\text{m}$ ,
- makroemulzija, veličine globula 0,5 – 100  $\mu\text{m}$ .

Kako bi se moglo utvrditi o kojem se tipu emulzije radi provode se određeni testovi:

- Test bojenja
- Test razrjeđenja
- Test električne vodljivosti (Lelas, 2006)

#### **2.1.1. Podjela emulzije**

- Ulje u vodi (U/V) - kapljice ulja dispergirane su u kontinuiranoj vodenoj fazi.
- Voda u ulju (V/U) - ulje je kontinuirana faza, a sitne kapljice vode su raspršene u ulju.

#### **2.1.2. Emulzija tipa ulje u vodi**

Kod ovog tipa emulzije kapljice ulja su dispergirane u vodi, gdje je voda kontinuirana faza, a ulje diskontinuirano ili disperzna faza. Primjeri emulzija: mlijeko, vrhnje, majoneza i ostalo. Kod ovog tipa emulzije postoji dosta čimbenika koji utječu na stabilnost emulzije:

- stupanj razdijeljena faza
- odnos volumena faza
- specifična masa faza
- temperatura (Lelas, 2006)

### 2.1.3. Emulzija tipa voda u ulju

Za razliku od tipa emulzije U/V ovdje je ulje kontinuirana faza, a sitne kapljice vode su diskontinuirana faza te su raspršene u ulju. (Disperzni sistemi - Emulzije i suspenzije, 20.07.2016., url.) Primjeri emulzija voda u ulju su margarin, maslac i drugo.

### 2.1.4. Priprema emulzija

Emulzije nastaju miješanjem dvaju faza (uljne i vodene) pri čemu dolazi do stvaranja puno malih kapljica i povećanja dodirne površine faza. Između faza stvara se odgovarajuća površinska napetost koja djeluje suprotno dispergiranju, tj. nastoji smanjiti dodirnu površinu faza, te je iz tog razloga potrebno uložiti rad koji će prevladati postojeću površinsku napetost i povećati dodirnu površinu između faza.

„Rad ( $W$ ) koji je potrebno uložiti proporcionalan je napetosti površine ( $\sigma$ ) i povećanju površine kapljica ( $dA$ )“ (Lelas, 2006).

$$W = \sigma \cdot dA [J]$$

### Emulgatori

Vrlo važno u proizvodnji majoneze je stabilnost emulzije kako ne bi došlo do odvajanja faza ulja od vode. Kako bi se to spriječilo koriste se emulgatori kao treći element u emulzijama. „Površinske pojave su, prema tome, ovisne o svojstvima tvari dviju faza, ali često i o trećoj komponenti koja se dodaje, i adsorbirana je u među sloju, koja sprječava povezivanje globula (kapljica). Te tvari nazivaju se emulgatori“ (Lovrić, 2003). Glavna je funkcija emulgatora smanjiti napetost površine između faza te stvaranje barijera među fazama (Disperzni sistemi - Emulzije i suspenzije, 20.07.2016., url.).

Lelas (2006) opisuje emulgatore i navodi da svaki emulgator mora ispunjavati određene zahtjeve kako bi ispunio očekivanja:

- mora smanjivati površinsku napetost
- mora globule disperzne faze nabijati tako da se one međusobno odbijaju ili stvarati jaki zaštitni sloj oko globula (Lelas 2006).



Emulgatori se s obzirom na dozvoljenu količinu unosa u organizam mogu podijeliti na:

1. Neograničene dozvoljene emulgatore - emulgatori prema FDA (Food and Drug Administration) koji nose oznaku G.R.A.S. (Generally recognized as safe) i mogu se neograničeno koristiti.
2. Ograničene dozvoljene emulgatore - prema FDA imaju oznaku ADI (Acceptable daily intake) izraženu u mg/kg/d, te označava maksimalnu količinu emulgatora koja se dnevno smije unositi u organizam.
3. Nedozvoljene emulgatore - ne smiju se upotrebljavati u ljudskoj prehrani.

Ovisno o elektrokemijskom naboju emulgatori mogu biti:

- Anionski - otopljeni u vodi imaju negativan naboj
- Kationski - otopljeni u vodi imaju pozitivan naboj
- Amfoterni - imaju u pozitivan i negativan naboj
- Neionizirajući - otopljeni u vodi nemaju naboj (Lelas, 2006)

Hidrofilni broj (HLB) vrlo je važan podatak emulgatora koji određuje hidofilnost emulgatora. Vrijednost HLB se kreće od 1 do 20. Što je broj veći ima izraženiji hidrofili karakter. Emulgatori manji od 9 su lipofilni, oni između 8 i 11 intermedijarni, dok su oni između 11 i 20 hidrofili. Emulgator koji ima vrijednost između 3 i 6 dat će emulziju tipa V/U, dok će onaj između 8 i 18 davati U/V. Za stabilnost emulzije potrebno je kombinirati više emulgatora s hidrofili i hidrofobnim grupama (Hasenhuettl i Hartel, 2008).

## **2.2. Majoneza**

Majoneza je proizvod dobiven kao emulzija ulja u vodi, sastoji se od jestivog biljnog ulja, žumanjaka kao emulgatora, octene i/ili druge jestive kiseline, te dopuštenih aditiva, sa ili bez začina. Prema podacima koji se mogu pronaći na web stranici Zvijezda d.o.o. može se uvidjeti da proizvodnja majoneze u Republici Hrvatskoj započinje davne 1959. godine. Isto tako, navodi se da je Zvijezda d.o.o. samu recepturu mijenjala kako bi dobila proizvod koji bi bio prihvaćen od strane potrošača (Povijest, 27.06.2016., url.).

Vrlo je bitno naglasiti da su proteini žumanjka jajeta, fosfolipidi (lecitin) iz žumanjka jedni od glavnih sastojaka koji majonezi daju stabilnost. Takva majoneza, sa svim svojim sastojcima, pripada grupi kvarljivih proizvoda jer ne podliježe konzerviranju. Trajanje majoneze kao pokvarljivog proizvoda, čuvanjem na nižim temperaturama, može se koristiti u prosjeku od 4 do 6 mjeseci.

Kvarenje majoneze možemo svrstati u 3 grupe:

1. Separacija ulja iz emulzije - kod ovog kvarenja najčešće dolazi do razdvajanja uljne faze od vodene.
2. Fermentacija - rijetko dolazi do kvarenja na ovaj način, uzrokovano aktivnošću mikroorganizama koji su uneseni preko zraka, sirovine posuđa i sl.
3. Užeglost - dolazi do pojave promjenom senzorskih svojstava.

Prema Pravilniku koji je donošen u NN 39/99, majoneza se dijeli s obzirom na udjel jestivog biljnog ulja na tri glavne vrste (majoneza, salatna majoneza, lagana majoneza). Za svaku navedenu vrstu majoneze pravilnikom (NN 39/99) propisana je osnovna receptura sa zahtjevima - Majoneza:

- da je udjel jestivog biljnog ulja najmanje 75%,
- da je udjel žumanjka najmanje 6%,
- da je svojstvene boje, okusa i mirisa, bez stranog i/ili užeglog okusa i mirisa.

Salatna je majoneza proizvod dobiven od jestivog biljnog ulja, žumanjka, octene ili druge organske kiseline, mliječnih proizvoda, senfa, šećera, i drugih prehrambenih proizvoda, začina i ekstrakta začina te dopuštenih aditiva. Salatna majoneza koja se stavlja u promet i distribuciju prema potrošaču mora zadovoljavati sljedeće regulative:

- udio jestivog biljnog ulja najmanje 50%,
- udio žumanjka 3,5%,
- da je svojstvene boje, okusa, i mirisa, bez stranog ili užeglog mirisa.

Lagana je majoneza proizvod dobiven od jestivog biljnog ulja, žumanjka octene ili druge organske kiseline, mliječnih proizvoda, senfa, šećera, i drugih prehrambenih proizvoda, začina i ekstrakta začina, te dopuštenih aditiva. Lagana majoneza kod stavljanja u promet, također kao i u prethodne dvije grupe, mora udovoljavati zakonskim propisima:

- udio jestivog biljnog ulja najviše 50%,
- da je svojstvene boje, okusa i mirisa, bez stranog ili užeglog mirisa

### 2.2.1. Sirovine za proizvodnju majoneze

Potrebne sirovine za proizvodnju majoneze su:

- Jestiva biljna ulja

Prema Pravilniku (NN 41/12) ulja dijelimo prema načinu dobivanja uz pomoć određenog tehnološkog postupka na rafinirana, nerafinirana i hladno prešana ulja.

Svako od navedenih ulja ima svoje posebne karakteristike te određene uvjete u kojima će biti najkvalitetnije. Kod stavljanja na tržište u RH rafinirana ulja moraju biti na 20°C, tekuća, bistra, karakteristične boje, neutralnog do karakterističnog mirisa i okusa, bez stranog ili užeglog mirisa i okusa. Vrlo je bitno da ne sadrže više od 0,3% SMK (slobodnih masnih kiselina). Nerafinirana i hladno prešana ulja također moraju biti proizvedena prema zakonskim propisima i to na način da su karakteristične boje, mirisa i okusa karakteristična za tu vrstu sjemena te udjel SMK ne smije prelaziti 2% (NN 41/12).

Kod proizvodnje majoneze vrlo je važna kakvoća biljnih ulja koja se koristi kod stvaranja emulzije ulja u vodi jer vrlo lako dolazi do stvaranja užeglosti kao i oksidacije istog. Biljna ulja prije ulaska u tehnološki postupak proizvodnje majoneze moraju proći testiranja čuvanja pri niskim temperaturama 0-5 °C, pri čemu ne smiju imati taloga i замуćenja. Također se izlaže testu stabilnosti ulja, gdje se ulje izlaže temperaturama od -4 do 0 °C tijekom 5 sati. Ukoliko ne dođe do izdvajanja taloga primjereno je za izradu majoneze.

Uz sve navedeno vrlo je važno znati da je biljno ulje izloženo oksidaciji i užeglosti, da je ulje u kontaktu s vodom, zrakom i svjetlosti, te je vrlo važno sve te čimbenike povezati kako bi dobili kvalitetno ulje koje je pogodno za izradu majoneze (Swern, 1972).

- Jaja

„Ako ne sadrži posebnu oznaku, pod nazivom jaja podrazumijevaju se samo jaja kokoši. Klasificiraju se prema masi na S (iznad 65g), A, B, C, D i E (ispod 45g). Prosječno jaje teži 50g, oko 11% čini ljuska, 58% bjelanjak, a 31% žumanjak" (Mandić, 2007).

Mandić (2007) u svome objašnjenju, navodi da žumanjak sadrži 32% masti, dok se u bjelanjku gotovo uopće ne nalazi mast. U prosjeku jaje sadrži 12-14% masti. Uglavnom su to esteri viših masnih kiselina; oleinska, C16:1, 50%), palmitinska (C16:0), stearinska

(C18:0) i linolna (C18:2) i glicerola. Od prisutnih je masti 10% lecitin. (Znanost o prehrani 27.07.2016., url.).

Zbog svog sastava, žumanjak sadrži prirodne emulgatore; proteini (ovovitelin 17%), fosfolipidileciti i dr., te masti (triacilgliceroli, kolesterol 32%). Kao takav osnova je u proizvodnji majoneze i služi kao emulgator u emulziji ulja i vode.

- Ocat

Potrebna kiselina koja se koristi u proizvodnji majoneze dobiva se mikrobiološkom oksidacijom etanola u octenu kiselinu, tj. fermentacijom etilnog alkohola te kao takva čini osnovni dio vodene faze emulzije. Prosjek kiseline je 10% u samom proizvodu. Posjeduje antiseptička djelovanja i ovisno o njegovom udjelu u proizvodu može spriječiti kvarenje majoneze. Umjesto octa može se koristiti i limunov sok koji je kvalitetniji, ali proizvod je tada skuplji (Gugušev-Đaković, 1989). Sirovina za proizvodnju octa:

- Prevela sladovina
- Prevrela voćna sokovi (vino, jabukovača)
- rafinirani etanol dobiven iz konditorskih sirovina

Proces je aeroban, odvija se pri temperaturi 28 do 30 °C, a mikroorganizam koji to provodi naziva se *Acetobacteracetii*.

- Začini

Začini služe kako bi poboljšali okus proizvoda. Prema definiciji, začini su pojedini dijelovi biljaka ili cijele biljke, pretežno iz tropskih predjela, koji radi sadržaja eteričnih ulja, alkaloida, glikozida i drugih aromatičnih spojeva, u hrani izazivaju određen okus ili miris. Zavisno od okusa i mirisa mogu se svrstati u ljute, gorke, sladunjave, kisele, kombinirane i sl. (Mikrobiologija začina 29.6. 2016., url.). Najčešći začini koji se koriste kod proizvodnje majoneze su senf, sol, papar. Najčešće dolaze u prahu ili ekstraktu, također mogu se koristiti začini koji će biti prihvaćeni od potrošača, npr. čili.

- Stabilizatori i emulgatori emulzija

Vrlo je važno odabrati dobre stabilizatore i emulgatore emulzija kako bi dobili kvalitetan proizvod. To su tvari koje se dodaju radi boljih fizikalnih svojstava, strukture i konzistencije proizvoda. Stabilizatori koje dodajemo u emulzije najčešće su:

- ugljikohidrati, škrobovi (prirodni i modificirani)
- proteini, derivati celuloze,
- biljne gume (gumirabika)
- agar agar, karagen i drugi

Djelovanje stabilizatora i emulgatora u proizvodu povećavaju viskoznost vodene faze, daju što čvršću konzistenciju, smanjuju razlike specifične težine (disperzne faze i disperznog sredstva) te snižava površinsku napetost tekućine i omogućava miješanje tekućina.

### **2.2.2. Tehnološka proizvodnja majoneze**

Kod proizvodnje majoneze vrlo je važno postići što bolju konzistenciju, homogeniziranost te stabilnost. Dobra emulzija je kada su kapljice ulja promjera do 2 mikrona, dok je kod slabije emulzije promjera 10 mikrona (Belak, 2005). Postoji tri tehnološka načina proizvodnje majoneze:

1. Postupak s mikserom
2. Postupak s homogenizatorom ili koloidnim mlinom
3. Vakum postupak

Postupak s mikserom - jedan od najstarijih načina proizvodnje majoneze koji se odvijao na diskontinuiran način, te se i danas koristi. Uređaji s velikim miješalicama posjeduju veliku brzinu okretaja koji se mogu regulirati ovisno o potrebama. U početnoj fazi se dodaju žumanjci i na taj način se dolazi do potpune homogenizacije. Nakon toga dodaje se mali dio octa (1/3), zatim se miješa i postepeno se dodaje biljno ulje dok se ne dobije dovoljno homogenizirana smjesa. Kada se dobije smjesa koja je potrebna smanjuje se brzina miksera te dodaje preostali ocat (2/3). Uzastopnim radom pokazalo se da je bolja konzistencija majoneze uz dodatke veće količine octa kada je sve ulje emulgiralo. Optimalna temperatura za izradu je 20 °C.

Postupak s homogenizatorom ili koloidnim mlinom - drugi od tri vrste uređaja za proizvodnju majoneze. Ovaj je postupak za razliku od uređaja s mikserom kontinuiran, te se koristi za postizanje i dobivanje stabilnijih emulzija pomoću homogenizatora ili koloidnih mlinova. Princip rada ovog uređaja zasniva se na razbijanju čestica ulja i stvaranja novih čestica manjeg promjera, a veće površine (1mikron). Homogenizatori koji se koriste kod ovoga postupka propuštaju čestice kroz male otvore, gdje se tlak kreće od 80-300 bara.

Postupak izrade majoneze kod ovog uređaja kreće se u pred mikseru gdje se počinje miješanjem žumanjaka, dijela octa, začina i ulja pri čemu se dobije slaba emulzija. Dodatkom preostalog dijela octa, pripremljenog na taj način, emulzija se propušta kroz homogenizator ili koloidni mlin.

Vakum postupak - treći iz grupe uređaja za proizvodnju majoneze. Ujedno je i najkvalitetniji, odnosno dobije se najkvalitetniji proizvod u usporedbi s prethodno opisanim uređajima. Velika prednost u usporedbi s ostalim uređajima je ta što se isključuje zrak iz postupka te samim time dobijemo:

- smanjenje mogućnosti razvoja mikroorganizama
- nemogućnost oksidacije ulja tijekom čuvanja majoneze
- nastaju manje kapljice ulja (manjeg promjera) te je emulzija homogenija i stabilnija

Mora se napomenuti da je velika prepreka kod ovakvih uređaja njihova visoka cijena kao i to što nisu često u upotrebi, nego se najčešće koriste homogenizatori ili koloidni mlinovi.

### **2.3. Reološka svojstva hrane**

Reologija je znanstvena disciplina fizike koja se bavi tečenjem i deformacijom kako krutih (čvrstih), tako i tekućih materijala. Tu se podrazumijevaju deformacije, promjene oblika i dimenzija određenog tijela pod utjecajem sile (Lovrić, 2003). "Osnovna reološka svojstva krutih materijala su elastičnost i plastičnost, a tekućih (fluida) viskoznost" (Lovrić, 2003.). Idealna reološka svojstva su:

- elastičnost
- plastičnost
- viskoznost (Lelas, 2006)

Prema Lelas (2006) vrlo je važno znati da je poznavanje reoloških svojstava nužno za vođenje tehnoloških procesa i određivanje njihovih značajki kako u prehrambenoj tako i u kemijskoj i farmaceutskoj industriji. Samim praćenjem reoloških svojstava proizvoda moguće je utjecati na pojedine tehnološke parametre u smislu dobivanja kvalitete koja je potrebna, npr. čokolada.

Reološka svojstva tijekom proizvodnje hrane su podložna promjenama te je njihovo praćenje moguće vršiti na više načina:

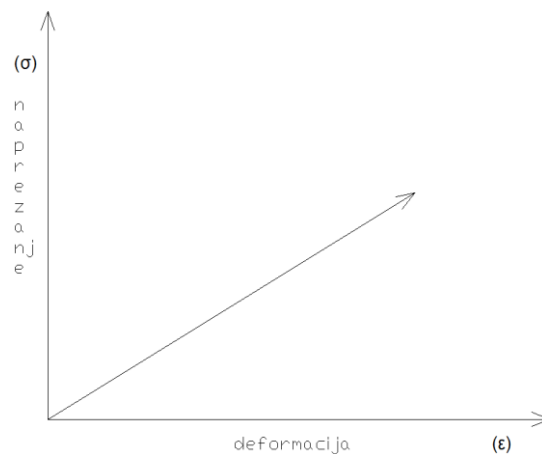
- Kontrola tehnološkog procesa proizvodnje
- Kontrola kvalitete proizvoda
- Dimenzioniranje cjevovoda i pumpi
- Izbori svih potrebnih uređaja za odvijanje određenog tehnološkog procesa
- Utvrđivanje optimalnih uvjeta vođenja procesa (Lelas, 2006.)

### Elastičnost

Postoji idealna elastičnost koja se događa kada se deformacija pojavi na tijelu s djelovanjem sile, a nestaje nakon prestanka te iste sile i poznata je kao Hookeov zakon:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

Idealna se elastičnost pokazuje kod materijala kod kojih je naprezanje ( $\sigma$ ) proporcionalno deformaciji ( $\varepsilon$ ). Oznaka  $E$  predstavlja modul elastičnosti koji se još naziva i Youngov model (Lelas, 2006).

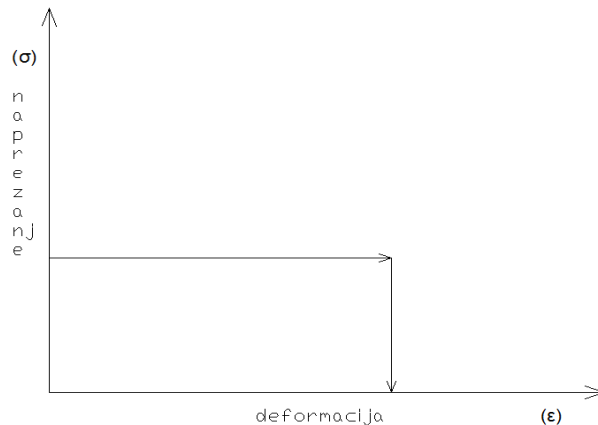


**Slika 1** Prikaz elastičnog ponašanja materijala (Izvor: autor)

Lelas (2006) ukazuje da najveću elastičnost kod namirnica pokazuju kruh i pecivo.

### Plastičnost

Za razliku od elastičnosti materijal doživljava plastično naprezanje u slučaju trajne deformacije u trenutku postizanja određene sile naprezanja. Idealno plastično ponaša se materijal koji je vidljiv na slici 2.



**Slika 2** Prikaz plastičnog ponašanja materijala (Izvor: autor)

„Pod utjecajem malog naprezanja ( $\sigma$ ) nema deformacije ( $\epsilon$ ). Kada se naprezanje poveća do vrijednosti  $\sigma_0$  (prag naprezanja) dolazi do deformacije koja se povećava (kod iste sile naprezanja) sve dok ona traje. Nakon prestanka djelovanja sile naprezanja materijal zadržava nastalu deformaciju". Lelas (2006). Primjeri za ovaj sustav su: sir i maslac.

### Viskoznost

„Viskoznost se može jednostavno definirati kao unutrašnje trenje koje djeluje unutar fluida (tekućine), tj. kao otpor tečenju" (Lovrić, 2003).

Lelas (2006), u svome navodu opisuje djelovanja viskoznosti između dviju ploha; ako na tekućinu pri udaljenosti  $dy$  od donje plohe djeluje neka sila  $F$  tada se gornja ploha počinje gibati određenom brzinom  $u+du$ , a donja se giba brzinom  $u$ . Prostor unutar tekućina izaziva naprezanje koje se može definirati kao sila koja djeluje na jedinicu površine  $F/A$  ( $N/m^2$ )

Deformacija koja je nastala izražava se kao Newtonov zakon:

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

gdje je:

$\tau$ - smično naprezanje ili sila po jedinici površine (Pa) ili ( $N/m^2$ )

$\mu$ - koeficijent viskoznosti (Pa/s) ili ( $N s/m^2$ )

$D = -\frac{du}{dy}$  - gradijent brzine između dviju ploha odnosno brzina smicanja

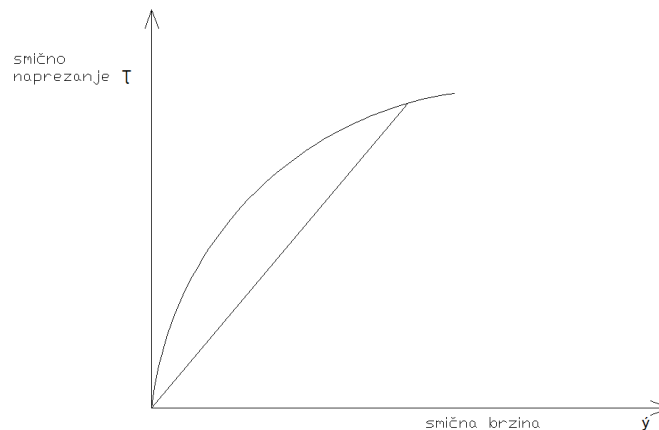


Tekućine koje se mogu izraziti Newtonovim zakonom su: voda, ulje, voćni sokovi i sl.

Što se tiče fluida, plinovi imaju najnižu viskoznost, a jednostavne kapljevine poput vode, razrijeđenih otopina i organskih otapala imaju vrlo nisku viskoznost. U pravilu, kada se poveća udjel suhe tvari viskoznost se povećava (Lelas, 2006).

### 2.3.1. Reološka svojstva tekućih namirnica

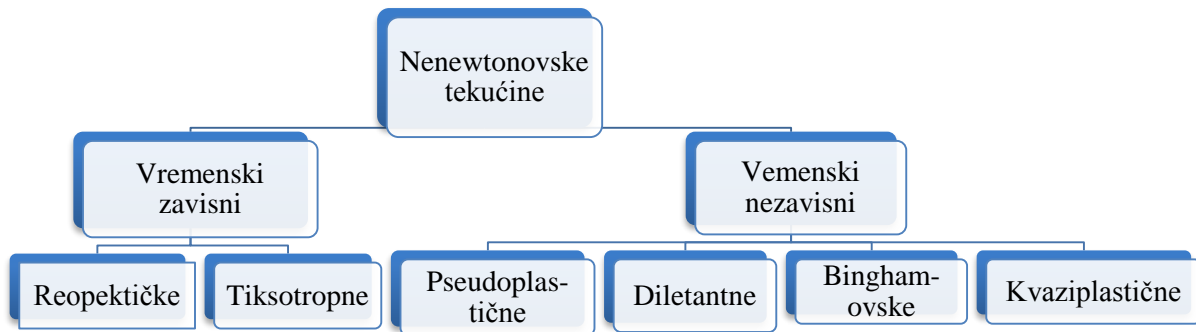
Kod newtonskih tekućina, čija je viskoznost stalna pri određenoj temperaturi i tlaku, viskoznost kod kaša i gustih kapljevina nije stalna i mijenja se s promjenom brzine smicanja, te se takve tekućine nazivaju nenewtonovske. Grafički prikazan odnosa između smičnog napreznja i brzine smicanja takvih kapljevina je krivulja čiji će oblik ovisiti o vrsti, a viskoznost ovisi o brzini pri kojoj se određuje. Zbog razloga različite viskoznosti kod svake brzine smicanja, viskoznost nenewtonskih tekućina naziva se prividna viskoznost.



**Slika 3** Dijagram ovisnosti smičnog napreznja o brzini smicanja (Izvor: autor)

Lelas (2006) opisuje prividnu viskoznost na način da je to u promatranoj točki nagib pravca koji spaja promatranu točku i koordinatni početak na dijagramu ovisnosti smičnog napreznja i smične brzine, što se može vidjeti na slici 3.

Podjela nenevtonovskih tekućina:



**Slika 4** Podjela nenevtonovskih tekućina

### 2.3.2. Newtonovske tekućine

Kod newtonskih tekućina, viskoznost je stalna kod određene temperature i tlaka, a veličina je određena Newtonovim zakonom. Pokaže li se grafički odnos između smičnog naprežanja ( $\tau$ ) i brzine smicanja ( $D$ ) dobije se pravac koji prolazi kroz ishodište. Koeficijent smjera je vrijednost dinamičke viskoznosti tekućine ( $\mu$ ). Prema Newtonovom zakonu, pri određenom tlaku i temperaturi viskoznost je konstantna. Tekućina, kod koje je odnos između smičnog naprežanja i brzine smicanja konstanta, može se izraziti Newtonovim zakonom. Takve tekućine nazivaju se Newtonove tekućine. (Mezger, 2002). Primjer su: mlijeko, voda, voćni sokovi (Moslavac, 1999).

### 2.3.3. Nenevtonovske tekućine

To su tekućine kod koje viskoznost ovisi o temperaturi, tlaku ali i o brzini smicanja kao i o vremenu.

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

Dijele se na:

- pseudoplastične
- diletantne
- plastične ili Binghamove
- kvaziplastične

### **Pseudoplastične**

To su tekućine kod kojih se smično naprezanje povećava brže kod nižih brzini smicanja nego kod viših. Kod velike vrijednosti smičnog naprezanja ponaša se kao newtonovska. Za određivanje reoloških parametara za ovakve tekućine primjenjuje se Ostwald de Waeleov zakona. Indeks tečenja ( $n$ ) kreće se od 0 do 1 (Lelas 2006). Najčešće pseudoplastično ponašanje pokazuju nenevtonovske tekućine, a kao primjeri su: voćne kaše (banana, jabuka i dr.), a za med  $n=1$  ( Lovrić 2003).

### **Diletantne**

Kod ovih tekućina karakteristika je nagli porast smičnog naprezanja (viskoznosti) pri povećanju brzine smicanja. Iz toga se zaključuje da je otpor sustava puno veći pri većim brzinama smicanja nego pri bržim. Izraz je isti kao i kod pseudoplastičnih tekućina, ali je  $n$  veći od 1. Vrlo je rijetko prisutna u hrani (Lovrić, 2003).

### **Plastične kapljevine**

Nazivaju se još i Binghamovske plastične tekućine, a njihova je glavna značajka da se kod malih naprezanja ponašaju kao krutine i ne pokazuju deformaciju dok se ne postigne prag potreban za naprezanje (Lelas, 2006).

Reološka karakteristika se opisuje izrazom:

$$\tau = k \cdot \dot{\gamma} + \tau_0$$

## **Kvaziplastične tekućine**

Lelas (2006) navodi da su to kapljevine mješovitoga tipa koje se ponašaju vrlo slično kao i plastične tekućine, odnosno da je potrebno postići određeni prag naprezanja da bi se dovelo u stanje gibanja nakon čega se ponašaju kao dilatantna kapljevina ili pseudoplastična. Reološki karakter im se može opisati izrazom Herschela i Bulkleya, (Lelas, 2006):

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

odnosno izrazom po Cassonu:

$$\tau^{1/2} = k_0 + k_1 \cdot \dot{\gamma}^{1/2}$$

gdje je:

- $k_0$ - granica tečenja
- $k_1$ - viskoznost

## **Tiksotropne i reopektičke tekućine**

Kod tiksotropne tekućine unutarnji otpor ovisi o promjeni naprezanja, trajanju naprezanja i prethodnim deformacijama, pri čemu dolazi do narušavanja početne strukture, a viskoznost opada s trajanjem naprezanja. Primjer ponašanja tiksotropne tekućine pokazuje koncentrat rajčice.

Kod reopektičkih tekućina se za razliku od tiksotropnih sustava s vremenom naprezanja povećava konzistencija. Djelovanjem smicanja raste viskoznost, a u stanju mirovanja viskoznost se snižava. Primjer ponašanja pokazuje tučeno vrhnje.

### **2.3.4. Čimbenici koji utječu na reološka svojstva**

Vrlo je bitno poznavanje utjecaja pojedinih čimbenika na reološka svojstva hrane, zbog toga što direktno utječu na kvalitetu, organoleptička svojstva kao i na sam proces proizvodnje; način pakiranja uvjete čuvanja i drugo.

Čimbenici koji utječu na reološka svojstva hrane:

1. Utjecaj temperature - najvažniji čimbenik koji utječe na reološka svojstva. Potrebno ju je stalno kontrolirati i održavati konstantnom. Uz podatak viskoznosti potrebno je navesti i temperaturu tijekom mjerenja. Utjecaj temperature je različit kod različitih materijala; tako

se kod plinova s povećanjem temperature povećava i viskoznost, dok se kod kapljevina smanjuje.

„Promjena viskoznosti newtonovskih i nekih nenewtonovskih kapljevina u ovisnosti o temperaturi može se na zadovoljavajući način izraziti Arrheniusovom jednadžbom" (Lelas, 2006)

$$\mu = A \cdot \frac{\Delta E}{eRT}$$

2. Utjecaj kemijskog sastava - u ovisnosti o suhoj tvari reološka svojstva, također, ovise i o kemijskom sastavu. S povećanjem udjela suhe tvari dolazi do porasti viskoznosti. Hidrokoloide povećavaju viskoznost tekućina. Veliki utjecaj na viskoznost ima kemijski sastav hrane pri čemu kod jestivih biljnih ulja svako sadrži pojedine udjele različite masne kiseline zbog čega im viskoznost nije jednaka. Ulja koja sadrže više masne kiseline i više zasićenih masnih kiselina imaju veću viskoznost (Lewis, 1986).

3. Utjecaj tehnološkog procesa - bitan je čimbenik utjecaja na reološka svojstva hrane koji se odnosi na način tehnološke pripreme, način konzerviranja i uvjete čuvanja. Najveće promjene se događaju tijekom miješanja, homogenizacije, toplinskog tretiranja, ekstrudiranja, smrzavanja i fermentacije.

Miješanje - često primjenjiv postupak u različitim tehnološkim procesima (proizvodnja čokolade, sladoleda) s kojim se pokušava postići određena organoleptička svojstva i reološka svojstva proizvoda. Zbog velikog utjecaja promjenjivih uvjeta miješanja (brzina, vrijeme, temperatura) neophodno je stalno praćenje navedenih parametara te se i na taj način vrši kontrola proizvoda.

Homogenizacija - s njom se dodatno povećava stabilnost i postiže bolja viskoznost. Tako kod proizvodnje majoneze dolazi do povećanja viskoznosti, dok kod koncentriranih sokova ona se snižava. (Crandall. i sur., 1988)

Toplina - vrlo važan čimbenik. Provođenje toplinskih obrada pod određenim temperaturama ima veliki utjecaj na sama reološka svojstva gotovih proizvoda. Yang (1989) navodi da je viskoznost kod majoneze veća ukoliko su žumanjci jaja pasterizirani kod viših temperatura. U procesu koncentriranja potrebno je voditi računa o porastu udjela suhe tvari jer s porastom suhe tvari dolazi do povećanja viskoznosti. Udio suhe tvari osobito proteina posebno je ograničavajući čimbenik procesa. Proces smrzavanja znatno utječe na reološka

svojstva a, razlog je toga izdvajanje vode, separacija faza i sl. Potrebno je voditi računa o temperaturi smrzavanja i skladištenja smrznutih proizvoda (Hegedušić i sur. 1991, Lovrić, 2003) .

### 2.3.5. Instrumenti za mjerenje viskoznosti

Postoji veliki broj instrumenata za mjerenje viskoznosti, a njihov rad se zasniva na posebnim principima te se mogu svrstati u nekoliko skupina kako je prikazano u tablici 1.

Tablica 1 Klasifikacija viskozimetara prema radu (Lelas, 2006)

Viskozimetri	Kapilarni	- Princip slobodnog pada	- Stalnog nivoa - Promjenjivog nivoa
		-Tečenje pod tlakom	
	S padajućom kuglicom	- Elektromagnetski	
		- Optički	
		- Radijacijski	
	Rotacijski	- S koncentričnim cilindrima	
		- Sa stošcem i pločom	
		- S paralelnim pločama	
	Vibracijski	- Oscilacijski	
		- Niskofrekventni	
		- Ultrazvučni	
	Zasnovan na drugom principu	- Žljebasti	
		- Na principu mjerenja mjehurića	

Najčešći tip viskozimetra u prehrambenoj industriji je kapilarni i rotacijski tip (Mezger, 2002).

#### Kapilarni viskozimetar

Kapilarni viskozimetar radi na principu protjecanja tekućine kroz cijev točno određenih dimenzija, pri čemu se vrši mjerenje odnosa tlaka i protoka tekućine. Da bi mjerenje bilo omogućeno potrebno je imati sljedeće uvjete:

- tečenje je stalno
- svojstva tekućine neovisna su o vremenu

- tečenje je laminarno
- tekućina je ne stlačiva
- viskoznost tekućine ne ovisi o tlaku i
- mjerenje se provodi kod izotermnih uvjeta (Lelas 2006.)

Kod mjerenja protjecanja tekućina kroz horizontalnu cijev može se primijeniti Poiseuilleova jednadžba:

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

gdje je :

Q - protok tekućine (m<sup>3</sup>/s)

d - promjer cijevi (d)

$\mu$  - viskoznost (Pa.s)

$\Delta P$  - tlak koji tjera tekućinu kroz cijev ( Pa)

r - polumjer cijevi (m)

l - duljina cijevi (m)

Izraz se primjenjuje za određivanje viskoznosti u newtonovskim tekućinama kod kojih je odnos između tlakova i protoka linearan. Kod velike viskoznosti tekućina je nenevtonovska te za mjerenje takve tekućine možemo koristiti izraz koji je izveden iz stupnjevitog zakona i Poiseuilleovog izraza (Lelas, 2006).

$$Q = \pi \left( \frac{\Delta P}{2kl} \right) \frac{1}{n} \cdot \frac{n}{3n+1} \cdot r \frac{3n+1}{n}$$

Rotacijski viskozimetar

Rotacijski viskozimetri koriste se češće nego kapilarni viskozimetri jer je rad s njima jednostavniji i praktičniji, a mjerenja se mogu provoditi u širokom rasponu te mogu mjeriti viskoznost različitih materijala. Mjerenje se zasniva na mjerenju kutne brzine rotirajućeg tijela i odgovarajućeg zakretnog momenta.

Podjela:

- viskozimetri sa stošcem i pločom
- viskozimetri sa koncentričnim cilindrima
- viskozimetri sa dvije paralelne ploče (Lelas, 2006.)

#### a) Viskozimetar sa stošcem i pločom

„Ovaj viskozimetar se sastoji od glatke ploče i rotirajućeg tijela u obliku stošca koji se nalazi pod malim kutom (do 3°) u odnosu na ploču" (Lelas 2006). Brzina smicanja određuje se kutnom brzinom te se izračunava prema formuli:

$$D = \frac{\omega}{\alpha}$$

Otpor koji pruža emulzija (materijal) mjeri se kao zakretni moment iz kojeg se smično naprezanje izračunava sljedećim izrazom:

$$\tau = \frac{3T}{2\pi r^3}$$

gdje je:

- $\tau$  - smično naprezanje (N/m<sup>2</sup>) ili (Pa)
- T - zakretni moment (Nm)
- r - polumjer ploče (m)

Ovaj uređaj ima nekoliko prednosti, a to su: jednostavan rad, mala količina uzoraka, mogućnost mjerenja viskoznosti nenewtonovih tekućina. Čišćenje je brzo i jednostavno.

#### b) Viskozimetri sa koncentričnim cilindrima

Služi za mjerenje materijala male ili srednje viskoznosti. Sastavljen je iz jednog nepokretnog šupljeg vanjskog cilindra u koji se stavlja uzorak i jednog pokretnog cilindra koji se uranja u uzorak te se u njemu rotira određenom kutnom brzinom.

#### c) Viskozimetri sa paralelnim pločama

To je instrument koji se od dvije paralelne ploče pri čemu je jedna fiksna, a druga pokretna te se rotira konstantnom kutnom brzinom ( $\omega$ ). Brzina smicanja se mijenja od 0 u centru do maksimalne vrijednosti na vanjskom uglu ploče. (Lelas, 2006)



Formula za izračunavanje:

$$D_{max} = \frac{r\omega}{h}$$

gdje je:

- h - razmak između ploča (m)
- r- polumjer ploča (m)

Lelas (2006) za ovaj instrument navodi da se koristi jako rijetko, iako daje vrlo dobre rezultate, pogotovo sa suspenzijama koje sadrže čestice većih dimenzija.

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Zadatak

Zadatak završnog rada je istraživanje utjecaja sastojaka na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom voćne komponente kivija koja su ispitana na sljedeće sastojke:

- Utjecaj mliječne komponente (proteini sirutke, punomasno mlijeko u prahu, kazein, proteini soje) na reološka svojstva salatne majoneze, koja je izrađivana na tipu rotor/stator TIP 1, tijekom 3 minute i brzini okretaja rotora 10 000 °/min pri sobnoj temperaturi 25 °C.
- Utjecaj vrste šećera (saharoza, maltodekstrin, glukoza) na reološka svojstva salatne majoneze, koja je izrađivana na tipu rotor/stator TIP 1, tijekom 3 minute i brzini okretaja rotora 10 000 °/min pri sobnoj temperaturi 25 °C.
- Utjecaj vrste žumanjka (svježi žumanjak i cijelo jaje u prahu) na reološka svojstva salatne majoneze, koja je izrađivana na tipu rotor/stator TIP 1, tijekom 3 minute i brzini okretaja rotora 10 000 °/min pri sobnoj temperaturi 25 °C

Mjerenje reoloških svojstva provedeno je odmah nakon izrade majoneze, pri sobnoj temperaturi (25 °C)

#### 3.2. Materijali

Osnovna receptura salatne majoneze na kojoj su se ispitivala reološka svojstva:

- |   |   |
|---|---|
| 1. Uljna faza 70% - suncokretovo rafinirano ulje (60%)<br>- hladno<br>prešano bučino Bazjansko ulje (10%) | 5. Morska sol 1%                              |
| 2. Žumanjak 7%  | 6. Senf 1%                                    |
| 3. Saharoza 3%  | 7. Vinska kiselina 0.1%                       |
| 4. Jabučni ocat 3%  | 8. Mliječna komponenta - protein sirutke 1.5% |
|   | 9. Voda 8.4%                                  |
|   | 10. Voćna komponenta - Kivi 5%                |

- Jestivo biljno ulje  
**Suncokretovo rafinirano ulje**  
 Sastojci: 100% suncokretovo ulje  
 Proizvođač: Plodine d.d.  
 Zemlja porijekla: Republika Srbija

Tablica 2 Prosječna hranjiva vrijednost na 100g proizvoda

Energija	3700 kJ /900 kcal
Masti	100g
od kojih	
-zasićene masne kiseline	11,9g
-jednostruke nezasićene masne kiseline	29,8g
-višestruke nezasićene masne kiseline	58,3g
Ugljikohidrati	0,0g
Bjelančevine	0,0g
Sol	0,0g
Vitamini E	50,0mg

**Hladno prešano bučino ulje**

Sastojci: 100% bučino ulje  
 Proizvođač: OPG Anita Mikac  
 Zemlja podrijetla: Hrvatska

- Jaja  
 Svježa jaja: Klasa A  
 Proizvođač: Plodine d.d.
- Svježi žumanjak  
 Prosječna vrijednost svježeg žumanjka

Tablica 3 Prosječna vrijednost svježeg žumanjka u 100g

Energetska vrijednost	1580 kJ 377kcal
Ugljikohidrati	0g
Bjelančevine	16g
Masti	32g

- Cijelo jaje u prahu  
Proizvođač: Elcon, Hrvatska

Tablica 4 Deklaracija kemijskog sastava cijelog jajeta u prahu

Vlaga	max. do 5%
Masti	min. 30%
Bjelančevine	cca. 45%
pH	7,0-8,0
Aditiv	nema

- Ugljikohidrati  
**Saharoza**  
Bijeli kristalni šećer  
Disaharid ( C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>)  
Proizvođač: Tvornica šećera Osijek

Tablica 5 Deklaracija saharoze

Hranjiva vrijednost u 100g proizvoda	
Šećer	min, 99,7%
Energetska vrijednost	1675kJ/395 kcal
Proteini	0g
Masti	0g
Ostali ugljikohidrati	0g

#### **maltodextrin**

Proizvođač: Myprotein, Engleska

#### **glukoza**

Proizvođač : Claroprom d.o.o

- Jabučni ocat  
Sadrži 5% octene kiseline  
Zemlja podrijetla: Hrvatska  
Proizvođač: Badel d.o.o., Hrvatska
- Morska sol  
Sitna jodirana kuhinjska  
Sadrži: morska sol, KIO<sub>3</sub> (25,5-38.5 mg/kg), tvar za sprječavanja grudanja E 536  
Proizvođač: Solana Pag d. d.

- Senf - estragon

sastojci: voda, sjeme gorušice (19%) alkoholni ocat, šećer, kuhinjska sol, začini, bojila

Proizvođač: Podravka d.d.

- Vinska kiselina  
Proizvođač: Alkalodi, Skopje

- Mliječna komponenta

**Proteini sirutke**

Proizvođač: MyProtein Maridan i louse, Gadbrook park Way Nortwich CW9, England

Tablica 6 Deklaracija proteina sirutke

Prosječna hranjiva vrijednost u 100g	
Energetska vrijednost	1740kJ/412kcal
Bjelančevine	82g
Ugljikohidrati	4g
od toga šećeri	4g
Masti	7,5g
od toga zasićene	5g
Sol	0,50g

**Punomasno mlijeko u prahu**

Sastojci: max 5% vode, min. 26% mliječne masti

Mlijeko tipizirano na 3.2% mliječne masti

Proizvođač: Dukat d. d., Hrvatska

**Kazein**

Proizvođač: Alfa aesar

**Proteini soje**

Proizvođač: Myprotein

- Voda
- Voćna komponenta - kivi  
-Proizvođač: Italija - Spreafico

### 3.3. Metode

#### 3.3.1. Priprema uzorka

Osnovna priprema majoneze sastoji se od pripreme pojedinih sastojaka koji se važu u čašice ili satna stakla te tako izvagana dodaju u sve ukupnu smjesu. Proizvodnja majoneze počinje sa dodavanjem svih sastojaka izuzev hladnog prešanog bučinog ulja. Kada su svi potrebni sastojci dodani, kreće se u proizvodnju majoneze te se polagano u prvoj minuti homogenizacije dodaje bučino ulje u tankome mlazu i vrši se homogenizacija koja traje još 2 minute. Svi uzorci majoneze su pripremljeni pri sobnoj temperaturi 25 °C brzini homogenizatora od 10 000 %/min u količini od 200g za pojedini uzorak.



**Slika 5** Homogenizator sustav tip rotor/stator (Izvor: autor)

Tablica 7 Osnovna receptura salatne majoneze

Sastojci	Uzorak	
	Udio %	Masa (g)
Suncokretovo rafinirano ulje	60	120
Hladno prešano bućino ulje	10	20
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, proteini sirutke	1.5	3
Voda	8.4	16.8
Kivi	5	10
Σ	100	200

- Utjecaj mliječne komponente

Kod ispitivanja utjecaja mliječne komponente za određivanje reoloških svojstava osnovna receptura ostaje ista, a dolazi do promjene mliječne komponente ovisno o uzorku koji se ispituje. Mijenja se komponenta proteina sirutke, punomasno mlijeko u prahu, kazein i proteini soje. Vršiti se homogenizacija na sustavu rotor/stator, TIP 1 pri brzini rotora 10 000 %/min, u vremenu od 3 min i sobnoj temperaturi 25 °C

- Utjecaj vrste šećera

Kod ispitivanja reoloških svojstava majoneze koje se odnosi na promjenu vrste šećera, osnovna receptura je ista. Mijenja se vrsta određenog ugljikohidrata (saharoza, maltodekstrin, glukoza). Vršiti se homogenizacija na tipu 1 rotor/stator, pri brzini od 10 000 %/min u vremenu od 3 min i sobnoj temperaturi 25 °C

- Utjecaj vrste žumanjaka

Ispitivanje utjecaja žumanjka na reološka svojstva majoneze, kao i kod prethodnih ispitivanja osnovna receptura je ista osim promjene vrste žumanjka, (svježi žumanjak, cijelo jaje u prahu). Vršiti se homogenizacija na tipu 1 rotor/stator, pri brzini od 10 000 %/min, u vremenu od 3 minute i sobnoj temperaturi 25 °C.

### 3.3.2. Mjerenje reoloških svojstava

Mjerenje reoloških svojstava svježe pripremljenih uzoraka majoneze provodilo se na rotacijskom viskozimetru model Rheomat 15T, s konusnim mjernim tijelima i cilindričnim posudama u koje se uranjaju tijela. Korišten viskozimetar vidljiv na slici 6.

Uređaj se sastoji od mjerne glave, cilindrične posude s konusnim mjernim tijelima i elektronske jedinice. Mjerna glava posjeduje posebno konstruiran mehanizam za mjerenje zakretnog momenta. Na donjem dijelu mjerne glave postavlja se mjerno tijelo dok se na gornjem dijelu nalazi skala s podjelom od 1-100%. Za vrijeme mjerenja uzoraka kazaljka pokazuje otklon skale u određenom postotku od 1-100%.

Viskozimetar ima pet konusnih tijela različitih dimenzija i težine. Uz svako određeno mjerno tijelo ide i odgovarajuća cilindrična posuda u koju se postavlja uzorak. Zajedno predstavljaju određen mjerni sustav. Postupak mjerenja reoloških svojstava uzoraka majoneze provodilo se pri sobnoj temperaturi od 25 °C i brzini smicanja uzlazno od 2,18 s<sup>-1</sup> do 137,1 s<sup>-1</sup> te povratno mjerenje.



**Slika 6** Viskozimetar Rheomat 15T (Izvor: autor)



### 3.3.3. Određivanje reoloških parametara

Očitavanjem vrijednosti reoloških svojstava na viskozimetru očitava se % otklona skale uzlazno od 1-100% te povratno mjerenje otklona.

Prema tim podacima izračunavamo u programu Microsoft excel sljedeće parametre:

1. Napon smicanja uzlazno  $\tau$  (Pa)
2. Napon smicanja silazno  $\tau$  (Pa)

Prema rezultatima mjerenja grafičkog odnosa  $\tau/D$  vidljivo je da majoneza spada u nenetonowske tekućine, te porastom brzine smicanja, napon smicanja se mijenja odnosno povećava se tijekom uzlaznog mjerenja.

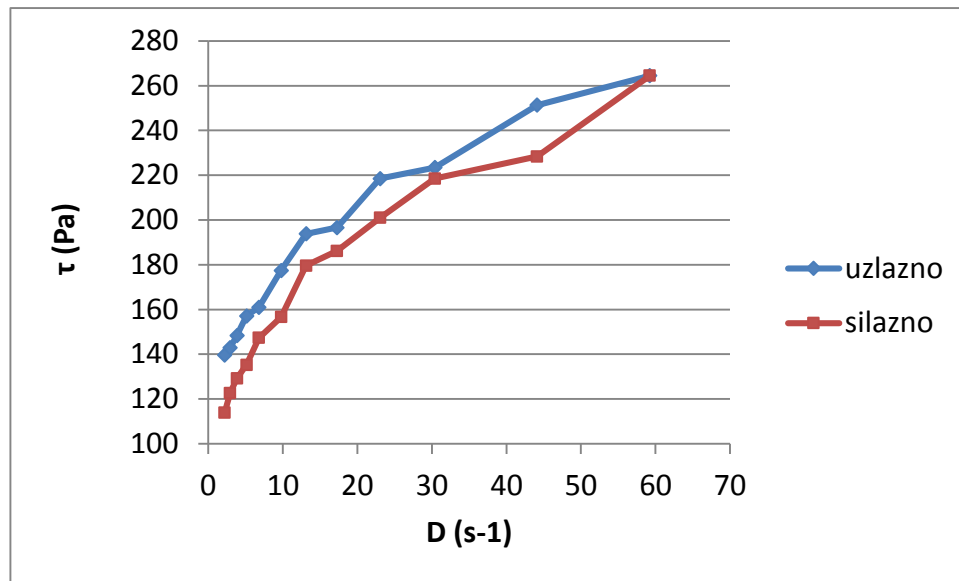
Napon smicanja ( $\tau$ ) uzlazno/silazno izračunava se prema formuli:

$$\tau = (\%) \text{ otklon skale uzlazno} \cdot \tau \% (\text{Pa})$$

Reološka svojstva ispitivanih uzoraka salatne majoneze određena su izračunom reoloških parametara:

- koeficijentom konzistencije (Pa.s<sup>n</sup>)
- indeks tečenja (-)
- prividna viskoznost (Pa.s)

## 4. REZULTATI



**Slika 7** Utjecaj brzine smicanja (D) na smično naprezanje ( $\tau$ ) tijekom mjerenja reoloških svojstava salatne majoneze s dodatkom kivija pri temperaturi 25 °C.

**Tablica 8** Utjecaj vrste ugljikohidrata na reološke parametre salatne majoneze s dodatkom kivija.

Uzorak	$\mu$ pri 59,22 s <sup>-1</sup> (Pa.s)	k (Pa.s <sup>n</sup> )	n	R <sup>2</sup>
	25 °C			
Glukoza	4,332	106,19	0,2161	0,99383
Saharoza	4,391	113,98	0,2021	0,98699
Maltodekstrin	4,179	80,21	0,2761	0,98899

$\mu$  – prividna viskoznost pri brzini smicanja 59,22 s<sup>-1</sup> (Pa.s)

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

n – indeks tečenja (-)

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

**Tablica 9** Utjecaj mliječne komponente na reološke parametre salatne majoneze s dodatkom kivija.

Uzorak	$\mu$ pri 59,22 s <sup>-1</sup> (Pa.s)	k (Pa.s <sup>n</sup> )	n	R <sup>2</sup>
	25 °C			
Punomasno mlijeko u prahu	2,692	53,795	0,2662	0,97803
Proteini sirutke	4,391	113,98	0,2021	0,98699
Kazein	2,488	56,39	0,2353	0,95225
Proteini soje	3,234	83,87	0,2023	0,94991

**Tablica 10** Utjecaj žumanjka jajeta na reološke parametre salatne majoneze s dodatkom kivija.

Uzorak	$\mu$ pri 44,1 s <sup>-1</sup> (Pa.s)	k (Pa.s <sup>n</sup> )	n	R <sup>2</sup>
	25 °C			
Svježi žumanjak jajeta	5,556	113,98	0,2021	0,98699
Cijelo jaje u prahu	6,232	97,12	0,2747	0,98486

## 5. RASPRAVA

Na **Slici 7.** i u **Tablicama 8-10** prikazani su rezultati ispitivanja utjecaja sastojaka na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom kivija.

Utjecaj brzine smicanja ( $D$ ) na smično naprezanje ( $\tau$ ) tijekom mjerenja reoloških svojstava salatne majoneze prikazan je na **Slici 7.** Iz grafičkog odnosa  $\tau/D$  vidljivo je da salatna majoneza pripada nenevtonovskim tekućinama pseudoplastičnog tipa s manje ili više izraženom površinom tiksotropne petlje.

Utjecaj vrste ugljikohidrata (glukoza, saharoza, maltodekstrin) na reološka svojstva izražena reološkim parametrima salatne majoneze prikazan je u **Tablici 8.** Dobiveni rezultati pokazuju da majoneza izrađena s maltodekstrinom ima najnižu vrijednost prividne viskoznosti ( $\mu$ ) 4,179 Pa.s i koeficijent konzistencije ( $k$ ) 80,21 Pa.s<sup>n</sup> te najveću vrijednost indeksa tečenja ( $n$ ) 0,2761. Korištenjem monosaharida glukoze kod izrade majoneze dobiva se veća prividna viskoznost i koeficijent konzistencije te manji indeks tečenja u odnosu na primjenu maltodekstrina.

Izradom ove majoneze s disaharidom saharozom postiže se reološka svojstva s najvećom vrijednosti prividne viskoznosti ( $\mu$ ) 4,391 Pa.s i koeficijentom konzistencije ( $k$ ) 113,98 Pa.s<sup>n</sup> te najnižim indeksom tečenja ( $n$ ) 0,2021.

U **Tablici 9.** prikazani su rezultati ispitivanja utjecaja mliječne komponente (punomasno mlijeko u prahu, proteini sirutke, kazein, proteini soje) na reološke parametre salatne majoneze s dodatkom kivija. Uzorci majoneze izrađeni s punomasnim mlijekom u prahu kao i sa kazeinom imaju približno jednake vrijednosti prividne viskoznosti i koeficijent konzistencije. Primjenom proteina soje došlo je do porasta prividne viskoznosti (3,235 Pa.s) i koeficijenta konzistencije (83,87 Pa.s<sup>n</sup>) te sniženja indeksa tečenja (0,2023) salatne majoneze. Kod majoneze izrađene s proteinima sirutke ostvarena je najveća prividna viskoznost ( $\mu$ ) i koeficijent konzistencije ( $k$ ) te najniži indeks tečenja ( $n$ ) u odnosu na primjenu ostalih ispitivanih mliječnih sastojaka.

Rezultati ispitivanja žumanjaka kokošjeg jajeta (svježeg žumanjka, cijelo jaje u prahu) na reološke parametre salatne majoneze s dodatkom kivija vidljivi su u **Tablici 10.**

Izradom salatne majoneze sa cijelim jajetom u prahu (žumanjak i bjelanjak) dobivaju se reološka svojstva s parametrima privida viskoznost ( $\mu$ ) 6,232 (Pa.s) kod brzine smicanja ( $D$ ) 44,1 (s<sup>-1</sup>), konzistencija izražena koeficijentom konzistencije ( $k$ ) 97,12 (Pa.s<sup>n</sup>) te indeksa

tečenja ( $n$ ) 0,2747. Međutim, korištenjem svježeg žumanjka jajeta (izdvojen je bjelanjak) kod izrade ove majoneze dobivena je manja vrijednost prividne viskoznosti te manji indeks tečenja. Razlog tome je taj što se u svježem žumanjku jajeta, koje nije termički obrađeno, nalaze sastojci koji imaju emulgirajuća svojstva (fosfolipidi, proteini) te svojim djelovanjem, kod izrade majoneze utječu na smanjenje površinske napetosti emulzije ulje/voda (sitne kapljice ulja su okružene kontinuiranom vodenom fazom) što rezultira manjom vrijednosti viskoznosti majoneze.

Tijekom procesa dehidracije cijelog jajeta termičkim putem kod proizvodnje praha dolazi do narušavanja kemijske strukture sastojaka s emulgirajućim svojstvima (denaturacija proteina i fosfolipida) čime se gubi svojstvo prirodnih emulgatora te se ne snižava viskoznost majoneze.

## 6. ZAKLJUČCI

Na osnovi istraživanja utjecaja sastojaka (ugljikohidrata, mliječne komponente, žumanjka jajeta ) na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom kivija mogu se izvesti sljedeći zaključci:

1. Ispitivani uzorci salatne majoneze s dodatkom kivija pripadaju nenevtonovskim tekućinama pseudoplastičnog tipa.
2. Vrsta ugljikohidrata utječe na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom kivija.
3. Majoneza izrađena sa saharozom ima veću prividnu viskoznošću i konzistenciju, a manji indeks tečenja u odnosu na primjenu glukoze i maltodekstrina.
4. Vrsta mliječne komponente utječe na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom kivija.
5. Primjenom mliječne komponente proteina sirutke kod izrade salatne majoneze dobivena su reološka svojstva s većom prividnom viskoznošću i koeficijentom konzistencije, a manjim indeksom tečenja u odnosu na primjenu punomasnog mlijeka u prahu, kazeina i proteina soje.
6. Žumanjak jajeta utječe na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom kivija.
7. Primjenom svježeg žumanjka jajeta dobiva se majoneza s manjom prividnom viskoznošću u odnosu na primjenu cijelog jajeta u prahu.

## 7. LITERATURA

1. Belak L., Gačina Ž., Radić N. (2005) *Tehnologija hrane, Skripta*. Visoka škola za turistički menadžment u Šibeniku, Šibenik.
2. Crandall. P. G. i sur. (1988) *Journal of Food Science*, Vol. 53, str. 1477
3. Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo, Pravilnik o jestivim uljima i mastima. "Narodne novine" broj 41/12.
4. Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo, 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" 39/99.
5. Gugušev-Đaković M. (1989) *Industrijska proizvodnja gotove hrane*. Poljoprivredni fakultet Beograd - Zemun, Naučna knjiga, Beograd.
6. Hasenhuettl G. L., Hartel R.W. (2008) *Food emulsifiers and their applications*. Springer.
7. Hegedušić V. i sur. (1991) *Prehrambeno - tehnološka i biotehnološka revija*.
8. Juszcak L. i sur. (2003) *Sensory and rheological properties of Polish commercial mayonnaise*. *Nahrung/Food*, 47,4, str. 232-235
9. Lelas V. (2006) *Prehrambeno-tehnološko inženjerstvo I*. Golden marketing - Tehnička knjiga, Zagreb.
10. Lewis M. J. (1986) *Physical properties of milk and milk products. Modern Dairy Tehnology*, Vol. 2., Elsevier Applied Science, London.
11. Lovrić T. (2003) *Procesi u prehrambenoj industriji s osnovama prehrambenog inženjerstva*. Hinus, Zagreb
12. Mandić M. (2007) *Znanost o prehrani*. Prehrambeno - tehnološki fakultet Osijek, Osijek
13. Mezger T. G. (2002) *The rehology handbook*. Vincentz, Hannover, Germany
14. Moslavac T. (1999) *Promjena reoloških svojstava kaše jabuke pri hlađenju*. Magistarski rad. Prehrambeno tehnološki fakultet, Osijek
15. Swern D. ( 1972) *Industrijska proizvodnja ulja i masti po Baileyu*, Znanje, Zagreb
16. Štern P., Valentova H. i Pokorny J. (2001) *Rheological properties and sensory texture of mayonnaise*. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 103, str. 23-28
17. Yang S. S., Cottrell, O. J. (1989) *Journal of Food Process Engineering*, Vol. 11, str.193
18. <http://www.zvijezda.hr/o-nama/povijest> (27.06.2016)

19. file:///C:/Users/ANTE/Downloads/Disperzni\_sistemi\_\_Emulzije\_i\_suspenzije%20(5).pdf , (20.07.2016)
20. <http://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/mikrobiologija-zacina> (03.08.2016)



**POPIS SLIKA:**

Slika 1 Prikaz elastičnog ponašanja materijala

Slika 2 Prikaz plastičnog ponašanja materijala

Slika 3 Dijagram ovisnosti smičnog naprezanja o brzini smicanja

Slika 4 Podjela nenewtonovskih tekućina

Slika 5 Homogenizator sustav tip rotor/stator

Slika 6 Viskozimetar Rheomat 15T

Slika 7 Utjecaj brzine smicanja ( $D$ ) na smično naprezanje ( $\tau$ ) tijekom mjerenja reoloških svojstava salatne majoneze s dodatkom kivija pri temperaturi 25 °C.

**POPIS TABLICA:**

Tablica 1 Klasifikacija viskozimetara prema radu

Tablica 2 Prosječna hranjiva vrijednost na 100g proizvoda

Tablica 3 Prosječna vrijednost svježeg žumanjka u 100g

Tablica 4 Deklaracija kemijskog sastava cijelog jajeta u prahu

Tablica 5 Deklaracija saharoze

Tablica 6 Deklaracija proteina sirutke

Tablica 7 Osnovna receptura salatne majoneze

Tablica 8 Utjecaj vrste ugljikohidrata na reološke parametre salatne majoneze s dodatkom kivija

Tablica 9 Utjecaj mliječne komponente na reološke parametre salatne majoneze s dodatkom kivija

Tablica 10 Utjecaj žumanjka jajeta na reološke parametre salatne majoneze s dodatkom kivija.

## IZJAVA O AUTORSTVU RADA

Ja, Ante Pazman, pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog rada pod naslovom Utjecaj sastojaka na reološka svojstva majoneze te da u navedenom radu nisu na nedozvoljen način korišteni dijelovi tuđih radova.

U Požegi, 16. 9. 2016.

Ime i prezime studenta: