

Reološke karakteristike salatne majoneze s dodatkom kaše jabuke

Slobođan, Matea

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:980527>

Rights / Prava: [Attribution-ShareAlike 4.0 International / Imenovanje-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-25**

REPOZITORIJ

PTF OS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology Osijek](#)



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

Matea Slobodan

**REOLOŠKE KARAKTERISTIKE SALATNE MAJONEZE S DODATKOM
KAŠE JABUKE**

DIPLOMSKI RAD

Osijek, rujan, 2022.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
Zavod za prehrambene tehnologije
Katedra za prehrambeno inženjerstvo
Franje Kuhača 18, 31000 Osijek, Hrvatska

Diplomski sveučilišni studij Prehrambeno inženjerstvo**Znanstveno područje:** Biotehničke znanosti**Znanstveno polje:** Prehrambena tehnologija**Nastavni predmet:** Tehnologija ulja i masti**Tema rada** je prihvaćena na XI. redovitoj sjednici Fakultetskog vijeća Prehrambeno-tehnološkog fakulteta Osijek u akademskoj godini 2021./ 2022. održanoj 23. rujna 2022.**Mentor:** prof. dr. sc. Tihomir Moslavac**Pomoć pri izradi:** *Daniela Paulik, tehnički suradnik***Reološke karakteristike salatne majoneze s dodatkom kaše jabuke***Matea Slobodan, 0113143761*

Sažetak: Reološka svojstva hrane su od velikog značaja radi postizanja određenih svojstava hrane i radi vođenja procesa proizvodnje hrane. U ovome je radu istraživan utjecaj pojedinih sastojaka (ugljikohidrati, mliječna komponenta, žumanjak kokošijeg jajeta, kaša jabuke) i parametara homogenizacije (brzina rotora, vrijeme homogenizacije) na reološka svojstva salatne majoneze. Mehanički proces homogenizacije majoneze proveden je kod 10000, 12000 i 15000 o/min u vremenu trajanja 1, 3 i 5 minuta. Za izradu majoneze korišteni su ugljikohidrati (glukoza, saharoza, laktoza, maltodekstrin), mliječna komponenta (obrano i punomasno mlijeko u prahu, sirutka u prahu, kazein u prahu), žumanjak jajeta (svježi, pasterizirani) i kaša jabuke pripremljena od sorte Čelenka i Kanadska reneta. Mjerenja reoloških svojstava salatne majoneze s dodatkom kaše jabuke provedena su na rotacijskom viskozimetru sa koncentričnim cilindrima pri temperaturi 25 °C. Iz dobivenih podataka izračunati su reološki parametri koeficijent konzistencije, indeks tečenja i prividna viskoznost majoneza. Navedeni rezultati ukazuju da majoneza koja je izrađena sa punomasnim mlijekom ima veću viskoznost u odnosu na druge mliječne komponente. Dodatkom maltodektrina ostvaruju se veće vrijednosti prividne viskoznosti u odnosu na ostale ugljikohidrate. Korištenjem svježeg žumanjka ostvaruje se manja prividna viskoznost. Brzina rotora i vrijeme homogenizacije utječu na promjenu reoloških svojstava. Veću prividnu viskoznost imaju uzorci sa kašom jabuke sorte Kanadska reneta.

Ključne riječi: Salatna majoneza, reološka svojstva, sastav, proces homogenizacije**Rad sadrži:** 58 stranica
20 slika
25 tablica
0 priloga
35 literaturnih referenci**Jezik izvornika:** Hrvatski**Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:**

- | | |
|--|---------------|
| 1. izv. prof. dr. sc. <i>Antun Jozinović</i> | predsjednik |
| 2. prof. dr. sc. <i>Tihomir Moslavac</i> | član-mentor |
| 3. izv. prof. dr. sc. <i>Ante Lončarić</i> | član |
| 4. prof. dr. sc. <i>Stela Jokić</i> | zamjena člana |

Datum obrane: 30. rujna 2022.

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

BASIC DOCUMENTATION CARD

GRADUATE THESIS

University Josip Juraj Strossmayer in Osijek
Faculty of Food Technology Osijek
Department of Food Technologies
Subdepartment of Food Engineering
Franje Kuhača 18, HR-31000 Osijek, Croatia

Graduate program Food Engineering

Scientific area: Biotechnical sciences

Scientific field: Food technology

Course title: Technology of Oils and Fat

Thesis subject was approved by the Faculty of Food Technology Osijek Council at its session no. XI held on September 23, 2022.

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

Technical assistance: *Daniela Paulik*, technical associate

Rheological Characteristics of Salad Mayonnaise with the Addition of Apple Puree

Matea Slobodan, 0113143761

Summary: The rheological properties of food are of great importance in order to achieve certain food properties and to guide the food production process. In this paper, the influence of individual ingredients (carbohydrates, milk component, egg yolk, apple puree) and homogenization parameters (rotor speed, homogenization time) on the rheological properties of salad mayonnaise was investigated. The mechanical process of mayonnaise homogenization was carried out at 10,000, 12,000 and 15,000 rpm for 1, 3 and 5 minutes. Carbohydrates (glucose, sucrose, lactose, maltodextrin), milk component (skimmed and whole milk powder, whey powder, casein powder), egg yolk (fresh, pasteurized) and apple puree prepared from the *Čelenka* and *Kanadska reneta* varieties were used to make mayonnaise. Measurements of the rheological properties of salad mayonnaise with the addition of apple puree were carried out on a rotary viscometer with concentric cylinders at a temperature of 25 °C. From rheological parameters consistency coefficient, flow index and apparent viscosity of mayonnaise were calculated from the obtained data. The above results indicate that mayonnaise made with whole milk has a higher viscosity compared to other milk components. With the addition of maltodextrin, higher apparent viscosity values are achieved compared to other carbohydrates. By using fresh egg yolk, a lower apparent viscosity is achieved. Rotor speed and homogenization time affect the change in rheological properties. Samples with apples of the *Kanadska reneta* variety have a higher apparent viscosity

Key words: Salted mayonnaise, rheological properties, composition, process of homogenization

Thesis contains: 58 pages
20 figures
25 tables
0 supplements
35 references

Original in: Croatian

Defense committee:

- | | |
|--|--------------|
| 1. <i>Antun Jozinović</i> , PhD, assistant prof. | chair person |
| 2. <i>Tihomir Moslavac</i> , PhD, full prof.. | Supervisor |
| 3. <i>Ante Lončarić</i> , PhD, assistant prof. | Member |
| 4. <i>Stela Jokić</i> , PhD, full prof. | stand-in |

Defense date: September 30, 2022

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

Zahvaljujem se svom mentoru prof. dr. sc. Tihomiru Moslavcu na pomoći, utrošenom trudu i vremenu te svim stručnim savjetima tijekom pisanja diplomskog rada.

Najljepše hvala tehničarki Danieli Paulik na pomoći, strpljenju, prenesenom znanju i ugodnoj atmosferi u laboratoriju tijekom izrade eksperimentalnog dijela rada.

Hvala svim mojim prijateljima i kolegicama sa fakulteta koji su pružali podršku, ohrabivali i uljepšali studentske dane.

I na kraju veliko hvala mojoj obitelji koja je uvijek vjerovala u mene, bila velika podrška tijekom cijelog studiranja i vjetar u leđa kada je to bilo najpotrebnije.

Počni od onog što je nužno, potom učini ono što je moguće, pa ćeš brzo učiniti i ono što je nemoguće. Sv. Franjo Asiški

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	3
2.1. STARE SORTE JABUKA	4
2.2. EMULZIJE	6
2.2.1. Emulzije tipa ulje u vodi	7
2.2.2. Majoneza	8
2.2.3. Sirovine za proizvodnju majoneze	10
2.2.4. Tehnološki postupak proizvodnje majoneze.....	14
2.3. REOLOŠKA SVOJSTVA.....	18
2.3.1. Reološka svojstva tekućih namirnica	21
2.3.2. Čimbenici koji utječu na reološka svojstva	26
2.3.3. Uređaji za mjerenje viskoznosti	27
3. EKSPERIMENTALNI DIO.....	29
3.1. ZADATAK	30
3.2. MATERIJALI I METODE	31
3.2.1. Materijali.....	31
3.2.2. Metode	35
3.2.2.1. Priprema uzorka.....	35
3.2.2.2. Priprema kaše jabuke.....	36
3.2.2.3. Određivanje reoloških svojstava majoneze.....	37
3.2.2.4. Mjerenje reoloških svojstava.....	39
3.2.2.5. Određivanje reoloških parametara.....	40
3.2.2.6. Određivanje pH vrijednosti majoneze.....	41
4. REZULTATI.....	42
4.1. Rezultati istraživanja reoloških karakteristika salatne majoneze s dodatkom kaše jabuke sorte Kanadska reneta	43
4.2. Rezultati istraživanja reoloških karakteristika salatne majoneze s dodatkom kaše jabuke sorte Čelenka	46
5. RASPRAVA.....	49

6. ZAKLJUČAK.....	53
7. LITERATURA.....	55

1. UVOD

Majoneza je kao prehrambeni proizvod jedna od najpopularnijih umaka na svijetu. Ona predstavlja emulziju ulja u vodi. Dobiva se miješanjem biljnoga ulja sa vodenom fazom uz korištenje žumanjka kao emulgatora (Kerkhofs i sur., 2011), a sol, ocat, šećer i drugi sastojci koriste se kao arome (Štern i sur., 2008), ali ti sastojci imaju važnu ulogu i u fizičkoj stabilnosti emulzije (Rukke i Schüller, 2019). Salatna majoneza prema Pravilniku (DZNM, 1999) mora sadržavati najmanje 50 % biljnoga ulja koji čini uljnu fazu ove emulzije.

Poznavanje reoloških svojstava majoneze je iznimno bitno jer to utječe na kreiranje određene teksture i senzorskih svojstava (Rukke i Schüller, 2019). Također, bitno je u kontroli kvalitete tijekom proizvodnje, ali i tijekom skladištenja kao i kod transporta (Gaikwad, i sur., 2019; Moslavac i sur., 2011). Tekstura majoneze ovisi o udjelu ulja, što je on veći to je bolja i tekstura (Gaikwad i sur., 2019).

Na reološka svojstva majoneze utječu određeni parametri obrade poput temperature, vremena homogenizacije kao i brzina rotora homogenizatora, ali veliki utjecaj ima koncentracija ulja kao i emulgatori (Gaikwad i sur., 2019). Postupak homogeniziranja, dobra dispergiranaost kapljica ulja u vodi kao i žumanjak jajeta te vrsta ugljikohidrata imaju značajan utjecaj na kvalitetu proizvoda (Wendin i sur., 1999).

Cilj ovog rada je ispitati utjecaj pojedinih sastojaka (ugljikohidrata, mliječne komponente, žumanjka kokošijeg jajeta, kaša jabuke) i parametara procesa homogenizacije (brzina rotora, vrijeme homogenizacije) na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom kaše jabuke (Čelenka i Kanadska reneta). Mehanički postupak homogenizacije salatne majoneze proveden je kod raznih brzina rotacije rotora i u različitom vremenu trajanja. Mjerenja reoloških svojstava salatne majoneze provedena su na rotacijskom viskozimetru pri temperaturi 25 °C.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. STARE SORTE JABUKA

Jabuka predstavlja najrasprostranjeniju vrstu voća u Republici Hrvatskoj. Danas postoji jako veliki broj različitih sorti jabuka koje su dobivene dugogodišnjom selekcijom, no unatoč tome na tržištu je zastupljeno tek nekoliko standardnih vrsta jabuka (Skenderović Babojelić i sur., 2014).

Stare tradicionalne sorte jabuka su danas gotovo zapostavljene, no u ruralnim područjima počinje se sve veća pažnja pridavati upravo našim starim sortama tj. sortama koje su prikladne za proizvodnju sa smanjenom uporabom kemijskih tretmana (Milinović i sur., 2017). Hrvatska obiluje autohtonim sortama i populacijama mnogih vrsta voća, a naročito jabukama, a to sve zahvaljujući klimatskim i geomorfološkim uvjetima (Jemrić, 2016). S obzirom na brojnost upravo stare sorte čine bogat izvor genetskog materijala, ali također brojne sorte imaju i vrlo pozitivne značajke poput visokih i redovitih prinosa (Milinović i sur., 2017).

Plodovi starih sorti jabuka u odnosu na one standardne estetski ne izgledaju savršeno, no bez obzira na to odlikuju se punoćom okusa i širokim rasponom mirisa, povoljnim omjerima šećera i kiselina, ali također pojedine sorte imaju izraženu aromu plodova. Većina tradicionalnih sorti ima uravnotežen sastav hranjivih i bioaktivnih tvari. Također, neke sorte sadržavaju i veće količine fenola i flavonoida koji im daju karakterističnu boju, aromu i okus (Skenderović Babojelić i sur., 2014). Osim toga, oni imaju i veću koncentraciju vitamina C i antioksidacijsku aktivnost (Jemrić i sur., 2013).

Danas se sve više istražuje mogućnost uzgoja i upotrebe tradicionalnih sorti s ciljem osiguranja visokovrijednih sirovina u prehrambenoj industriji. Kod uzgoja tradicionalnih sorti manji su troškovi proizvodnje i te sorte su prilagođenije okolišnim uvjetima. No, bez obzira na to interes za uzgoj je dosta nizak zbog niske isplativosti jer plodovi tradicionalnih sorti imaju kraći vijek čuvanja i ne postižu visoku cijenu na tržištu (Milinović i sur., 2017).

U radu su za određivanje reoloških svojstava salatne majoneze sa dodatkom kaše jabuke korištene dvije stare sorte jabuka, a to su:

- Čelenka i
- Kanadska reneta.

Prema istraživanju autora Jemrić i sur. (2013) koje je obuhvatilo devet starih sorti jabuka, Čelenka je imala najmanju masu ploda. Ova jabuka je crvene boje (**Slika 1**). Također, ona ima

tvrđe, te hrskavo i slatkasto meso. Ova jabuka je u usporedbi sa ostalim imala najmanju titracijsku kiselost (Jemrić i sur., 2013).



Slika 1 Jabuka sorte Čelenka

Sorta Kanadska reneta je jedna od naših najzastupljenijih starih sorti. Plodovi ove jabuke dozrijevaju u prvoj polovici listopada, a može se upotrebljavati do siječnja ili veljače. Boja jabuke je zeleno-žučkasta (**Slika 2**). Ova sorta vjerojatno potječe iz Francuske. To je triploidna sorta kojoj je meso bijelo i na zraku brzo posmeđi. Meso jabuke je srednje čvrsto, a poslije prhko, srednje zrnato i sočno. Sorta ima odličan slatko- kiseli okus (Skendrović Babojelić, 2019).



Slika 2 Jabuka sorte Kanadska reneta

2.2. EMULZIJE

Emulzija predstavlja mješavinu dviju tekućih faza koje se međusobno ne miješaju, u kojoj je jedna faza raspršena u drugoj. Emulzije se nalaze u različitim industrijama poput prehrambene, farmaceutske, poljoprivredne, kozmetičke te naftne industrije (Akbari i Hamid Nour, 2018; Divya i sur., 2021).

Emulzije se sastoje od dvije faze, a to su kontinuirana i diskontinuirana faza. Kontinuirana faza se još naziva i vanjskom fazom, odnosno disperzijsko sredstvo, gdje su kapljice raspršene. Diskontinuirana faza je faza koja se raspršuje u obliku kapljica, a još se naziva unutarnjom ili dispergiranom fazom (Akbari i Hamid Nour, 2018; Milostić, 1962).

Postoje mnogi prehrambeni proizvodi koji su emulzije. Najčešće se radi o emulzije ulja i vode. Postoje dvije osnovne vrste emulzija, a to su voda u ulju (W/O) i ulje u vodi (O/W). No, osim toga postoje i one složene emulzije koje su poznate i kao višestruke emulzije. To je emulzija voda u ulju u vodi (W/O/W) ili ulje u vodi u ulju (O/W/O). Primjeri za emulzije ulja u vodi su: mlijeko, sladoled, vrhnje i majoneza, dok su s druge strane primjeri emulzije voda u ulju: maslac i margarin (Akbari i Hamid Nour, 2018; Lelas, 2006). Na **Slici 3** se nalazi shematski prikaz vrsta emulzija.

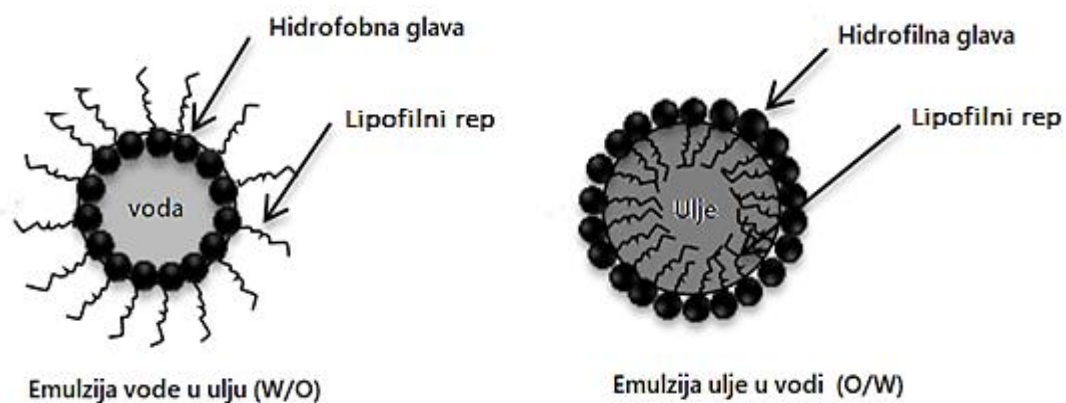


Slika 3 Shematski prikaz vrsta emulzija (Akbari i Hamid Nour, 2018)

Emulzije su nestabilni sustavi zbog nepovoljnog kontakta između uljne i vodene faze. Za stvaranje emulzije je potrebno upotrijebiti mehaničku silu kako bi se jedna faza raspršila u drugu. Bez dodavanja površinski aktivnih tvari emulzije ne bi bile stabilne i počele bi se odvajati

u različitim slojevima zbog razlike u njihovoj gustoći (Akbari i Hamid Nour, 2018). Kako bi stabilizirali emulziju upotrebljavaju se emulgatori.

Emulgatori su tvari koje se dodaju emulziji kako bi smanjili napetost površina između dvije faze koje se ne miješaju (ulje/voda). Na taj se način smanjuje količina rada i olakšava emulgiranje. (Lelas, 2006). Molekule emulgatora su građene tako da je jedan kraj molekule hidrofilan odnosno polaran, a drugi je lipofilan tj. nepolaran (Akbari i Hamid Nour, 2018) (**Slika 4**). Emulzije se stabiliziraju tako da se polarne skupine okrenu prema vodenoj fazi, a nepolarne skupine prema uljnoj fazi (Lovrić, 2003).



Slika 4 Princip rada emulgatora (Akbari i Hamid Nour, 2018)

2.2.1. Emulzije tipa ulje u vodi

Emulzija ulja u vodi je emulzija u kojoj je ulje raspršeno u obliku kapljica i predstavlja disperziranu odnosno diskontinuiranu fazu. Voda predstavlja kontinuiranu fazu odnosno disperzijsko sredstvo (Akbari i Hamid Nour, 2018).

Na stabilnost emulzija općenito može utjecati više čimbenika:

- stupanj razdijeljene unutarnje faze: kapljice ulja, moraju biti što manjeg promjera i ujednačene veličine, a to se postiže emulgiranjem,
- viskoznost vanjske faze: vanjska faza treba imati viskoznost što sličniju viskoznosti proizvedene tekućine kako bi emulzija bila što stabilnija,
- specifična masa faza: kako bi emulzija bila stabilna, specifična masa obadvije faze treba biti približno jednaka,

- odnos volumena između dvije faze: poželjan odnos volumena dviju faza odnosno disperzne faze i disperznog sredstva ne smije prelaziti 74:26 i
- kvaliteta graničnih površina između dvije faze: emulgator kao sredstvo za emulgiranje mora postojati između dvije faze, a njihova međusobna veza mora biti stabilna i čvrsta (Lelas, 2006).

2.2.2. Majoneza

Prema važećem Pravilniku 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 (DZNM, 1999) majoneze se definiraju kao: „Proizvod koji je dobiven od jestivog biljnog ulja, žumanjka, octene i/ili druge jestive organske kiseline, dopuštenih aditiva s ili bez začina“. Prema autorici Gugušević Đaković (1989) majoneza je emulzija koja se sastoji od kapljica ulja koje su dispergirane u vodenoj fazi pomoću žumanjka jajeta koji sadržava lipoproteine, proteine i lecitin. Oni imaju ulogu prirodnih emulgatora.

Majoneza se stavlja u promet ovisno o udjelu jestivog biljnog ulja kao:

1. Majoneza,
2. Salatna majoneza,
3. Lagana majoneza.

Majoneza je proizvod dobiven od jestivog biljnog ulja, žumanjka, octene i/ ili druge jestive organske kiseline, senfa, šećera, soli, dopuštenih aditiva, začina i ekstrakta začina. Kada se takva majoneza stavlja na tržište ona mora udovoljiti određenim zahtjevima:

- udio jestivog biljnog ulja je najmanje 75 %,
- udio žumanjka je najmanje 6 %,
- mora imati svojstvenu boju, okus i miris, bez stranog i/ili užeglog okusa i mirisa (DZNM, 1999).

S druge strane, salatna majoneza je proizvod koji je dobiven od jestivog biljnog ulja, žumanjka, octene i/ili druge jestive organske kiseline, senfa, šećera i drugih prehrambenih proizvoda, mliječnih proizvoda, začina kao i ekstrakta začina, dopuštenih aditiva, minerala, vitamina, ali i drugih dodataka koji poboljšavaju biološku vrijednost, ovisno o tehnološkom postupku. Kao i

majoneza, tako i salatna majoneza pri stavljanju na tržište mora udovoljiti određenim zahtjevima:

- udio jestivog biljnog ulja mora biti najmanje 50 %,
- udio žumanjka najmanje 3,5 %,
- da ima svojstvenu boju, okus i miris, bez ikakvog stranog i/ili užeglog mirisa i okusa (DZNM, 1999).

Lagana je majoneza proizvod dobiven od jestivog biljnog ulja, octene i/ili neke druge jestive organske kiseline, sa ili bez žumanjka, mliječnih proizvoda, ali i drugih prehrambenih proizvoda, također, začina i ekstrakta začina, dopuštenih aditiva, vitamina i minerala, ali i drugih dodataka radi povećanja biološke vrijednosti, ovisno o tehnološkom postupku. Pri stavljanju u promet lagana majoneza mora udovoljiti sljedećim temeljnim zahtjevima:

- udio jestivog biljnog ulja smije biti najviše 50 %,
- da je svojstvene boje, okusa i mirisa, bez prisutnosti stranog i/ ili užeglog mirisa i okusa (DZNM, 1999).

Majoneza kao finalni proizvod mora pokazivati određenu homogenost i stabilnost, te mora imati što čvršću konzistenciju. Autor Swern (1972) navodi da se kvaliteta emulzije određuje stupnjem disperzije kapljica ulja. Kod majoneze sa dobrom konzistencijom kapljice ulja ne bi trebale imat promjer veći od 2 μm . S druge strane one slabe emulzije imaju kapljice čiji je promjer oko 10 μm (Mikec, 2014).

Osnovne vrste kvarenja do kojih može doći kod majoneze su:

- separacija ulja iz majoneze,
- fermentacija i
- užglost emulzije.

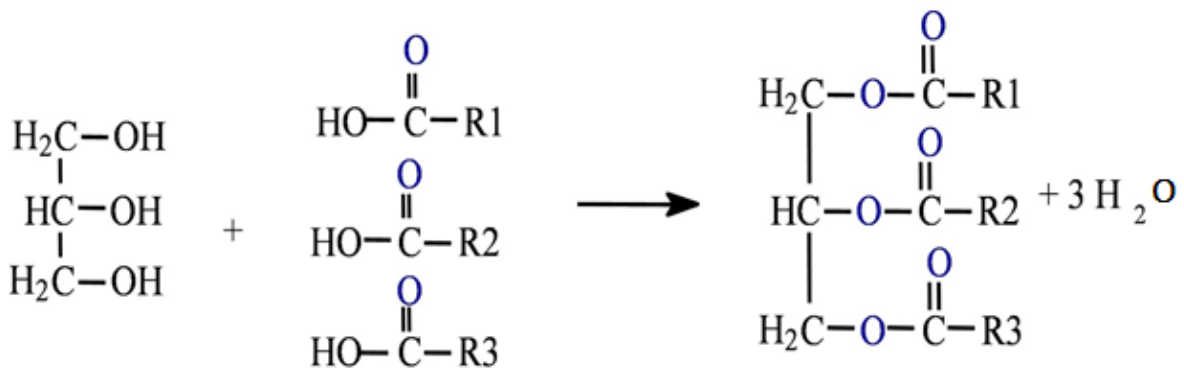
Majoneza stajanjem tijekom određenog vremena gubi svoju konzistenciju. Tijekom vremena dolazi do postepene agregacije masnih globula što na kraju može rezultirati separacijom ulja tj. odvajanje uljne i vodene faze iz emulzije. Također, svi proizvodi koji sadržavaju masti i ulje podložni su pojavi užglosti. Dolazi do promjene okusa i mirisa same majoneze, a oksidacijsku užglost dodatno ubrzava i zrak koji je inkorporiran u emulziju tijekom procesa emulgiranja (Gugušević Đaković, 1989).

2.2.3. Sirovine za proizvodnju majoneze

Jestivo biljno ulje

Prema Pravilniku o jestivim uljima i mastima (MP, 2019) ulja se definiraju kao: „Proizvodi koji se dobivaju iz sjemenki ili plodova biljaka, sastoje se od triglicerida masnih kiselina, a mogu sadržavati i neznatne količine drugih lipida kao što su fosfolipidi, voskovi, neosapunjive tvari, mono- i digliceridi i slobodne masne kiseline.“

Biljna ulja čovjek koristi desetljećima, a zbog svojih specifičnih svojstava i kemijskog sastava ulje je sastavni dio mnogih proizvoda. Jestivo biljno ulje je glavni sastojak majoneze i ima veliku ulogu u stvaranju emulzije tipa ulje u vodi. Ono također doprinosi okusu, teksturi i samome izgledu, ali i oksidacijskoj stabilnosti. Udio ulja u majonezi ima i bitan utjecaj na reološka svojstva (Moslavac i sur., 2019). Ulja su po kemijskom sastavu esteri masnih kiselina i alkohola glicerola (Menezes dos Passos i sur., 2019). **Slika 5** prikazuje reakciju nastajanja triacilglicerola.



Slika 5 Reakcija nastajanja triacilglicerola (Jašić, 2009)

Ulja se dobivaju postupcima sušenja, ljuštenja, mljevenja, prešanja i ekstrakcije uljarica. Uljarice od kojih se najčešće proizvode biljna ulja su: repica, soja, sezam, suncokret, mak, kikiriki, maslina i bundeva (Lambaša-Belak, 2006). Prema Pravilniku o jestivim uljima i mastima (MP, 2019) ulja se mogu svrstati u određene kategorije ovisno o tehnološkom postupku proizvodnje, a to su:

1. Rafinirana ulja,
2. Hladno prešana ulja i
3. Djevičanska ulja

Rafinirana ulja se prema istom Pravilniku definiraju kao: „Proizvodi dobiveni postupkom rafinacije jedne ili više sirovih biljnih ulja“ (MP,2019). Sirova ulja sadržavaju brojne primjese koje se mogu ukloniti procesom rafinacije koji se sastoji od određenih postupaka:

- taloženje vode, sluznih tvari i svih dipergiranih čestica,
- uklanjanje neželjenoga mirisa postupkom dezodorizacije,
- uklanjanje slobodnih masnih kiselina postupkom neutralizacije i
- filtriranje te bijeljenje radi dobivanja željene boje (Lambaša-Belak, 2006).

Proces rafinacije potrebno je provoditi na što nižoj temperaturi i što kraćem vremenu da bi konačan proizvod imao traženu kakvoću. Rafinirana ulja koja se stavljaju na tržište moraju na 20 °C biti tekuća bistra i karakteristične boje, neutralnog mirisa i okusa, bez stranog i/ ili užeglog mirisa i okusa. Također, ne smije sadržavati više od 0,3 % slobodnih masnih kiselina i peroksidni broj ne smije biti veći od 5 mmol O₂/kg. Ne smije sadržavati više od 0,2 % vode i tvari hlapljive na temperaturi od 105 °C (MP, 2019). Kod pripreme emulzija ulja u vodi jako je bitno imati dobru kakvoću biljnih ulja jer su oni pri takvome procesu izloženi većem stupnju oksidacijskih procesa i pojavi užeglosti. Uljna faza u emulzijama je u kontaktu s vodenom fazom, ali i sa zrakom. Osim toga vrlo često su ti proizvodi izloženi utjecaju svjetla i često se čuvaju pri sobnoj temperaturi. Svi ti čimbenici imaju utjecaj na oksidaciju ulja te oni djeluju kao katalizatori ili prooksidansi i zbog toga je bitno obratiti pažnju na sve ove čimbenike kao i na kvalitetu samoga ulja (Swern, 1972).

Jaja

Jaja se na tržište stavljaju bez posebne oznake ukoliko se radi o kokošijim jajima (Mandić, 2007). Prema Pravilniku o kakvoći jaja kokošija jaja su jaja u ljusci dobivena od kokoši nesilica namijenjena prehrani ljudi ili upotrebi u prehrambenoj industriji (MPŠVG, 2006).

Jaja se sastoje od ljuske koja čini oko 11 % ukupne težine, bjelanjka koji obično čini 58 %, žumanjka koji čini 31 % ukupne težine. Prosječno jaje teži oko 50 g, a voda čini 75 % jestivog dijela jajeta. U bjelanjku se nalazi veća količina vode, od žumanjka. U bjelanjku ima oko 87 %, a u žumanjku 50 % vode (Mandić, 2007).

Bjelanjak jajeta sadržava najveću količinu bjelančevina i nalaze se u obliku ovoalbumina, ovoglobulina, ovomucina, dok sa druge strane žumanjak sadržava znatno manju količinu bjelančevina i to u obliku ovovitelina i levitina. Bjelančevine jajeta imaju najveću biološku

vrijednost od bjelančevina svih namirnica. One su najsličnije po sastavu aminokiselina koje tvore bjelančevine ljudskoga tijela i zbog toga se bjelančevine jajeta uzimaju kao referentne bjelančevine i njihova biološka vrijednost je 100 (Mandić, 2007).

Mast se u jajetu u najvećoj količini nalazi u žumanjku koje sadrži otprilike 32 %, a bjelanjak gotovo uopće nema masti. U prosjeku jaja sadržavaju 12-14 % masti i one su uglavnom esteri alkohola glicerola i viših masnih kiselina oleinske, palmitinske, stearinske i linolne. Iskoristivost masti jajeta je velika i na taj se način povećava njihova biološka vrijednost, ali se u jajima nalazi i dosta velika količina kolesterola zbog čega je preporuka da određene osobe smanje unos.

U jajima ima manje od 1 % ugljikohidrata. Po mineralnom sastavu bjelanjak i žumanjak se značajno razlikuju. Bjelanjak sadržava veću količinu kalcija, natrija, klora i sumpora, dok sa druge strane žumanjak je izvor svih minerala koji su neophodni za stvaranje i rast kosti te mekih tkiva. Jaja sadržavaju i vitamine A, C, D i riboflavin. Žutu boju žumanjku daje ksantofil (Mandić, 2007). Hranjiva vrijednost 100 g jestivog dijela jaja prikazana je u **Tablici 1**

Tablica 1 Hranjiva vrijednost 100 g jestivog dijela jaja (Mandić, 2007)

	Žumanjak	Cijelo jaje
Kcal	361	151
Bjelančevine [g]	16	13
Masti [g]	33	11
Kolesterol [mg]	1300	520
Šećer [g]	0	0
Fosfor [mg]	600	225
Kalcij [mg]	150	60
Željezo [mg]	6	2
Askorbinska kiselina [mg]	0	0
Tiamin [mg]	0.25	0.10
Riboflavin [mg]	0.40	0.30
Niacin [mg]	0.1	0.1

Ocat

Ocat je općenito poznat kao tekućina koja ima kiseli okus i jako često se koristi u prehrambenoj industriji, ali i u domaćinstvu. Ocat se dobiva mikrobiološkom aerobnom oksidacijom etanola gdje dolazi do stvaranja octene kiseline. Radni mikroorganizam je *Acetobacter*. Postoje i neke vrste bakterija koje mogu proizvesti octenu kiselinu izravnom fermentacijom otopine šećera i vode. Također, ocat se može proizvesti i fermentacijom destiliranog alkohola. Destilat se koristi kako bi se eliminirala prisutnost teških metala koji djeluju kao prooksidansi u procesu oksidacije biljnih ulja (De Leonardis i sur., 2022).

Alkoholni ocat je bezbojan i sastoji se od octene kiseline i vode. Jabučni ocat je voćni ocat koji se dobiva octeno- kiselom fermentacijom prevrelih voćnih sokova ili komina. Jabučni ocat ima karakterističnu svijetlo žućkastu boju te je bistar, aromatičan i ugodnog okusa (Lambaša- Belak i sur., 2005).

Ocat je u proizvodnji emulzije ulje/voda osnovni sastojak vodene faze. On se često uz biljno ulje koristi kao glavni sastojak u formuliranju emulzija kao što su kreme, umaci, preljevi za salatu, ali i za majonezu. Količina dodanoga octa u prosjeku iznosi oko 10 %. Ocat ima antiseptička svojstva, a ovisno o njegovom udjelu u emulziji može spriječiti kvarenje (De Leonardis i sur., 2022; Gugušević Đaković, 1989).

U prehrambene svrhe ocat se koristi kao začim, za kiseljenje i kao konzervans, dok u medicinske svrhe ocat ima brojne funkcionalne aktivnosti uključujući one antioksidacijske, antidijabetičke, antimikrobne, te je učinkovit u borbi protiv pretilosti i koristan za sniženje kolesterola (De Leonardis i sur., 2022).

Hidrokoloidi

Hidrokoloidi predstavljaju visokomolekularne, dugolančane i hidrofилne polimere životinjskog, sintetskog ili mikrobnog podrijetla. Po kemijskom sastavu hidrokoloidi se mogu podijeliti na određene skupine:

- hidrokoloidi životinjskog podrijetla poput želatine,
- hidrokoloidi biljnog podrijetla poput guma arabica i
- kemijski modificirani hidrokoloidi kao što su derivati celuloze i modificirani škrobovi.

Karakterizira ih lako otapanje ili disperzija u vodi i pri tome pokazuju svojstva ugušćivanja, želiranja i povećanja viskoznosti prehrambenih proizvoda. Kod odabira hidrokoloida treba se paziti na sastav proizvoda i mogućnost djelovanja pojedinih komponenti proizvoda s hidrokoloidima (Mikec, 2014). Hidrokoloidi se danas primjenjuju u različitim granama prehrambene industrije gdje se koriste kao sredstvo za poboljšanje reoloških svojstava hrane, a posebno viskoznih, visoko- elastičnih i elastičnih namirnica (Jašić, 2013).

Začini

Začini se već stoljećima dodaju u različite vrste hrane kako bi poboljšali aromu gotovih proizvoda. Svi dijelovi biljaka poput korijena, kore, lista, cvijeta, tučka, ploda ili sjemena se mogu koristiti za proizvodnju začina. Neki začini se koriste u prirodnom svježem obliku, dok se drugi suše, usitnjavaju, pretvaraju u prah ili se provodi ekstrakcija aromatičnih sastojaka (Gross- Bošković i sur., 2019).

U našem području najčešće se kao začini upotrebljavaju: paprena metvica, timijan, bosiljak, peršin, kadulja, kopar, papar, ružmarin, crvena paprika, vlasac, kumin, senf. U fino samljevenom stanju brašno bijele i crne slačice ima emulgirajuće svojstvo, a ulje slačice ima aseptično svojstvo. Kod majoneze dodatak soli i začina povećava stabilnost majoneze (Gugušević Đaković, 1989; Gross- Bošković i sur., 2019).

Začini imaju snažno antimikrobno i antioksidacijsko djelovanje. Ono je različito i uvelike ovisi o koncentraciji i vrsti aktivnih komponenti. Snažno antimikrobno djelovanje imaju terpeni. Aktivne komponente koje su prisutne u začinicima i koje pokazuju antioksidacijsko djelovanje su:

- fenolne kiseline,
- flavonoidi,
- prirodni pigmenti i
- terpeni (Gross- Bošković i sur., 2019).

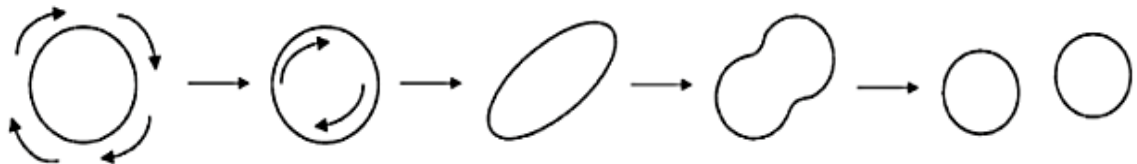
2.2.4. Tehnološki postupak proizvodnje majoneze

Majoneza kao konačan proizvod treba imati što čvršću konzistenciju, homogenost i stabilnost. (Lambaša-Belak i sur, 2005). Kako ne bi došlo do razdvajanja faze kod skladištenja bitno je da bude postojana pri nižim temperaturama, a zbog toga se koriste različiti emulgatori (Gugušević Đaković, 1989).

Emulzije predstavljaju stabilne sustave dviju tekućina koje se ne miješaju. Sam proces dobivanja emulzije pa tako i majoneze koja predstavlja emulziju tipa ulje u vodi naziva se emulgiranje. Emulgiranje je dinamičan proces gdje je potrebno uložiti energiju za proizvodnju kapljica. Postoji nekoliko tehnika emulgiranja:

- jednostavno mućkanje,
- miješanje sa sustavom rotor-stator,
- ubrizgavanje tekućine kroz porozne membrane i
- ultrazvučni generator.

Kako bi se kapljice razbile na manje, sami oblik kapljica se mora promijeniti, a takva deformacija nastaje tijekom smicanja odnosno miješanja emulzije. Sam proces deformacije i lomljenja kapljice prikazan je na **Slici 6** (Akbari i Hamid Nour., 2018).



Slika 6 Proces deformacije i lomljenja kapljica prilikom miješanja (Akbari i Hamid Nour., 2018)

Napetost na granici faza mora biti što manja kako bi se stvorila emulzije. Rad (w) koji je potreban da bi se postiglo emulgiranje proporcionalan je napetosti površine (σ) i povećanju površine čestica, a sljedeći izraz prikazuje navedenu ovisnost:

$$W = \sigma \cdot dA$$

gdje je:

- w – rad,
- σ – napetost površine i
- dA – povećanje površine disperzne faze.

Stabilnost emulzije ovisi o udjelu disperzne faze, površinskim silama, viskoznim svojstvima kontinuirane faze i o razlici u gustoći između dviju faza (Lovrić, 2003). Također, autor Akbari i Hamid Nour. (2018) navode da na stabilnost emulzije utječe i koncentracija vode, brzina miješanja i temperatura.

Postoje tri osnovna načina tehnološkog postupka proizvodnje majoneze na temelju vrste uređaja koji se upotrebljavaju za njenu proizvodnju, a to su:

1. Dobivanje majoneze pomoću miksera,
2. Dobivanje emulzije upotrebom homogenizatora ili koloidnih mlinova i
3. Vakuum postupak.

Dobivanje majoneze pomoću miksera

Upotreba miksera za proizvodnju majoneze danas je rijetka. To je najstariji način proizvodnje majoneze. Cijeli postupak proizvodnje majoneze pomoću miksera je diskontinuiran, a upravo u tome leži nedostatak. Mikseri se sastoje od vertikalne miješalice koja se okreće velikom brzinom pomoću elektromotora i reostata kojim se regulira broj okretaja.

Žumanjci jajeta se miješaju do potpunog razbijanja i homogeniziranja. Nakon toga se dodaju začini i miješaju, a poslije toga i manja količina octa. Miješajući se lagano dodaje ulje, a nakon što se doda cijela količina ulja i izmiješa se mikserom, brzina miksera se smanjuje i na kraju se dodaje preostala veća količina octa nakon emulgiranja jer se tada postiže bolja konzistencija. Pri završnom dodavanju octa kapljice ulja se povezuju i tvore stabilnu emulziju. Preporučena temperatura ovog procesa je oko 20 °C. Svako odstupanje od ove temperature znači i veća mogućnost dobivanja emulzije rjeđe konzistencije koja je istovremeno podložnija destabilizaciji tj. dolazi do lakšeg razdvajanja osnovnih faza.

Dobivanje majoneze pomoću homogenizatora ili koloidnih mlinova

Proces homogenizacije temelji se na predaji potrebne površinske energije kako bi se razbile kapljice ulja i stvorile nove, manje sa većom ukupnom površinom. Čestice koje su dobivene homogenizacijom su veličine oko 1 mikrona. Za proces homogenizacije koriste se homogenizatori. To su uređaji koji rade na principu propuštanja materijala kroz otvore malih veličina i pod tlakom od 80 do 300 bara. Pod visokim tlakom dolazi do smanjenja promjera kapljica ulja i tako se stvara stabilna i dobra emulzija.

Za razliku od miksera dobivanje majoneze pomoću homogenizatora je kontinuirani proces. U mikseru se miješaju žumanjci, jedan dio octa, začini te ulje. Nakon toga se dodaje ostatak octa te se emulzija propušta kroz homogenizator ili koloidni mlin.

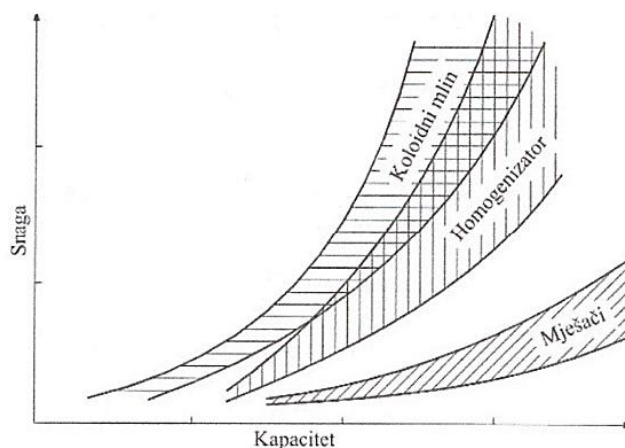
Koloidni mlin je obično uređaj sa konusnim rotorom. Mlin se sastoji od rotora koji se okreće u konusnom statoru. Razmak između njih je jako mali i regulira se pomoću mikrovijka. Majoneza

se uvodi u donji otvor, a homogenizirani materijal izlazi kroz cijev. S obzirom na mali razmak između rotora i statora materijal se kreće u tankom sloju te tu postoji jako smicanje između dva filma tečenja, jedan koji je na rotoru, a drugi koji je na statoru. Broj okretaja rotora podešava se ovisno o viskozitetu materijala pa je stoga za materijale manje konzistencije broj okretaja od 1000 do 2000 okretaja u minuti. S druge strane za viskoznije materijale iznosi i od 13600 okretaja u minuti.

Vakuum postupak

Najkvalitetniji proizvodi dobivaju se vakuum postupkom. Karakteristika ovoga procesa je u tome što se prilikom proizvodnje isključuje zrak što je velika prednost jer se na taj način smanji pristup kisiku u proizvodu. Smanjenjem sadržaja kisika manja je mogućnost razvoja mikroorganizama, ali osim toga spriječena je i oksidacija ulja tijekom čuvanja majoneze. Nadalje, kod ovog postupka, prilikom procesa emulgiranja, dobivaju se kapljice ulja koje su manjeg promjera nego kod drugih postupaka, te se postiže ujednačenija i homogenija emulzija.

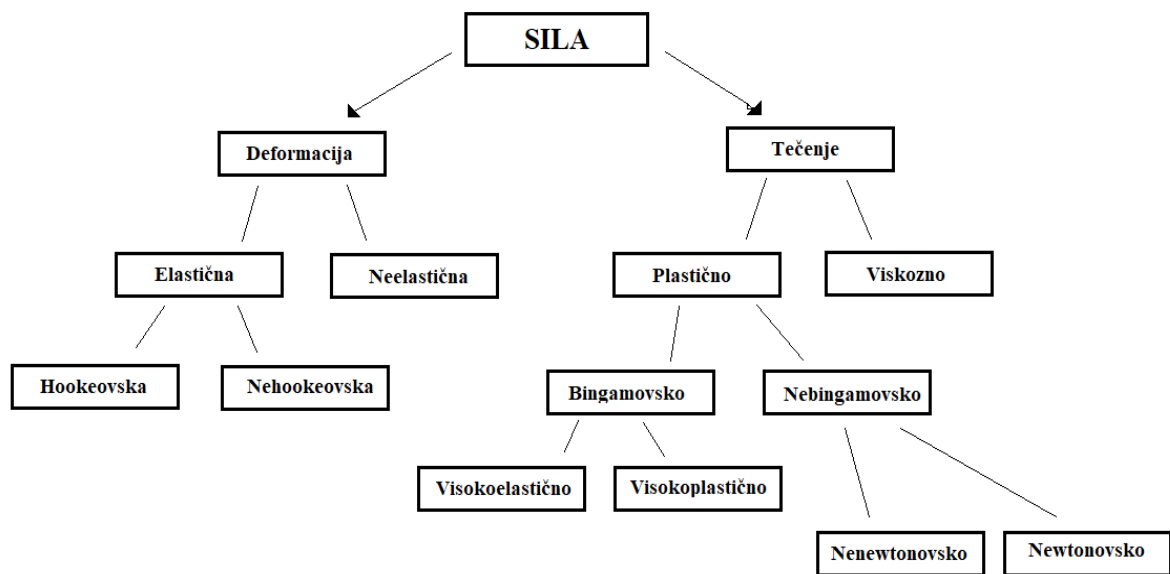
Glavni nedostatak ovoga procesa je visoka cijena uređaja za emulgiranje koji mora raditi pod vakuumom. Iz tog razloga se danas više upotrebljavaju koloidni mlinovi ili homogenizatori jer su oni kompromis između proizvoda dobre kvalitete i relativno jeftinog uređaja za proizvodnju (Gugušević Đaković, 1989). Na **Slici 7** prikazan je odnos kapaciteta i snage pogona pojedinih uređaja za emulgiranje.



Slika 7 Odnos kapaciteta i snage pogona pojedinih uređaja za emulgiranje (Lovrić, 2003)

2.3. REOLOŠKA SVOJSTVA

Reologija je znanstvena disciplina koja se bavi proučavanjem deformacija i tečenjem materijala. To je grana fizike koja ima svoju primjenu u brojnim znanostima i industriji. Pod pojmom deformacije smatra se promjena oblika i dimenzije nekog tijela kad se na njega primjeni određena sila, dok s druge strane tečenje je kontinuirana promjena deformacije s vremenom (Lovrić, 2003). Reološko ponašanje materijala prema sili napreznja prikazano je na **Slici 8**.



Slika 8 Reološko ponašanje materijala prema djelovanju sile napreznja (Lovrić, 2003)

Poznavanje reoloških svojstva od iznimne je važnosti za pravilno vođenje tehnoloških procesa, ali također i za određivanje osnovnih značajki proizvoda u prehrambenoj industriji. Postoji nekoliko čimbenika koji utječu na reološka svojstva namirnica, a to su:

- temperatura,
- kemijski sastav,
- udio suhe tvari,
- brzina smicanja,
- vrijeme smicanja,
- pH i
- način ispitivanja i dr. (Lovrić, 2003).

Reološka su svojstva namirnica tijekom procesa proizvodnje podložna raznim promjenama, a njihovim praćenjem je moguće provesti kontrolu tehnološkog procesa proizvodnje kao što je npr. proces grijanja, hlađenja, fermentacije i dr. Osim toga može se provesti kontrola kvalitete proizvoda, cjevovoda i pumpi. Nadalje moguće je izvršiti izbor ukupnih uređaja koji su potrebni za određeni tehnološki proces kao i utvrđivanje optimalnih uvjeta vođenja procesa kao što su temperatura, tlak ili vrijeme (Lelas, 2006).

Za krute materijale osnova reološka svojstva su elastičnost i plastičnost. S druge strane viskoznost je osnovno reološko svojstvo tekućina.

Elastičnost

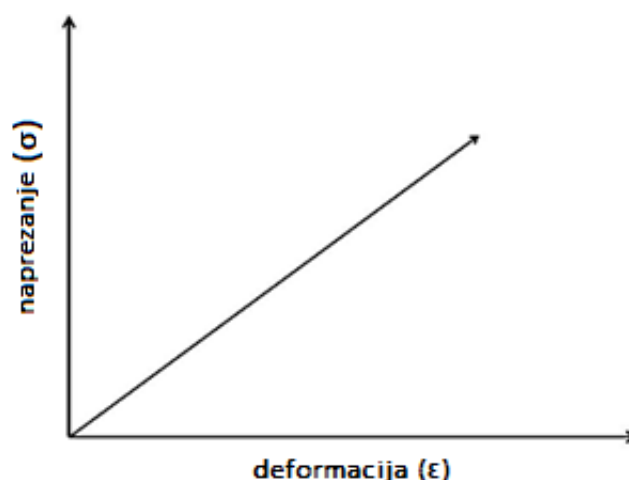
Materijal je idealno elastičan kada se deformacija pojavi trenutačno s djelovanjem sile, a nakon prestanka djelovanja sile nestaje (Mohsenin, 1986). Prema Hooke- ovom zakonu naprezanje je direktno proporcionalno nastaloj deformaciji:

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

gdje je

- σ – naprezanje,
- E – modul elastičnosti ili Youngov model i
- ε – deformacija.

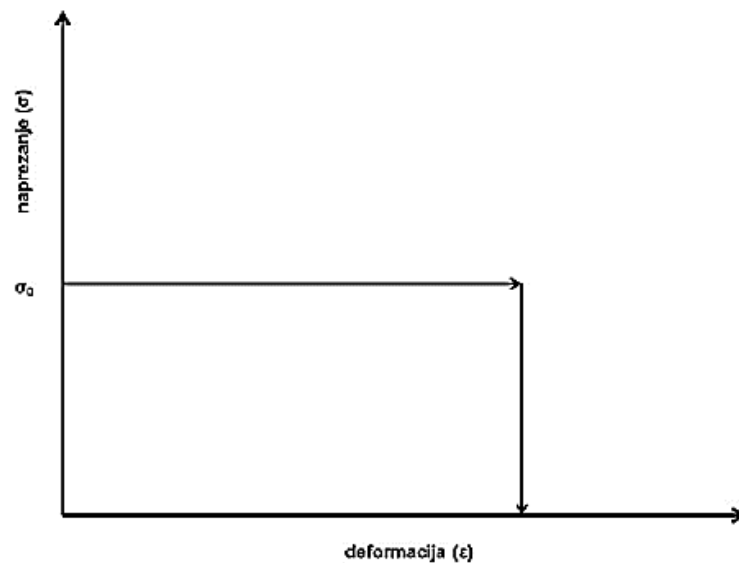
Ovaj izraz se može primijeniti samo u slučaju kada je materijal podvrgnut djelovanju sile rastezanja, tj. sili smicanja ili hidrostatskom tlaku kada se umjesto modula elastičnosti koristi pojam modul stlačivosti (Lelas, 2006). **Slika 9** prikazuje elastično ponašanje materijala.



Slika 9 Prikaz elastičnog ponašanja materijala

Plastičnost

Plastičan materijal je onaj materijal koji podliježe trajnoj deformaciji u trenutku kada se postigne određeni prag napreznja. Pod utjecajem maloga napreznja nema deformacija, a ukoliko se takvo napreznje poveća i dođe do praga napreznja tada će doći do deformacije koja će se povećavati kod iste sile napreznja sve dok napreznje traje. Nakon prestanka djelovanja sile napreznja materijal će zadržati svoj nastali oblik (**Slika 10**). Namirnice koje pokazuju plastična svojstva su: maslac, margarin, sir i dr.



Slika 10 Prikaz plastičnog ponašanja materijala

Viskoznost

Viskoznost se može definirati kao mjera unutarnjeg otpora tečenju fluida ili kao unutrašnje trenje (Akbari i Hamid Nour., 2018). Promatranjem tekućine koja se nalazi između dvije plohe, moguće je objasniti ovako ponašanje. Naime, kada na neku tekućinu na udaljenosti dy od donje plohe djeluje sila F tada se donja ploha giba brzinom u , gornja ploha giba brzinom $u + du$ (**Slika 11**).



Slika 11 Prikaz viskoznog ponašanja tekućine (Lovrić, 2003)

Navedena pojava unutar tekućine izaziva naprezanje koje se može definirati kao sila koja djeluje na jedinicu površine F/A . Deformacija koja je nastala može se prikazati kao gradijent brzine između dviju ploha $-du/dy$. Izraz koji to opisuje naziva se Newtonov zakon (Lelas, 2006):

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

gdje je:

- τ - smično naprezanje ili sila po jedinici površine [Pa] ili [N/m²],
- μ - koeficijent viskoznosti ili dinamička viskoznost [Pa·s] i
- D – gradijent brzine između dviju ploha tj. brzina smicanja [1/s] (Lelas, 2006).

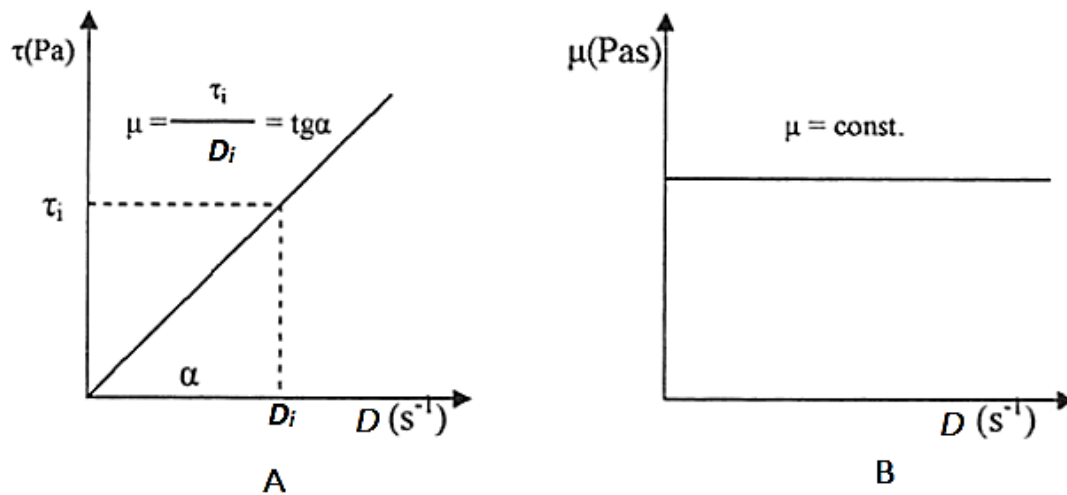
Grafički prikaz odnosa smičnog naprezanja i brzine smicanja predstavlja pravac koji prolazi kroz ishodište. Prema tome, Newtonski sustavi predstavljaju one sustave kod kojih postoji linearni odnos između smičnog naprezanja i brzine smicanja (Lovrić, 2003).

2.3.1. Reološka svojstva tekućih namirnica

Reološka svojstva ne-Newtonskih tekućina (guste, viskozne tekućine) se znatno razlikuju od svojstava Newtonskih tekućina. Kod određene temperature i tlaka viskoznost Newtonskih tekućina je stalna veličina i određena je Newtonovim zakonom, dok sa druge strane viskoznost ne-Newtonskih tekućina nije stalna veličina te se mijenja s promjenom brzine smicanja (Bataille i Blake, 2017).

Newtonske tekućine

Newtonske tekućine su samo jedan tip ponašanja tekućina koju je Newton pretpostavio. Newtonov fluid je grafički prikazan na **Slici 12**. Prvi graf (A) prikazuje odnos između smičnog naprezanja (τ) i brzine smicanja (D), gdje se dobiva pravac koji prolazi kroz ishodište. Koeficijent smjera toga pravca predstavlja vrijednost dinamičke viskoznosti (μ). Viskoznost neke tekućine je određena izrazom $\mu = \tau_i / D_i$. Upravo ta viskoznost je konstantna vrijednost jer prema Newtonovu zakonu kod određene temperature i tlaka viskoznost je konstantna (graf B) (Lovrić, 2003; Bataille i Blake, 2017).



Slika 12 Odnos smičnog naprezanja (A) i viskoznosti (B) o brzini smicanja za Newtonovske tekućine (Lovrić, 2003)

U kategoriju Newtonskih tekućina pripadaju svi plinovi, tekućine i otopine koje imaju nisku molekularnu težinu. Svi oni imaju linearnu krivulju protoka kako je prikazano na **Slici 12** (Bataille i Blake, 2017).

Ne- Newtonske tekućine

Suprotno Newtonovim tekućinama, ne-Newtonske tekućine imaju nelinearnu krivulju protoka (Bataille i Blake, 2017). Ne- Newtonske tekućine pokazuju turbulentno i laminarno tečenje. One se kod turbulentnog tečenja ponašaju kao Newtonske tekućine, dok se razlika može uočiti samo pri malim brzinama smicanja odnosno kod laminarnog tečenja. Kod laminarnog tečenja dolazi do odstupanja od Newtonskog zakona zbog različitog utjecaja kao što su međumolekularne sile, koncentracija, veličina i oblik čestica kao i drugih čimbenika. Zbog toga se viskoznost mijenja porastom brzine smicanja (D) i tada se takva viskoznost naziva prividnom viskoznošću.

Kod prikazivanja reoloških svojstava ne-Newtonskih tekućina određuju se sljedeći reološki parametri:

- koeficijent konzistencije (k) i
- indeks tečenja (n).

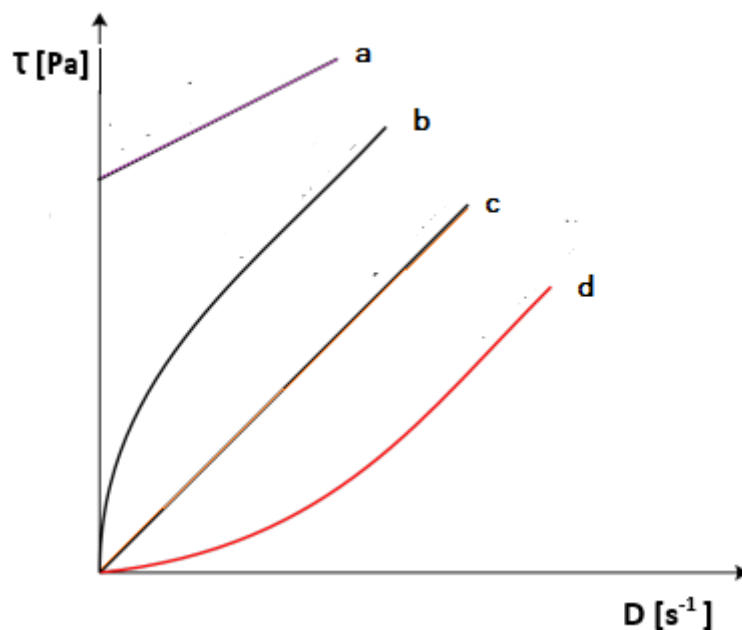
Odnos između smičnog napreznja i brzine smicanja određen je tzv. Ostwald-Reinerovim „stupnjevitim zakonom“, koji je dan izrazom:

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

gdje je:

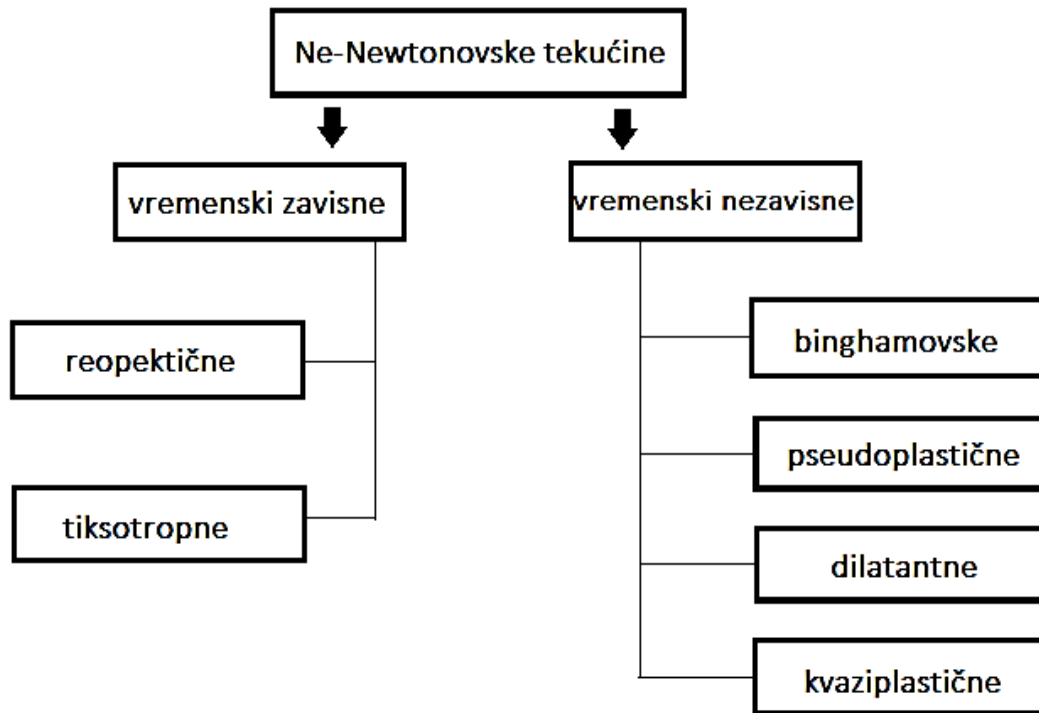
- τ – smično napreznje (Pa),
- D – brzina smicanja (s^{-1}),
- k – koeficijent konzistencije ($Pa \cdot s^n$) i
- n – indeks tečenja (Lelas, 2006).

Ukoliko se grafički prikaže odnos između smičnog napreznja i brzine smicanja dobije se pravac ili krivulja čiji oblik ovisi o vrsti ispitivane tekućine (**Slika 13**) (Bataille i Blake, 2017).



Slika 13 Dijagram ovisnosti smičnog napreznja o brzini smicanja za tekućine: a. Binghamovska plastična, b. pseudoplastična, c. Newtonska, d. dilatantna (Bataille i Blake, 2017)

Ne- Newtonske tekućine se mogu svrstati u dvije skupine ovisno o tome mijenjaju li se s vremenom smicanja ili ne. Na **Slici 14** se nalazi podjela ne-Newtonskih tekućina ovisno o vremenu smicanja.



Slika 14 Podjela ne-Newtonovskih tekućina ovisno o vremenu smicanja (Bataille i Blake, 2017)

Pseudoplastične tekućine

Pseudoplastične tekućine su one tekućine kod kojih se smično naprezanje brže povećava kod nižih brzina nego kod viših, dok se kod dovoljno velikih vrijednosti smičnog naprezanja ova tekućina ponaša kao Newtonska tekućina. Reološki parametri se određuju pomoću Oswald-Reinerovog izraza gdje se indeks tečenja (n) kreće od 0 do 1:

$$\tau = \mu_0 \times \left(\frac{du}{dy}\right)^n = k \times D^n$$

Primjeri pseudoplastičnih tekućina su majoneza, te voćne kaše od banane ili jabuke (Lovrić, 2003).

Binghamovske plastične tekućine

Graf Binghamovskih tekućina karakterizira ravna linija koja sječe os smičnog naprezanja. U stanju mirovanja ove tekućine su dovoljno krute tako da se odupiru smičnom naprezanju sve dok se ne postigne određeni prag naprezanja (τ_0) kada će tekućina početi teći (Bataille i Blake, 2017). Oswald-Reinerov izraz ili zakon potencije poprima sljedeći izraz:

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

Ispod vrijednosti praga naprezanja (τ_0) ove tekućine se ne dovode u gibanje nego dolazi do deformacija i promjene oblika, a po prestanku djelovanja vraćaju se u prvobitni oblik. Primjeri za ove vrste tekućina su: čokoladna masa, margarin, sok naranče, biljne masti i dr. (Lovrić, 2003).

Dilatantne tekućine

Kod dilatantnih tekućina se pri povećanju brzine smicanja naglo povećava smično naprezanje ili viskoznost. Otpor sustava je pri većim brzinama puno veći nego pri nižim. Za dilatantne tekućine vrijedi isti izraz kao i za pseudoplastične, ali za razliku od njih vrijednost indeksa tečenja je veća od 1 ($n > 1$). Kao primjer ovakvih tekućina može se navesti koncentrirana suspenzija kao što je 60 %-tna suspenzije škroba u vodi (Bataille i Blake, 2017; Lovrić, 2003).

Kvaziplastične tekućine

Kvaziplastične tekućine se još nazivaju i tekućinama mješovitog tipa. One se ponašaju slično plastičnim tekućinama. Kao i kod njih potrebno je postići određeni prag naprezanja da bi se dovele u gibanje, a nakon toga se ponašaju kao pseudoplastične ili dilatantne tekućine. Ponašanje kvaziplastičnih tekućina se može opisati izrazom:

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

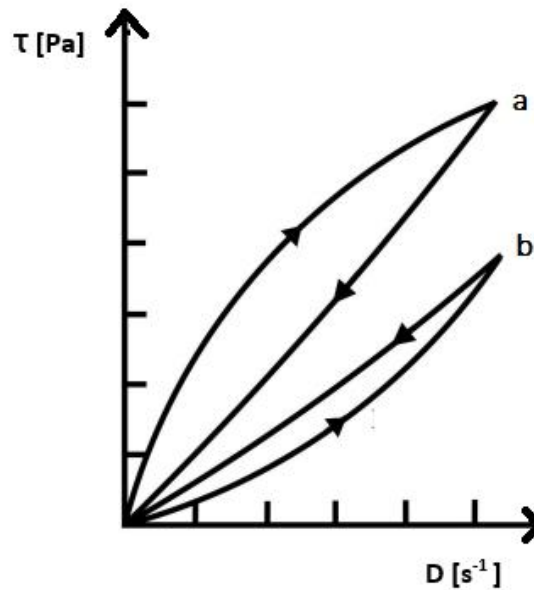
gdje je:

- τ_0 - prag naprezanja (Pa)

Tiksotropne i reopektične tekućine

Tiksotropne tekućine su one tekućine kod kojih unutarnji otpor ovisi o naprezanju, trajanju tog naprezanja i prethodnim deformacijama. U tom slučaju dolazi do narušavanja strukture, a viskoznost se smanjuje s trajanjem naprezanja. Nakon prestanka djelovanja struktura materijala se ponovno izgrađuje nakon mirovanja te raste viskoznost (Lelas, 2006; Bataille i Blake, 2017). Tiksotropno ponašanje pokazuju različite kreme i koncentrat rajčice.

Reopektične tekućine, za razliku od tiksotropnih imaju suprotno ponašanje. Što je tekućina duže izložena naprezanju to se povećava konzistencija odnosno viskoznost. U stanju mirovanja takvoj se tekućini snižava viskoznost (Bataille i Blake, 2017). Grafički prikaz tiksotropne i reopektične tekućine nalazi se na **Slici 15**.



Slika 15 Grafički prikaz tiksotropne (a) i reopektične (b) tekućine (Chhabra, 2010)

2.3.2. Čimbenici koji utječu na reološka svojstva

Pojedini čimbenici bitno utječu na reološka svojstva hrane. Oni utječu na njenu kvalitetu, ali i na trajnost, uvjete proizvodnje, način pakiranja i čuvanja kao i na brojne druge parametre. Čimbenici koji utječu na reološka svojstva su:

- temperatura,
- kemijski sastav i
- tehnološki proces.

Temperaturu kao jednu od čimbenika koja utječe na reološka svojstva hrane potrebo je mjeriti i stalno kontrolirati te održavati konstantnom tijekom svih mjerenja. Kod većine plinova i tekućina dolazi do smanjenja viskoznosti prilikom porasta temperature, pa se tako kod Newtonskih tekućina viskoznost mijenja za 2 % za svaki °C. Za razliku od njih kod ne-Newtonskih tekućina viskoznost se mijenja puno više (Lelas, 2006). Ovisno o temperaturi promjena viskoznosti Newtonski tekućina može se prikazati Arrheniusovom jednadžbom:

$$\mu = A \cdot e^{\frac{Ea}{RT}}$$

gdje je:

- A – konstanta,
- Ea – energija aktivacije [J/g·mol],

- R – opća plinska konstanta [$J/g \cdot mol \cdot K$] i
- T – apsolutna temperatura [K].

Reološka svojstva ovise i o udjelu suhe tvari, ali i o kemijskom sastavu. Kako se povećava udio suhe tvari tako se povećava i viskoznost. Kad se govori o kemijskom sastavu, npr. dodatak hidrokoloida će povećati viskoznost tekućina. Također, ulja koja sadržavaju više masnih kiselina imaju i veću viskoznost. Veliki značaj imaju i tehnološki procesi obrade hrane te se stoga najveće promjene odvijaju tijekom miješanja, homogenizacije, kao i kod koncentriranja, toplinskog tretmana, ali i ekstrudiranja, smrzavanja i fermentacije (Lelas, 2006).

2.3.3. Uređaji za mjerenje viskoznosti

U prehrambenoj se industriji reološka svojstva najčešće određuju pomoću dva uređaja:

1. Rotacijskim viskozimetrima i
2. Kapilarnim viskozimetrima.

Rotacijski viskozimetri

Rotacijski viskozimetar (reometar) se najčešće upotrebljava za mjerenje reoloških svojstava. On ima jednostavan princip rada. Ovaj reometar se sastoji od dva različita tijela gdje jedan rotira, dok drugi miruje. Mjerenja kod ovog viskozimetra se temelje na mjerenju kutne brzine rotirajućeg tijela i odgovarajućeg zakretnog momenta.

Rotacijski se viskozimetri s obzirom na izgled mjernog sustava mogu podijeliti u 3 skupine:

- viskozimetri s koncentriranim cilindrima,
- viskozimetri s stošcem i pločom i
- viskozimetri s dvjema paralelnim pločama (Lelas, 2006).

Kapilarni viskozimetri

Kapilarni viskozimetri (reometri) su uređaji kod kojih se mjeri vrijeme koje je potrebno da određeni volumen tekućine prođe kroz kapilaru poznatih dimenzija. Prema tome odnos smičnog naprezanja i brzine smicanja dobiva se mjerenjem tlaka koji tjera tekućinu kroz cijev i protoka tekućine u cijevi. Mjerenje reoloških svojstava kod ove vrste mjerenja temelji se na Poiseuilleovoj jednadžbi:

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

tj.

$$Q = \frac{\pi \cdot r^4 \cdot \Delta p}{8 \cdot l \cdot \mu}$$

gdje je:

- Q - protok tekućine [m^3/s],
- r - polumjer kapilare [m],
- Δp - razlika tlakova na krajevima kapilara [Pa],
- l - duljina kapilare [m],
- d - promjer kapilare [m] i
- μ - viskoznost [Pa s].

Kako bi mjerenje kapilarnim reometrom bilo moguće moraju se zadovoljiti određene pretpostavke, a to su:

- tečenje je stalno i laminarno,
- svojstva tekućina su neovisna o vremenu,
- tekućina se ne može stlačiti,
- viskoznost tekućine nije ovisna o tlaku i
- mjerenje se provodi kod izotermičkih uvjeta (Lelas, 2006).

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Zadatak istraživanja u ovom diplomskom radu je ispitati:

1. Utjecaj mliječne komponente (obrano mlijeko u prahu, punomasno mlijeko u prahu, sirutka u prahu, kazein u prahu) na reološka svojstva salatne majoneze uz dodatak kaše jabuke (Čelenka, Kanadska reneta) izrađene tijekom 3 minute homogenizacije i brzine rotora 10000 o/min, mjereno pri temperaturi 25 °C,
2. Utjecaj vrste ugljikohidrata (saharoza, laktoza, maltodekstrin, glukoza) na reološka svojstva salatne majoneze uz dodatak kaše jabuke (Čelenka, Kanadska reneta) izrađene tijekom 3 minute homogenizacije i brzine rotora 10000 o/min, mjereno pri temperaturi 25 °C,
3. Utjecaj žumanjka jajeta (svježi žumanjak, pasteurizirani žumanjak) na reološka svojstva salatne majoneze uz dodatak kaše jabuke (Čelenka, Kanadska reneta) izrađene tijekom 3 minute homogenizacije i brzine rotora 10000 o/min, mjereno pri temperaturi 25 °C,
4. Utjecaj vremena homogenizacije (1, 3, 5 minuta) na reološka svojstva salatne majoneze uz dodatak kaše jabuke (Čelenka, Kanadska reneta) izrađene kod brzine rotora 10000 o/min i mjereno pri temperaturi 25 °C,
5. Utjecaj brzine rotacije rotora homogenizatora (10000, 12000, 15000 o/min), izrađene tijekom 3 minute homogenizacije, na reološka svojstva salatne majoneze uz dodatak kaše jabuke (Čelenka, Kanadska reneta), mjereno pri temperaturi 25 °C,
6. Utjecaj vrste kaše jabuke izrađene od dvije različite sorte (Čelenka i Kanadska reneta) na reološka svojstva salatne majoneze.

Mjerenje reoloških svojstava salatne majoneze sa dodatkom kaše jabuke (Čelenka, Kanadska reneta) provedeno je na rotacijskom viskozimetru na sobnoj temperaturi (25 °C), odmah nakon izrade majoneze.

3.2. MATERIJALI I METODE

3.2.1. Materijali

Materijali koji su korišteni za izradu salatne majoneze sa kašom jabuke (Čelenka, Kanadska reneta) su sljedeći:

1. jestivo biljno ulje 65 %,
2. ugljikohidrati 4 %,
3. alkoholni ocat 4 %,
4. žumanjak 6 %,
5. morska sol 1 %,
6. destilirana voda 10,9 %,
7. senf 1 %,
8. mliječna komponenta 3 %,
9. vinska kiselina 0,1 %,
10. voćna komponenta (kaša jabuke) 5 %.

Jestivo biljno ulje

- rafinirano suncokretovo ulje
 - sastojci: 100 % suncokretovo ulje
 - proizvođač: Tvornica ulja Čepin d.d.
 - zemlja podrijetla: Hrvatska

Tablica 2 Prosječna hranjiva vrijednost u 100 mL proizvoda

Energija	3404 kJ/828 kcal
Masti	92 g
od toga:	
- Zasićene masne kiseline	10 g
- Jednostruko nezasićene masne kiseline	28 g
- Višestruko nezasićene masne kiseline	54 g
Ugljikohidrati	0 g
Od kojih	
- šećeri	0 g
Bjelančevine	0 g
Sol	0 g
Vitamin E	51 mg

Ugljikohidrati

- Saharoza
 - disaharid ($C_{12}H_{22}O_{11}$)
 - bijeli kristal šećer Moustache

Tablica 3 Hranjiva vrijednost šećera saharoze na 100 g proizvoda

Energija	1700 kJ/400 kcal
Masti od toga:	0 g
- Zasićene masne kiseline	0 g
Ugljikohidrati Od kojih	99,90 g
- šećeri	99,70 g
Bjelančevine	0 g
Sol	0 g

- Laktoza
 - disaharid ($C_{12}H_{22}O_{11}$)
 - proizvođač: CarloErba
- Maltodekstrin
 - polisaharid
 - proizvođač: Applichem Panreac ITW Companies
- Glukoza
 - Monosaharid ($C_6H_{12}O_6$)
 - Proizvođač: Kemika d.d.

Alkoholni ocat

- sastojci: 9 % octena kiselina
- proizvođač: Zvijezda d.d.

Žumanjak

- kokošiji žumanjak
 - svježa jaja, klasa A, razred M
 - proizvođač: Petričević d.o.o.

Tablica 4 Prosječna hranjiva vrijednost jaja na 100 g proizvoda

Energija	497 kJ/ 119 kcal
Masti od kojih	8,44 g
- zasićene masne kiseline	2,94 g
Ugljikohidrati od kojih	0,47 g
- šećeri	0,47 g
Bjelančevine	10,40 g
Sol	0,34 g

Morska sol

- sitna jodirana, kuhinjska
- Proizvođač: Solana Pag d.d.

Tablica 5 Prosječna hranjiva vrijednost morske soli na 100 g proizvoda

Energetska vrijednost	0 kJ/kcal
Bjelančevine	0 g
Ugljikohidrati	0 g
Masti	0 g
Kalcij	120 mg
Magnezij	120 mg

Senf

- sastojci: voda, sjeme gorušice (19 %), alkoholni ocat, šećer, kuhinjska sol, začini, bojilo: obični karamel, zgrušivač, ksantin guma; konzervans: kalijev sorbat, aroma češnjaka, aroma estragona (0,003 %)
- proizvođač: Podravka d.d.

Tablica 6 Prosječna hranjiva vrijednost senfa na 100 g proizvoda

Energija	416 kJ/ 100 kcal
Masti od kojih	5,7 g
- zasićene masne kiseline	0,32 g
Ugljikohidrati od kojih	4,1 g
- šećeri	4,1 g
Bjelančevine	5,5 g
Sol	1,8 g

Mliječna komponenta

- obrano mlijeko u prahu
 - sadržava: maksimalno 5 % vode, maksimalno 1,5 % mliječne masti
 - sastojci: pasterizirano obrano mlijeko
 - proizvođač: Dukat d.d.

Tablica 7 Prosječna hranjiva vrijednost obranog mlijeka u prahu na 100 g proizvoda

Energija	1484 kJ/ 350 kcal
Masti od kojih	1,5 g
- zasićene masne kiseline	0,9 g
Ugljikohidrati od kojih	50 g
- šećeri	50 g
Bjelančevine	34 g
Sol	1,0 g

- Punomasno mlijeko u prahu
 - proizvođač: Dukat d.d.
- Sirutka u prahu
 - proizvođač: Dukat d.d.
- kazein u prahu
 - proizvođač: Alfa Aesar GmbH & Co KG

Vinska kiselina

- proizvođač: Fisher Scientific, UK

Voćna komponenta

- kaša jabuke sorte Čelenka
 - ukupna suha tvar: 16,84 %
 - pH: 3,16
- kaša jabuke sorte Kanadska reneta
 - ukupna suha tvar: 25,99 %
 - pH: 3,24

3.2.2. Metode

3.2.2.1. Priprema uzorka

Za određivanje reoloških svojstava salatne majoneze sa dodatkom kaše jabuke (Čelenka, Kanadska reneta) napravljeni su uzorci salatne majoneze na način da se veća količina ulja izvaže u jednu veću čašu u kojoj će se homogenizirati uzorak, a u manju čašu se izvaže ostatak ulja. Ostali sastojci se svaki posebno izvažu u čašice, odnosno na satna stakalca ovisno o kojem se sastojku radi (**Slika 16**) Svi sastojci se dodaju u čašu u kojoj će se vršiti homogenizacija. Uzorci salatne majoneze pripremljeni su u količini od 200 g i pri 25 °C. U **Tablici 8** prikazana je osnovna (standardna) receptura prema kojoj su pripremljeni uzorci.

Tablica 8 Osnovna receptura za pripremu uzorka salatne majoneze sa dodatkom kaše jabuke

Sastojci	Uzorak	
	%	g
Suncokretovo ulje (rafinirano)	65	130
Saharoza	4	8
Svježi žumanjak	6	12
Morska sol	1	2
Destilirana voda	10,9	21,8
Senf	1	2
Obrano mlijeko u prahu	3	6
Kaša jabuke Čelenka/ Kanadska reneta	5	10
Vinska kiselina	0,1	0,2
UKUPNO:	100	200



Slika 16 Sastojci za izradu salatne majoneze sa kašom jabuke (Čelenka/ Kanadska reneta)

Homogenizacija se provodi na homogenizatoru D-500 (Wiggenhauser, Njemačka- Malezija) koji radi različitim brzinama rotora (10000- 30000 o/min) (**Slika 17**). Tijekom homogenizacije

u prvih tridesetak sekundi se dodaje manja količina ulja izvagana u manju čašicu. Postupak homogenizacije se nastavlja do isteka 3 minute, odnosno do onog vremena homogenizacije ovisno o utjecaju koji se ispituje. Brzina okretaja rotora također ovisi o utjecaju koji se želi ispitati (10000, 12000, 15000 o/min).



Slika 17 Homogenizator D-500

3.2.2.2. Priprema kaše jabuke

Jabuka (Čelenka/ Kanadska reneta) se prvo oguli te izreže na komadiće. Uz pomoću štapnog miksera, proizvođača Simpex professional, (Slika 18) komadići se usitne i napravi se kaša koja se stavi u posudu i koristi za izradu uzoraka.



Slika 18 Štapni mikser za usitnjavanje jabuke

3.2.2.3. Određivanje reoloških svojstava majoneze

Utjecaj mliječne komponente

Za izradu salatne majoneze korištena je standardna receptura uz promjenu mliječne komponente. Standardni uzorak kao mliječnu komponentu sadržava obrano mlijeko u prahu. Za ostale uzorke upotrijebljeno je punomasno mlijeko u prahu, sirutka u prahu i kazein u prahu. Homogenizacija je provedena u vremenu 3 minute na 10000 o/minuti (**Tablica 9**).

Tablica 9 Utjecaj mliječne komponente

Vrsta mliječne komponente	Udio u uzorku (%)	
Obrano mlijeko u prahu	3	Uzorak 1
Punomasno mlijeko u prahu	3	Uzorak 2
Sirutka u prahu	3	Uzorak 3
Kazein u prahu	3	Uzorak 4

Utjecaj vrste ugljikohidrata

Za izradu uzorka salatne majoneze korišteni su različiti ugljikohidrati te je ispitan utjecaj svakog od njih na reološka svojstva majoneze. Standardni uzorak sadržava šećer saharozu, a kod drugih uzoraka je korištena laktoza, maltodekstrin i glukoza (**Tablica 10**). Vrijeme homogenizacije je 3 minute kod 10000 o/min

Tablica 10 Utjecaj vrste ugljikohidrata

Vrsta ugljikohidrata	Udio u uzorku (%)	
Glukoza	4	Uzorak 5
Laktoza	4	Uzorak 6
Saharoza	4	Uzorak 1
Maltodekstrin	4	Uzorak 7

Utjecaj žumanjka jajeta

Za pripremu salatne majoneze korištena je standardna receptura gdje je dodan svježi žumanjak, a kod drugog uzorka je korišten pasterizirani žumanjak. Vrijeme homogenizacije je 3 minute pri brzini rotora 10000 o/min (**Tablica 11**).

Tablica 11 Utjecaj žumanjka jajeta

Vrsta žumanjka	Udio u uzorku (%)	
Svježi žumanjak	6	Uzorak 1
Pasterizirani žumanjak	6	Uzorak 8

Utjecaj vremena homogenizacije

Kod određivanja utjecaja vremena homogenizacije za pripremu uzorka korištena je standardna receptura. Brzina rotora za sva tri uzorka (1, 3 i 5 minuta) iznosila je 10 000 o /min (Tablica 12).

Tablica 12 Utjecaj vremena homogenizacije

Vrijeme homogenizacije (min)	1	3	5
	Uzorak 9	Uzorak 1	Uzorak 10

Utjecaj brzine rotora homogenizatora

Prilikom određivanja utjecaja brzine rotora homogenizatora na reološka svojstva salatne majoneze korištena je osnovna receptura za pripremu uzorka te vrijeme izrade majoneze 3 minute pri različitim brzinama rotora (Tablica 13).

Tablica 13 Utjecaj brzine rotora homogenizatora

Brzina rotora (o/min)	
10 000	Uzorak 1
12 000	Uzorak 11
15 000	Uzorak 12

3.2.2.4. Mjerenje reoloških svojstava

Reološka svojstva pripremljenih uzoraka mjerena su primjenom rotacijskog viskozimetra, modela „Rheomat 15 T“. Uređaj se sastoji od cilindrične posude i konusnih mjernih tijela koja se uranjaju u cilindričnu posudu. Također uređaj sadržava mjernu glavu i elektronsku jedinicu (Slika 19).



Slika 19 Rotacijski viskozimetar model „Rheomat 15 T“

Mjerna se glava sastoji od posebno konstruiranog mehanizma kojim se mjeri zakretni moment, a na donjem dijelu mjerne glave je učvršćeno mjerno tijelo. S druge strane na gornjem se dijelu nalazi skala sa kazaljka podijeljena od 1 do 100 %. Prilikom mjerenja kazaljka pokazuje postotak otklona skale koji je proporcionalan zakretnom momentu. On ovisi o viskozitetu, tj. konzistenciji uzorka u koje je mjerno tijelo uronjeno.

Viskozimetar ima ukupno pet konusnih mjernih tijela različitih dimenzija i težine. Svako mjerno tijelo ima odgovarajuću cilindričnu posudu u koju se stavlja uzorak čija se svojstva mjere. Cilindrična posuda uz odgovarajuće mjerno tijelo čine određeni mjerni sustav.

Postupak mjerenja reoloških svojstava salatne majoneze proveden je pri 25 °C na dan proizvodnje pri brzini smicanja uzlazno ($2,18 \text{ s}^{-1}$ do $137,1 \text{ s}^{-1}$) i silazno ($137,1 \text{ s}^{-1}$ do $2,18 \text{ s}^{-1}$).

3.2.2.5. Određivanje reoloških parametara

Za izračunavanje reoloških parametara koeficijenta konzistencije (k) i indeksa tečenja (n) primjenjuje se metoda linearne regresije, a za pomoć se koristi program Microsoft Excel. Vrijednosti istih parametara mogu se odrediti i grafičkim putem. Koristi se dijagram ovisnosti smičnog naprezanja (τ) o brzini smicanja (D) iz kojeg je vidljivo da ispitivani uzorci salatne majoneze pripadaju ne-Newtonskim tekućinama. Prema tome se odabire odgovarajuća jednadžba za izračunavanje koeficijenta konzistencije (k) i indeksa tečenja (n). Majoneza se svrstava u pseudoplastične tekućine sa manje ili više izraženim tiksotropnim svojstvima. Za izračun navedenih parametara koristi se Ostwald – Reinerov zakon:

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

gdje je:

- τ - smično naprezanje [Pa],
- D - brzina smicanja [s^{-1}],
- k - koeficijent konzistencije [$Pa \cdot s^n$] i
- n - indeks tečenja [-].

Za izračun prividne viskoznosti [$Pa \cdot s$] uzorka salatne majoneze koristi se sljedeći izraz:

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

Aproksimacijom dobivenih točaka iz dijagrama logaritamske vrijednosti smičnog naprezanja i brzine smicanja dobije se pravac čiji nagib, tj. tangenta kuta neke točke na pravcu predstavlja indeks tečenja (n). Indeks tečenja se može točnije izračunati iz jednadžbe linearne regresije koja glasi:

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

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

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

gdje je:

- b - koeficijent smjera ili nagib pravca ($b=n$),
- x i y varijable ($x=\log D$, $y=\log \tau$),
- \bar{x} i \bar{y} aritmetička sredina x i y .

Logaritmiranjem jednadžbe $\tau = k \cdot D^n$ ista se prevodi u oblik jednadžbe pravca:

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

Indeks tečenja (n) predstavlja koeficijent smjera ili nagib pravca ($n = b$) i izračunava se po navedenoj jednadžbi za b . Uvrštavanjem u gornju jednadžbu odgovarajućih vrijednosti za $\log \tau$ i $\log D$ za neku točku koja se nalazi na pravcu dobiva se koeficijent konzistencije (k)

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

Antilogaritmiranjem se iz $\log k$ izračunava koeficijent konzistencije k (Pa·sⁿ). Parametar k moguće je točnije izračunati korištenjem linearne regresije za neku od točaka prema jednadžbi:

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

Dobivena vrijednost Y odgovara nekoj vrijednosti $\log \tau$ za odabrani x , odnosno $\log D$. Uvrštavanjem dobivene vrijednosti u jednadžbu izračuna se koeficijent konzistencije k .

3.2.2.6. Određivanje pH vrijednosti majoneze

Vrijednost pH predstavlja negativni logaritam koncentracije vodikovih iona. Ona služi kao mjera kiselosti, odnosno lužnatosti vodene otopine. Voda ima neutralni pH koji iznosi 7 zbog jednake koncentracije svojih iona H⁺ i OH⁻. Vrijednost pH manju od 7 imaju one kisele vodene otopine, tj. one kojima je koncentracija vodikovih iona veća od koncentracije hidroksidnih iona. Suprotno tome kod lužnatih otopina pH je veća od 7 (Vidaković, 2007). Za određivanje pH vrijednosti uzorka majoneze korišten je uređaj pH Meter, proizvođača: „Mettler Toledo“ (Slika 20). Mjerenje je provedeno pri sobnoj temperaturi.



Slika 20 pH Meter proizvođača „Mettler Toledo“

4. REZULTATI

4.1. Rezultati istraživanja reoloških karakteristika salatne majoneze s dodatkom kaše jabuke sorte Kanadska reneta

Za izradu salatne majoneze korištena je jabuka sorte Kanadska reneta koja je imala udio suhe tvari 25,99 % i pH vrijednost 3,24.

Tablica 14 Utjecaj mliječne komponente na reološke parametre majoneze s kašom jabuke sorte *Kanadska reneta*, proizvedene kod 10000 o/min i 3 min, mjereno pri temperaturi 25 °C.

Broj uzorka	Uzorak	μ (Pa·s) pri 103,9 (s ⁻¹)	k (Pa·s ⁿ)	n	R ²
Uzorak 1	Obrano mlijeko u prahu	2,1715	38,16	0,3827	0,98261
Uzorak 2	Punomasano mlijeko u prahu	2,3049	55,21	0,3100	0,98535
Uzorak 3	Sirutka u prahu	2,2316	53,98	0,3139	0,96246
Uzorak 4	Kazein u prahu	2,1951	49,66	0,3283	0,94352

- μ – prividna viskoznost kod brzine smicanja 103,9 (s⁻¹), (Pa·s),
- k - koeficijent konzistencije (Pa·sⁿ),
- n - indeks tečenja i
- R² - koeficijent determinacije

Tablica 15 Utjecaj vrste ugljikohidrata na reološke parametre majoneze s kašom jabuke sorte *Kanadska reneta*, proizvedene kod 10000 o/min i 3 min, mjereno pri temperaturi 25 °C.

Broj uzorka	Uzorak	μ (Pa·s) pri 103,9 (s ⁻¹)	k (Pa·s ⁿ)	n	R ²
Uzorak 5	Glukoza	2,3124	59,42	0,2888	0,97089
Uzorak 6	Laktoza	2,2210	40,77	0,3465	0,97816
Uzorak 1	Saharoza	2,1715	38,16	0,3827	0,98261
Uzorak 7	Maltodekstrin	2,4212	70,42	0,2742	0,95648

Tablica 16 Utjecaj vrste žumanjka na reološke parametre majoneze s kašom jabuke sorte *Kanadska reneta*, proizvedene kod 10000 o/min i 3 min, mjereno pri temperaturi 25 °C.

Broj uzorka	Uzorak	μ (Pa·s) pri 103,9 (s ⁻¹)	k (Pa·s ⁿ)	n	R ²
Uzorak 1	Svježi žumanjak	2,1715	38,16	0,3827	0,98261
Uzorak 8	Pasterizirani žumanjak	2,3101	60,80	0,2354	0,92942

Tablica 17 Utjecaj vremena trajanja homogenizacije na reološke parametre majoneze s kašom jabuke sorte *Kanadska reneta*, proizvedene kod 10000 o/min, mjereno pri temperaturi 25 °C.

Broj uzorka	Uzorak	μ (Pa·s) pri 103,9 (s ⁻¹)	k (Pa·s ⁿ)	n	R ²
Uzorak 9	1 min	2,4747	73,02	0,2711	0,97362
Uzorak 1	3 min	2,1715	38,16	0,3827	0,98261
Uzorak 10	5 min	2,2269	48,34	0,3372	0,98140

Tablica 18 Utjecaj brzine rotora homogenizatora na reološke parametre majoneze s kašom jabuke sorte *Kanadska reneta*, proizvedene kod 3 min homogenizacije, mjereno pri temperaturi 25 °C.

Broj uzorka	Uzorak	μ (Pa·s) pri 103,9 (s ⁻¹)	k (Pa·s ⁿ)	n	R ²
Uzorak 1	10000 o/min	2,1715	38,16	0,3827	0,98261
Uzorak 11	12000 o/min	1,3041	3,16	0,8094	0,97143
Uzorak 12	15000 o/min	1,5468	3,12	0,8489	0,98956

Tablica 19 Rezultati dobivenih pH vrijednosti uzoraka salatne majoneze sa dodatkom kaše jabuke sorte Kanadska reneta uz pomoć pH-Metera

	pH-vrijednost		pH-vrijednost
Uzorak 1	3,884	Uzorak 7	3,873
Uzorak 2	3,684	Uzorak 8	3,894
Uzorak 3	3,454	Uzorak 9	3,874
Uzorak 4	3,704	Uzorak 10	3,892
Uzorak 5	3,932	Uzorak 11	3,912
Uzorak 6	3,913	Uzorak 12	3,898

4.2. Rezultati istraživanja reoloških karakteristika salatne majoneze s dodatkom kaše jabuke sorte Čelenka

Za izradu salatne majoneze korištena je jabuka sorte Čelenka koja je imala udio suhe tvari 16,84 % i pH vrijednost 3,16.

Tablica 20 Utjecaj mliječne komponente na reološke parametre majoneze s kašom jabuke sorte Čelenka, proizvedene kod 10000 o/min i 3 min, mjereno pri temperaturi 25 °C.

Broj uzorka	Uzorak	μ (Pa·s) pri 103,9 (s ⁻¹)	k (Pa·s ⁿ)	n	R ²
Uzorak 1	Obrano mlijeko u prahu	1,6884	26,53	0,4068	0,95189
Uzorak 2	Punomasano mlijeko u prahu	2,4964	44,86	0,3101	0,95315
Uzorak 3	Sirutka u prahu	1,7351	39,33	0,3151	0,97035
Uzorak 4	Kazein u prahu	1,7089	37,22	0,3167	0,94877

- μ – prividna viskoznost kod brzine smicanja 103,9 (s⁻¹), (Pa·s)
- k - koeficijent konzistencije (Pa·sⁿ)
- n - indeks tečenja
- R² - koeficijent determinacije

Tablica 21 Utjecaj vrste ugljikohidrata na reološke parametre majoneze s kašom jabuke sorte Čelenka, proizvedene kod 10000 o/min i 3 min, mjereno pri temperaturi 25 °C.

Broj uzorka	Uzorak	μ (Pa·s) pri 103,9 (s ⁻¹)	k (Pa·s ⁿ)	n	R ²
Uzorak 5	Glukoza	2,1619	54,24	0,3089	0,96811
Uzorak 6	Laktoza	2,0512	36,00	0,3943	0,96784
Uzorak 1	Saharoza	1,6884	26,53	0,4068	0,95189
Uzorak 7	Maltodekstrin	2,3109	57,21	0,2947	0,96954

Tablica 22 Utjecaj vrste žumanjka na reološke parametre majoneze s kašom jabuke sorte *Čelenka*, proizvedene kod 10000 o/min i 3 min, mjereno pri temperaturi 25 °C.

Broj uzorka	Uzorak	μ (Pa·s) pri 103,9 (s ⁻¹)	k (Pa·s ⁿ)	n	R ²
Uzorak 1	Svježi žumanjak	1,6884	26,53	0,4068	0,95189
Uzorak 8	Pasterizirani žumanjak	2,0558	57,16	0,2839	0,96048

Tablica 23 Utjecaj vremena trajanja homogenizacije na reološke parametre majoneze s kašom jabuke sorte *Čelenka*, proizvedene kod 10000 o/min, mjereno pri temperaturi 25 °C.

Broj uzorka	Uzorak	μ (Pa·s) pri 103,9 (s ⁻¹)	k (Pa·s ⁿ)	n	R ²
Uzorak 9	1 min	1,9184	48,11	0,2695	0,96105
Uzorak 1	3 min	1,6884	26,53	0,4068	0,95189
Uzorak 10	5 min	2,2474	64,61	0,2067	0,98035

Tablica 24 Utjecaj brzine rotora homogenizatora na reološke parametre majoneze s kašom jabuke sorte *Čelenka*, proizvedene kod 3 min homogenizacije, mjereno pri temperaturi 25 °C.

Broj uzorka	Uzorak	μ (Pa·s) pri 103,9 (s ⁻¹)	k (Pa·s ⁿ)	n	R ²
Uzorak 1	10000 o/min	1,6884	26,53	0,4068	0,95189
Uzorak 11	12000 o/min	2,3904	62,56	0,2849	0,98020
Uzorak 12	15000 o/min	2,2605	53,78	0,3295	0,95488

Tablica 25 Rezultati dobivenih pH vrijednosti uzoraka salatne majoneze sa dodatkom kaše jabuke sorte Čelenka uz pomoć pH-Metera

	pH-vrijednost		pH- vrijednost
Uzorak 1	3,837	Uzorak 7	3,798
Uzorak 2	3,456	Uzorak 8	3,827
Uzorak 3	3,516	Uzorak 9	3,851
Uzorak 4	3,710	Uzorak 10	3,763
Uzorak 5	3,669	Uzorak 11	3,909
Uzorak 6	3,898	Uzorak 12	3,778

5. RASPRAVA

Rezultati ispitivanja utjecaja procesnih parametara homogenizacije i sastojaka na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom kaše jabuke i dobivene pH vrijednosti uzoraka pomoću pH-Metera prikazani su u **Tablicama** 14-25.

Utjecaj mliječne komponente na reološke parametre salatne majoneze s kašom jabuke sorte Kanadska reneta homogenizirane u vremenu od 3 minute pri 10000 o/min pri 25 °C prikazan je u **Tablici 14**, dok su rezultati za jabuku sorte Čelenka prikazani u **Tablici 20**. Za izradu uzoraka majoneza korišteno je obrano mlijeko u prahu, punomasno mlijeko u prahu, sirutka u prahu i kazein u prahu.

Standardni uzorak salatne majoneze s kašom jabuke sorte Kanadska reneta izrađen je sa obranim mlijekom u prahu pri čemu je izračunati parametar prividne viskoznosti (μ) iznosio 2,1715 Pa·s, a koeficijent konzistencije (k) 38,16 Pa·sⁿ. Izradom majoneze sa kazeinom u prahu umjesto obranim mlijekom u prahu došlo je do malog porasta prividne viskoznosti koja iznosi 2,1951 Pa·s, a nakon toga malo veću prividnu viskoznost ima uzorak u kojem je korištena sirutka u prahu (2,2316 Pa·s). Dodatkom punomasnog mlijeka u prahu umjesto obranog dobivena je najveća vrijednost prividne viskoznosti koja iznosi 2,3049 Pa·s i koeficijenta konzistencije (k) 55,21 Pa·sⁿ, a najniži indeks tečenja (n) 0,31.

Za izradu salatne majoneze s jabukom sorte Čelenka, također je za standardni uzorak korišteno obrano mlijeko u prahu dok su kod ove sorte dobiveni niži rezultati za prividnu viskoznost koja iznosi 1,6884 Pa·s, a koeficijent konzistencije je 26,53 Pa·sⁿ. Niže vrijednosti prividne viskoznosti u odnosu na prethodnu sortu zabilježene su i kod uporabe kazeina u prahu (1,7089 Pa·s) i kod sirutke u prahu (1,7351 Pa·s), dok je najviša vrijednost prividne viskoznosti pri dodatku punomasnog mlijeka u prahu i ona iznosi 2,4964 Pa·s.

U **Tablici 15** su prikazani rezultati za utjecaj vrste ugljikohidrata na reološke parametre majoneze s dodatkom kaše jabuke sorte Kanadska reneta, dok su u **Tablici 21** prikazani rezultati za jabuku sorte Čelenka. Homogenizacija je provedena u vremenu od 3 minute pri 10000 o/min pri 25 °C, a za izradu uzoraka majoneze korištene su četiri vrste ugljikohidrata: saharoza, glukoza, laktoza i maltodektrin.

Za pripremu standardnog uzorka korištena je saharoza kod obje sorte jabuka. Prividna viskoznost koja je izračunata za majonezu s kašom jabuke Kanadska reneta sa saharozom kao

šećerom iznosi 2,1715 Pa·s, a koeficijent konzistencije 38,16 Pa·sⁿ. To je ujedno i najniža vrijednost prividne viskoznosti za ovu sortu uz dodatak saharoze. Nakon toga nešto veću prividnu viskoznost ima uzorak koji je pravljen sa laktozom umjesto saharoze i ona iznosi 2,2210 Pa·s, a nakon toga slijedi glukoza (2,3124 Pa·s). Najvišu vrijednost prividne viskoznosti ima uzorak u kojem je korišten maltodektrin i ona iznosi 2,4212 Pa·s kao i koeficijent konzistencije 70,42 Pa·sⁿ, a najmanju vrijednost indeksa tečenja 0,2742.

Prividna viskoznost uzoraka kada se određuje utjecaj ugljikohidrata na reološke parametre za jabuku sorte Čelenka je u prosjeku niža od prividne viskoznosti koju ima prethodna sorta. Kao i kod prethodne sorte najnižu viskoznost ima uzorak koji je izrađen sa saharozom i on iznosi 1,6884 Pa·s dok je koeficijent konzistencije 26,53 Pa·sⁿ, a nakon toga slijedi isto uzorak laktoze (2,0512 Pa·s) i glukoze (2,1619 Pa·s). Najvišu vrijednost prividne viskoznosti ima uzorak izrađen sa maltodekstrinom i on iznosi 2,3109 Pa·s. Taj uzorak ima i najviši koeficijent konzistencije 57,21 Pa·sⁿ.

Rezultati utjecaja vrste žumanjka jajeta na reološke parametre majoneze izrađene s kašom jabuke sorte Kanadska reneta nalaze se u **Tablici 16**, a za jabuku sorte Čelenka u **Tablici 22**. Homogenizacija uzoraka je provedena na 10000 o/min u vremenu od 3 minute i pri temperaturi od 25 °C.

Za standardni je uzorak korišten svježi žumanjak kod obje sorte. Iz rezultata se može uočiti da je prividna viskoznost za svježi žumanjak manja u odnosu na pasterizirani. Prividna viskoznost uzorka majoneze napravljene sa jabukom sorte Kanadska reneta uz svježi žumanjak je 2,1715 Pa·s, a koeficijent konzistencije 38,16 Pa·sⁿ, dok za pasterizirani iznosi 2,3101 Pa·s. U usporedbi ove sorte sa jabukom sorte Čelenka vidljivo je da uzorci napravljeni od sorte Čelenka imaju nižu vrijednost prividne viskoznosti i koeficijenta konzistencije, pa tako uzorak sa svježim žumanjkom ima prividnu viskoznost 1,6884 Pa·s i koeficijent konzistencije 26,53 Pa·sⁿ, a uzorak sa pasteriziranim žumanjkom 2,0558 Pa·s. Razlog zašto majoneza izrađena sa pasteriziranim žumanjkom ima veću viskoznost i konzistenciju je u termičkoj degradaciji emulgatora u jajetu (fosfolipidi, proteini).

U **Tablici 17** su prikazani rezultati utjecaja vremena trajanja homogenizacije na reološke parametre salatne majoneze sa dodatkom kaše jabuke sorte Kanadska reneta, dok su u **Tablici 23** prikazani za jabuku sorte Čelenka. Uzorci su homogenizirani pri 10000 o/min i pri 25 °C.

Standardni uzorak majoneze sa jabukom sorte Kanadska reneta je homogeniziran 3 minute pri brzini od 10000 o/min pri čemu dobiveni reološki parametar za prividnu viskoznost iznosi 2,1715 Pa·s. Upravo ovaj uzorak ima i najnižu vrijednost prividne viskoznosti, dok nakon njega nešto veću prividnu viskoznost ima uzorak homogeniziran 5 minuta koji iznosi 2,2269 Pa·s. Najvišu vrijednost viskoznosti ima uzorak koji je homogeniziran 1 minutu i iznosi 2,4747 Pa·s kao i najvišu konzistenciju 73,02 Pa·sⁿ, a najmanji indeks tečenja 0,2711.

Uzorak majoneze izrađene sa sortom Čelenka i vremenom homogenizacije od 3 minute ima prividnu viskoznost od 1,6884 Pa·s što je manja viskoznost u odnosu na drugu sortu mjerenu pri istim uvjetima. Nadalje, u ovom slučaju najveću viskoznost ima uzorak izrađen tijekom 5 minuta (2,2474 Pa·s), a srednju vrijednost ima uzorak majoneze izrađen u vremenu od 1 minute (1,9184 Pa·s).

Rezultati istraživanja za utjecaj brzine rotora homogenizatora na reološke parametre majoneze s kašom jabuke sorte Kanadska reneta gdje je homogenizacija provedena u vremenu od 3 minute i pri 25 °C prikazani su u **Tablici 18**, a za jabuku sorte Čelenka u **Tablici 24**.

Dobiveni rezultati pokazuju da najveću prividnu viskoznost ima uzorak homogeniziran pri 10000 o/min i on iznosi 2,1715 Pa·s kao i konzistenciju 38,16 Pa·sⁿ, a najniži indeks tečenja. Znatno nižu prividnu viskoznost ima uzorak koji je izrađen pri 15000 o/min (1,5468 Pa·s), dok najnižu ima onaj izrađen pri 12000 o/min (1,3041 Pa·s). Kod druge jabuke sorte Čelenka najnižu viskoznost ima uzorak koji je homogeniziran pri 10000 o/min (1,6884 Pa·s), a nakon toga veću viskoznost ima onaj homogeniziran pri 15000 o/min i on iznosi 2,2605 Pa·s, a najveću ima onaj homogeniziran pri 12000 o/min (2,3904 Pa·s).

Ukoliko se ukupno gledaju vrijednosti prividne viskoznosti u prosjeku veću viskoznost imaju uzorci koji su napravljeni sa dodatkom kaše jabuke sorte Kanadska reneta, nego oni uzorci od sorte Čelenka. Veliki utjecaj na viskoznost ima i udio suhe tvari, što je on veći to je veća i viskoznost. Upravo bi se zbog tog utjecaja mogla opisati razlika u viskoznosti jer jabuka sorte Kanadska reneta ima veći udio ukupne suhe tvari od 25,99 % u odnosu na jabuku sorte Čelenka koja ima 16,84 %.

U **Tablicama 15** i **25** prikazane su pH vrijednosti uzoraka za obje sorte. Ukoliko se gleda prosječna kiselost uzoraka veću kiselost imaju uzorci jabuke sorte Čelenka u odnosu na kiselost sorte Kanadska reneta, što se može objasniti i većom kiselosti jabuke sorte Čelenka.

6. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata istraživanja provedenih u radu, mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Ispitivani uzorci salatne majoneze pokazuju različita reološka svojstva ovisno o utjecaju pojedinih sastojaka (mliječne komponente, ugljikohidrata, žumanjka jajeta, vrste kaše jabuke) i parametara procesa homogenizacije (brzina rotora, vrijeme homogenizacije).
- Mliječna komponenta utječe na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom kaše jabuke. Najveća prividna viskoznost se postiže dodatkom punomasnog mlijeka kod obje sorte jabuka, a nakon toga slijede uzorci sa sirutkom u prahu, pa kazeinom u prahu i na kraju obranim mlijekom u prahu.
- Vrsta ugljikohidrata ima utjecaj na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom kaše jabuke. Od ispitanih uzoraka sa različitim ugljikohidratima kod obje sorte jabuke najveću viskoznost ima majoneza u koju je dodan maltodektrin, a nakon toga manje viskozna majoneza dobivena je korištenjem redom glukoze, laktoze i saharoze.
- Pasterizacija žumanjka ima utjecaj na prividnu viskoznost uzoraka. Uzorci salatne majoneze koje su napravljene sa sortama Kanadska reneta i Čelenka korištenjem pasteriziranog žumanjka imaju veću prividnu viskoznost i konzistenciju, a manji indeks tečenja u odnosu na one koji su pripremljeni sa svježim žumanjkom.
- Vrijeme trajanja homogenizacije kod izrade salatne majoneze sa kašom jabuke ima utjecaj na reološka svojstva. Najmanje viskozna majoneza dobije se homogenizacijom u vremenu od 3 minute. Uzorak izrađen sa kašom sorte Kanadska reneta ima veću viskoznost i konzistenciju kod 1 minute homogenizacije. Uzorak izrađen sa kašom sorte Čelenka ima veću viskoznost i konzistenciju kod 5 minuta homogenizacije.
- Brzina rotora homogenizatora ima utjecaj na reološka svojstva. Kod majoneze sa kašom jabuke sorte Kanadska reneta najveću prividnu viskoznost i konzistenciju ima uzorak koji je homogeniziran pri 10000 o/min, dok kod majoneze sa jabukom sorte Čelenka najveću imaju oni pri 12000 o/min.
- Usporedbom svih uzoraka dviju sorti jabuke, veću prividnu viskoznost ima salatna majoneza napravljena s dodatkom kaše jabuke sorte Kanadska reneta u odnosu na onu s dodatkom kaše jabuke sorte Čelenka.
- Veću kiselost imaju uzorci salatne majoneze koji su napravljeni sa kašom jabuke sorte Čelenka.

7. LITERATURA

- Akbari S, Hamid Nour A: Emulsion types, stability mechanisms and rheology: A review. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 1(1):14-21, 2018.
- Bataille J, Blake JIR: *Sphere impact in Non-Newtonian Fluids vs Newtonian fluids*. Faculty of engineering and the environment, Southampton, 2017.
- Chhabra R: Non-Newtonian Fluids: An Introduction. U *Rheology of Complex Fluids*, str.3-34. Springer, New York, 2010.
- De Leonardis A, Macchiola V, Iftikhar A, Lopez F: Antioxidant effect of traditional and new vinegars on functional oil/vinegar dressing-based formulations. *European Food Research and Technology*, 248(2):1573-1582, 2022.
- Divya K, Divyasree R, Vamsidhar M, Bhavani K, Bhanja SB, Sudhakar M, Panda DS, Panigrahi BB: Emulsion, micro emulsion and nano emulsion: a review. *World journal of pharmacy and pharmaceutical sciences*, 10(4):641-660, 2021.
- DZNM, 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, 1999.
- Gaikwad MP, Rathod BM, Pawase PA, Kukade AG: Studies on rheological properties of flavoured mayonnaise. *The Pharma Innovation Journal*, 8(4):963-965, 2019.
- Gugušević Đaković M: *Industrijska proizvodnja gotove hrane*. Poljoprivredni fakultet Beograd-Zemun, 1989.
- Gross- Bošković A, Stražanac D, Sokolić D, Petričević S, Bogdanović T: Upotreba, značaj i kontaminanti u začinima i začinskom bilju u proizvodnji toplinski neobrađenih mesnih proizvoda. *Meso*, 21(4):397-409, 2019.
- Jašić M: *Kemija hrane- Lipidi*. 2009. <https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/lipidi> [5.6.2022].
- Jašić M: *Tehnologija voća i povrća*. 2013
<https://www.tehnologijahrane.com/enciklopedija/hidrokoloidi-i-pektinske-supstance-u-vocu-i-povrcu> [8.6.2022].

- Jemrić T: Autohtone sorte i populacije voćaka kao nacionalno bogatstvo Republike Hrvatske. U *Hrvatska prirodna bogatstva*, str. 203-210. Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 2016.
- Jemrić T, Skenderović Babojelić M, Fruk G, Šindrak Z: Fruit Quality of Nine Old Apple Cultivars. *Natulae Botanicae Horti Grobotanica Cluj-Napoca*, 41(2):504-509, 2013.
- Kerkhofs S, Lipkens H, Velghe F, Verlooy P, Martens AJ: Mayonnaise production in batch and continuous process exploiting magnetohydrodynamic force. *Journal of Food Engineering*, 106(1):35-39, 2011.
- Lambaša-Belak Ž: *Tehnologija hrane*. Visoka škola za turistički menadžment, Šibenik, 2006.
- Lambaša-Belak Ž, Gaćina Ž, Radić N: *Tehnologija hrane*. Visoka škola za turistički menadžment, Šibenik, 2005.
- Lelas V: *Prehrambeno-tehnološko inženjerstvo 1*. Golden marketing-Tehnička knjiga, Zagreb, 2006.
- Lovrić T: *Procesi u prehrambenoj industriji s osnovama prehrambenog inženjerstva*. Hinus, Zagreb, 2003.
- Mandić ML: *Hrana i prehrana u čuvanju zdravlja*. Prehrambeno- Tehnološki fakultet, Osijek, 2007.
- Menezes dos Passos R, Barros Ferreira RS, Caldas Batista EA, Merelles AJA, Maximo GJ, Cravo Ferreira M, Sampaio KA: Degumming Alternatives for Edible Oils and Biodiesel Production. *Food and Public Health*, 9(5):139-147, 2019.
- Mikec D: Utjecaj sastojaka i homogenizacije na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom kaše bundeve. *Specijalistički rad*. Prehrambeno- Tehnološki fakultet, Osijek, 2014.
- Milinović B, Vujević P, Halapija Kazija D, Jelačić T, Čiček D, Biško A: Produktivnost i kvaliteta ploda tradicionalnih sorti jabuka u intenzivnim sustavima uzgoja. *Pomologia Croatica*, 21(3-4):149-158, 2017.
- Milostić I: Emulzije i emulgatori. *Mljekarstvo : journal for dairy production and processing improvement*, 12(2):36-39, 1962.

- Mohsenin NN: *Physical Properties of Plant and Animal Materials*. Gordon and Breach Science Publishers, New York – London – Paris – Montreux – Tokyo, 1986.
- Moslavac T, Babić J, Marković T, Mrgan A, Konarević A: Utjecaj sastojaka i homogenizacije na reološka svojstva salatne majoneze s kašom banane. *Meso*, 21(2):170-179, 2019.
- Moslavac T, Pozderović A, Pichler A: Utjecaj procesnih parametara i sastava uljne faze na reološka svojstva majoneze. *Meso*, 13(2):96-101, 2011.
- MPŠVG Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva: *Pravilnik o kakvoći jaja*. Narodne novine 115/06, 2006.
- MP, Ministarstvo poljoprivrede: *Pravilnik o jestivim uljima i mastima*. Narodne novine 11/19, 2019.
- Rukke EO, Schüller RB: Rheological properties of different types of mayonnaise. *Annual Transactions of the Nordic Rheology Society*, 27:165-171, 2019.
- Skendrović Babojelić M: *Tradicionalne voćne vrste i najzastupljenije sorte na području zagrebačke županije*. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb, 2019.
- Skenderović Babojelić M, Korent P, Šindrak Z, Jemrić T: Pomološka svojstva i kakvoća ploda tradicionalnih sorata jabuka. *Glasnik zaštite bilja*, 37(3):20-27, 2014.
- Swern D: *Industrijski proizvodi ulja i masti po Baileyu*. Znanje, Zagreb, 1972.
- Štern P, Pokorný J, Šedivá A, Panovská Z: Rheological and sensory characteristics of yoghurt-modified mayonnaise. *Czech Journal of Food Sciences*, 26(3):190-198, 2008.
- Vidaković M: Istraživanje utjecaja uljne faze na reološka i senzorska svojstva majoneze. *Diplomski rad*. Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2007.
- Wendin K, Ellekjaer MR, Solheim R: Fat Content and Homogenization Effects on Flavour and Texture of Mayonnaise with Added Aroma. *Lebensmittel-Wissenschaft und – Technologie*, 32:377-383, 1999.