Reološke karakteristike salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice

Ibrišimović, Martina

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

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:109:068744

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

REPOZITORIJ PTFOS PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK dabar DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Food Technology Osijek

zir.nsk.hr

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

dabar DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK
PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

Martina Ibrišimović

REOLOŠKE KARAKTERISTIKE SALATNE MAJONEZE S DODATKOM PULPE MARELICE

Završni rad

Mentor: prof.dr.sc. Tihomir Moslavac

Osijek, listopad 2016.

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

Martina Ibrišimović

RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SALAD MAYONNAISE WITH THE ADDITION OF APRICOT PULP

Final work

Mentor: prof.dr.sc. Tihomir Moslavac

Osijek, October 2016.

Reološke karakteristike salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice

Sažetak

U ovom radu istraživan je utjecaj mliječne komponente, vrste ugljikohidrata, vrste žumanjka na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice. Mehanički proces homogenizacije majoneze proveden je kod brzine rotora 10 000 °/min i vremenu od 2 minute pri sobnoj temperaturi. Mjerenja reoloških svojstava provedena su na rotacijskom viskozimetru s koncentričnim cilindrima, pri temperaturi od 25˚C. Salatna majoneza je izrađena sa 70% uljnom fazom koju čini suncokretovo ulje i makovo ulje. Za ispitivanje vrste ugljikohidrata na reološka svojstva majoneze korištena je saharoza, glukoza i maltodekstrin. Žumanjak jajeta korišten je kao svježi i pasterizirani žumanjak jajeta. Iz dobivenih eksperimentalnih podataka izračunati su reološki parametri: koeficijent konzistencije, prividna viskoznost i indeks tečenja. Rezultati istraživanja pokazuju da mliječna komponenta, vrsta ugljikohidrata i žumanjka utječu na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice.

Ključne riječi: reološka svojstva, salatna majoneza, marelica, suncokretovo ulje, makovo ulje, ugljikohidrati, mliječna komponenta, žumanjak jajeta

Rheological characteristics of salad mayonnaise with the addition of apricot pulp

Summary

This paper shall research the influence of types milk components, types of carbohydrates, types of eggs yolk on the rheological properties of the salad mayonnaise with the addition of apricot pulp. The mechanical process of homogenisation of the mayonnaise has been done at rotor speed 10 000 revolutions per minute for two minutes at room temperature. The rheological measurements were performed on a rotating viscometer with concentric cylinders, at 25℃. Salad mayonnaise is made with 70% oil phase consisting of sunflower oil and poppy oil. For testing the types of carbohydrates on the rheological properties of mayonnaise used sucrose, glucose and maltodextrin. Egg yolk was used as a fresh and pasteurized egg yolk. With the use of these experimental results the rheological parameters apparent viscosity, consistency coefficient and flow behaviour index have been calculated. Research results show that the milk component, types of carbohydrates and egg yolk influence the rheological properties of the salad mayonnaise with the addition of apricot pulp.

Key words: rheological properties, salad mayonnaise, apricot, sunflower oil, poppy oil, carbohydrates, milk component, egg yolk

Sadržaj

1. UVOD 1

2. TEORIJSKI DIO 3

2.1. EMULZIJE 4

2.1.1. Emulzije tipa ulje /voda 4

2.1.2. Emulzije tipa voda /ulje 7

2.1.3. Tehnološki postupak dobivanja majoneze 7

2.1.3.1. Dobivanje majoneze pomoću miksera 7

2.1.3.2. Dobivanje majoneze pomoću homogenizatora ili koloidnog mlina 8

2.1.3.3. Vakuum postupak 8

2.2. REOLOŠKA SVOJSTVA 9

2.2.1. Reološka svojstva tekućih namirnica 9

2.2.2. Utjecaj temperature na viskoznost 13

2.2.3. Uređaji za mjerenje reoloških svojstava 14

3. EKSPERIMENTALNI DIO 17

3.1. ZADATAK 18

3.2. MATERIJALI I METODE 18

3.2.1. Materijali 18

3.2.2. Metode 23

4. REZULTATI 27

5. RASPRAVA 31

6. ZAKLJUČCI 36

7. LITERATURA 37

1. UVOD

Salatna majoneza je proizvod dobiven od jestivog biljnog ulja, žumanjaka, octene i/ili druge jestive organske kiseline, mliječnih proizvoda, senfa, šećera i drugih prehrambenih proizvoda, začina i ekstrakta začina, dopuštenih aditiva, vitamina, minerala i drugih dodataka radi povećanja biološke vrijednosti. Salatna majoneza mora imati udio jestivog biljnog ulja najmanje 50%, udio žumanjka najmanje 3,5%, te imati svojstvenu boju, okus i miris, bez stranog i/ili užeglog mirisa i okusa (NN 55/1996.).

Osnovni sastojak salatne majoneze je biljno ulje koje ima važnu funkciju u stvaranju emulzije ulje/voda ovih proizvoda, doprinosi okusu, izgledu, teksturi i oksidacijskoj stabilnosti emulzije na vrlo specifičan način (McClements i Demetriades, 1998.).

Majoneza je proizvod ograničenog vremena trajanja, a njezini sastojci (naročito biljno ulje) veoma brzo podliježu nepoželjnim promjenama, kao što su kemijske reakcije, enzimski i mikrobiološki procesi koji mogu dovesti do kvarenja te nepoželjnih organoleptičkih promjena (Dimić, Turkulov, 2000.).

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

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

Primjenom različitih vrsta jestivog biljnog ulja te sastavom uljne faze (kombinacijom različitih ulja) mogu se poboljšati prehrambena i senzorska svojstva majoneze (Kostyra i Barylko-Pikielna, 2007.).

2. TEORIJSKI DIO

2.1. EMULZIJE

Emulzije su sustavi dviju tekućina koje se ne miješaju, a odijeljene su tako da su kapljice jedne tekućine (disperzna faza) obavijene drugom tekućinom (kontinuirna faza). Fino dispergirane tekućine imaju veliku dodirnu površinu i nastoje prijeći u stanje manje površine, tj. teže spajanju kapljica dispergirane tekućine (Lovrić, 2003.).

U emulzijama se nalaze kapljice koje su uglavnom sferične i podložne deformiranju. Pri miješanju uljne i vodene faze dolazi do stvaranja mnoštva malih kapljica i povećanja dodirne površine faza. Između faza postoji površinska napetost koja nastoji smanjiti dodirnu površinu faza pa je potrebno uložiti rad koji će prevladati površinsku napetost i povećati dodirnu površinu između faza, što se postiže emulgiranjem. Emulgatori su tvari koje se dodaju emulzijama koje smanjuju površinsku napetost između faza zbog čega se smanjuje potreban rad i olakšava emulgiranje. Molekule emulgatora su građene tako da jedan kraj molekula ima lipofilan karatker, a drugi kraj molekula hidrofilan (polaran) karakter**.** Svojstva emulzije su određena tipom emulzije, veličinom kapljica, sastavom i svojstvima površinskog omotača kapljica i sastavom kontinuirane faze. Emulzije su sustavi koji sadrže čestice veće od 0,1 μm, a koji se nalaze izvan područja koloidnih veličina.

Postoje dva osnovna tipa emulzija:

1.) Emulzije tipa ulje/voda

2.) Emulzije tipa voda/ulje

2.1.1. EMULZIJE TIPA ULJE/ VODA

Kod ovog tipa emulzija, kapljice ulja su dispergirane u vodi, pri čemu je ulje dispergirana faza ili diskontinuirana faza, a voda je kontinuirana faza. Primjeri emulzija tipa ulje/voda su majoneza, mlijeko, vrhnje, razni umaci i preljevi**.** Na stabilnost ovakvih emulzija utječu različiti čimbenici:

1.) Stupanj razdjeljenja unutarnje faze

Da bi stabilnost emulzije bila što bolja, kapljice disperzne faze moraju biti ujednačene veličine i što manjeg promjera, a to se postiže postupkom emulgiranja.

2.) Kvaliteta graničnih površinskih filmova

Između dviju faza mora postojati međufaza koja sprječava njihovo razdvajanje, a to su emulgatori.

3.) Viskoznost vanjske faze

Ako je viskoznost kontinuirane faze sličnija viskoznosti proizvedene emulzije, emulzija će biti stabilnija.

4.) Odnos volumena faza

Odnos volumena disperzne faze i disperznog sredstva ne bi trebao prelaziti 74:26 jer bi se onda morala posebno osigurati stabilnost emulzije dodatkom emulgatora ili stabilizatora.

5.) Specifična masa faza

Emulzija je stabilnija ukoliko je specifična masa dviju faza sličnija.

6.) Temperatura

Pri povišenim temperaturama dolazi do koagulacije proteina što dovodi do razdvajanja faza (Lelas, 2006.).

MAJONEZA

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

U majonezi su sitne kapljice ulja raspršene u vodi. Emulgator, lecitin iz žumanjka jajeta, dovodi do stvaranja polukrute konzistencije majoneze i daje žućkastu boju majonezi. Majoneze su u obliku emulzije tipa ulje u vodi, a dobiveni su od jestivog biljnog ulja, žumanjaka, octene i/ili druge jestive organske kiseline, dopuštenih aditiva, s ili bez začina. U pogledu homogenosti, kvaliteta emulzije se uglavnom određuje stupnjem disperzije kapljica ulja (Belak i sur., 2005.). Prema Pravilniku o temeljnim zahtjevima za jestiva ulja i masti (NN 55/96), majonezu s obzirom na udio jestivog biljnog ulja dijelimo na tri vrste:

1.) Majoneza

2.) Salatna majoneza

3.) Lagana majoneza

1.) 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. Majoneza mora udovoljavati temeljnim zahtjevima:

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

2.) Salatna majoneza je proizvod dobiven od jestivog biljnog ulja, žumanjaka, octene i/ili druge jestive organske kiseline, mliječnih proizvoda, senfa, šećera i drugih prehrambenih proizvoda, začina i ekstrakta začina, dopuštenih aditiva, vitamina, minerala i drugih dodataka radi povećanja biološke vrijednosti, ovisno o tehnološkom postupku. Salatna majoneza mora udovoljavati temeljnim zahtjevima:

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

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

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

2.1.2. EMULZIJE TIPA VODA/ULJE

Kod ovog tipa emulzije, voda je dispergirana u ulju, pa je ulje kontinuirana faza. Primjeri ovog tipa emulzije su maslac i margarin**.**

Maslac je proizvod u obliku krute, plastične emulzije, prvenstveno tipa voda u ulju, dobiveni isključivo od mlijeka i/ili određenih mliječnih proizvoda, kojima je mast bitna komponenta. Mogu se dodavati i druge tvari, ali pod uvjetom da se te tvari ne koriste u svrhu djelomične ili potpune zamjene bilo koje mliječne komponente. Maslacem se smatra proizvod čiji udio mliječne masti iznosi najmanje 80%, a najviše 90% , udio vode najviše 16% te udio bezmasne suhe tvari mlijeka najviše 2%.

Margarin je proizvod u obliku krute, plastične emulzije, prvenstveno tipa voda u ulju, dobiveni od krutih i/ili tekućih biljnih i/ili životinjskih masti prikladnih za prehranu ljudi, čiji udio mliječne masti iznosi najviše 3% ukupnog udjela masti. Margarinom se smatra proizvod koji je dobiven od biljnih i/ili životinjskih masti, čiji udio masti iznosi najmanje 80%, a najviše 90% (NN 46/2007.).

2.1.3. TEHNOLOŠKI POSTUPAK DOBIVANJA MAJONEZE

Kod proizvodnje majoneze glavni je cilj dobiti što čvršću strukturu dobre homogenosti, konzistencije i stabilnosti. Konzistencija majoneze ovisi o omjeru udjela uljne i vodene faze, o tehnici izrade emulzije, temperaturi, sredstvima za emulgiranje, zgušnjivačima i stabilizatorima.

Stabilnost emulzije osim o površinskim silama ovisi o veličini udjela disperzne faze, razlici gustoća između dviju faze, o viskoznim svojstvima kotinuirane faze (Lovrić, 2003.).

S obzirom od vrste uređaja koji se upotrebljavaju za proizvodnju majoneze, tri su osnovna načina tehnološkog postupka proizvodnje majoneze, a to su: dobivanje majoneze pomoću miksera, upotrebom homogenizatora ili koloidnih mlinova i vakuum postupak.

2.1.3.1. Dobivanje majoneze pomoću miksera

Mikseri su uređaji koji su opremljeni vertikalnom mješalicom koja se okreće velikom brzinom pomoću elektromotora i reostata za regulaciju broja okretaja. Žumanjci jajeta se miješaju u mikseru dok se potpuno ne homogeniziraju. Zatim se dodaju začini i miješaju, a nakon toga se dodaje mala količina octa te lagano dodaje ulje. Nakon što se sve izmiješa, smanji se

brzina miksera i doda preostala količina octa. Nakon dodavanja octa, kapljice ulja se povećavaju i tako tvore stabilnu emulziju. Bolja konzistencija postiže se ukoliko se dodaju veće količine octa nakon emulgiranja cijele količine ulja. Proizvodnja je diskontinuirana.

2.1.3.2. Dobivanje majoneze pomoću homogenizatora ili koloidnog mlina

U ovom tehnološkom postupku dobivanja majoneze koriste se uređaji za dobivanje stabilnih disperznih sustava, kao što su homogenizatori i koloidni mlinovi. Ti uređaji omogućuju nastanak stabilne emulzije jer se smanjuje promjer kapljica ulja u sitne kapljice, odnosno dolazi do razbijanja kapljica ulja i stvaranje manjih kapljica sa većom ukupnom površinom. Čestice dobivene homogenizacijom veličine su oko jednog mikrona. Homogenizatori propuštaju materijal kroz otvore koji su male veličine, pod visokim tlakom pri čemu dolazi do smanjenja promjera kapljica ulja pri čemu nastaje vrlo stabilna emulzija. U mikseru se izmiješaju žumanjci jajeta, jedan dio octa, začini i na kraju se doda ulje. Nakon toga dodaje se ostatak octa i emulzija se propušta kroz homogenizator ili koloidni mlin.

Osnovni element koloidnog mlina je rotor koji se okreće u konusnom statoru. Majoneza se uvodi kroz donji otvor, a homogenizirani materijal izlazi kroz cijevi. Iz homogenizatora ili koloidnog mlina materijal se odvodi u rezervoar ili spremnik za skladištenje majoneze pomoću pumpe te se automatskim putem dovodi u dozator uređaja za punjenje. Proizvodnja je kontinuirana.

2.1.3.3. Vakuum postupak

Kod vakuum postupka izrade majoneze isključuje se zrak što je prednost jer se smanjuje pristup kisika u proizvod, a samim time sprječava se oksidacija ulja tijekom skladištenja majoneze i smanjenje razvoja mikroorganizama. Prilikom procesa emulgiranja kod ovog postupka dobivaju se kapljice ulja malog promjera što je razlog postizanja homogene emulzije. Vakuum postupak daje najkvalitetniji finalni proizvod od ostalih tehnoloških postupaka za dobivanje majoneze, ali je cijena uređaja za emulgiranje koji rade pod vakuumom visoka pa se najčešće koriste homogenizatori ili koloidni mlinovi.

2.2. REOLOŠKA SVOJSTVA

Reologija je znanstvena disciplina koja se bavi proučavanjem deformacija i strujanja odnosno tečenja ne-Newtonskih tekućina, te krutih i granuliranih praškastih materijala. Kod prehrambenih proizvoda, osim pri određivanju procesnih uvjeta, reologija se koristi i za definiranje parametara kakvoće. Osnovna reološka svojstva krutih materijala su elastičnost i plastičnost, a tekućih viskoznost. Biološki materijali, uključujući i prehrambene proizvode, zbog svog složenog sastava vrlo rijetko pokazuju samo jedno od svojstava, iako se najčešće opisuju samo jednim od njih. Na reološki sustav utječu temperatura, pH, brzina smicanja, udio suhe tvari, uvjeti pripreme materijala i primijenjena metoda određivanja reoloških karakteristika.

Praćenjem reoloških svojstava sirovina, poluproizvoda i gotovih proizvoda moguće je utjecati na pojedine tehnološke parametre u smislu dobivanja proizvoda optimalne kvalitete (Lelas, 2006.).

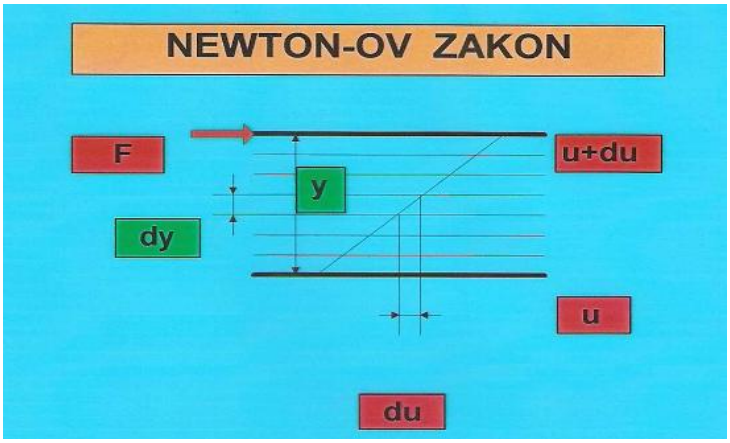
2.2.1. Reološka svojstva tekućih namirnica

Idealno materijal se može ponašati na tri načina: elastično, plastično i viskozno. Prema tome tri osnovna reološka svojstva su elastičnost, plastičnost i viskoznost. Osnovna reološka svojstva krutih materijala su elastičnost i plastičnost, a tekućih viskoznost.

1.) Viskoznost

Većina tekućina imaju viskozna svojstva. Viskozitet je unutarnje trenje, koje nastaje uslijed gibanja susjednih slojeva tekućine ili plina. Idealno viskozno svojstvo se može objasniti promatranjem ponašanja tekućine između dviju paralelnih ploha koje opisuje Newton-ov zakon. Prema Newton-ovom zakonu sila unutarnjeg trenja „F“, tj, sila koja se javlja između dva susjedna sloja tekućine koje se kreću različitim brzinama je proporcionalna relativnoj brzini gibanja „u“ i veličini površine dodira „A“ tih slojeva, a obrnuto je proporcionalna razmaku „y“ između slojeva.

Sila „F“ ovisi o svojstvima tekućine, a ne ovisi tlaku.



Slika 1. Ponašanje idealno viskozne tekućine

$$\boldsymbol{F} = \mu \frac{\boldsymbol{A} \times \boldsymbol{u}}{\boldsymbol{y}}$$

F – sila unutarnjeg trenja (N),

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

u – relativna brzina slojeva,

y – rastojanje između slojeva,

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

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

$$\boldsymbol{\tau} = \mu \times (-\frac{\boldsymbol{du}}{\boldsymbol{dy}})$$

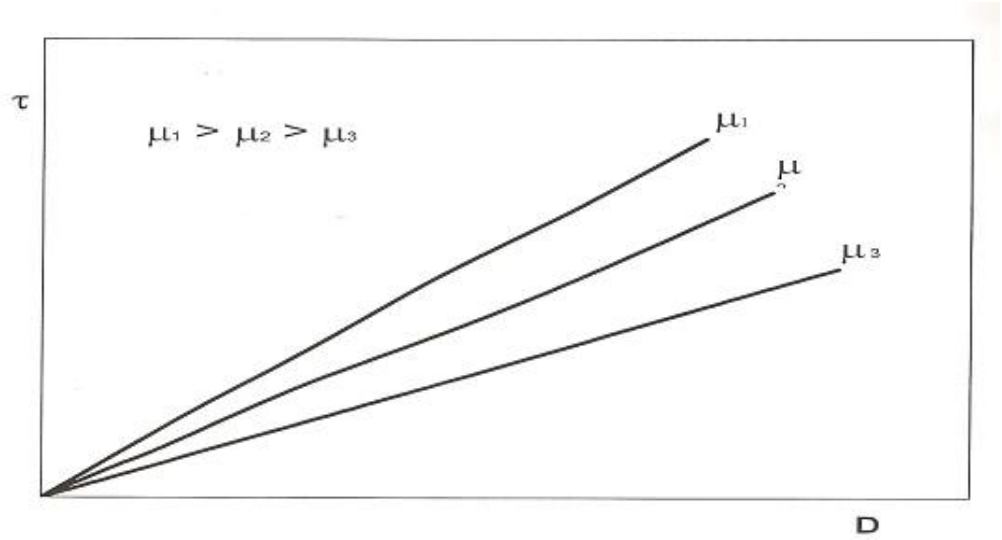
τ – napon smicanja ili smično naprezanje ili tangencijsko naprezanje (N/m^2),(Pa),

D =- $\frac{\boldsymbol{du}}{\boldsymbol{dy}}$ brzina smicanja ili prirast brzine na jedinicu razmaka između slojeva ili gradijent brzine (s^{-1})

$$\tau = \mu \times D$$

Koeficijent viskoziteta „μ“ za konstantnu temperaturu i tlak je konstantan.

Tekućine za koje vrijedi navedeni Newton-ov zakon nazivaju se Newtonske tekućine. Za te tekućine funkcionalna ovisnost τ, -du/dy i μ prikazana grafički je pravac koji prolazi kroz koordinatni početak, a nagib pravca predstavlja viskozitet tekućine.



Slika 2. Newtonske tekućine

Prema Slici 2, vidi se da μ_1 odgovara tekućini čiji je viskozitet najveći jer je za istu brzinu smicanja potreban najveći napon smicanja, dok μ_3 odgovara tekućini nižeg viskoziteta, a μ_2 tekućini srednjeg viskoziteta.

Tekućine koje se ne ponašaju prema Newton-ovom zakonu, iako je ispunjen preduvjet da su tlak i temperatura konstantni, nazivaju se ne-Newtonske tekućine. Strujanje ne-Newtonskih tekućina je plastično strujanje i razlikuje se od strujanja Newtonskih tekućina koje se naziva viskozno strujanje. Viskozitet Newtonske tekućine je konstantna veličina kod određenog tlaka i temperature, a viskozitet ne-Newtonskih tekućina kod određenog tlaka i temperature nije stalna veličina, već se mijenja s promjenom brzine smicanja, a kod nekih ne-Newtonskih tekućina viskozitet osim što ovisi o brzini smicanja ovisi i o vremenu smicanja i obliku cijevi. Zbog toga ovisnost napona smicanja „τ“ o brzini smicanja „D“ za ne-Newtonske tekućine nije pravac koji počinje iz koordinatnog početka već krivulja različitog oblika. S obzirom na odnos napona smicanja, brzine smicanja, viskoziteta i vremena smicanja, ne-Newtonske tekućine se dijele na stacionarne, nestacionarne i maxwell-ove. Stacionarne ne-Newtonske tekućine su tekućine čiji se viskozitet mijenja s promjenom brzine smicanja, a ne mijenja se s vremenom smicanja. Ove tekućine dijele se na pseudoplastične, dilatantne i plastične tekućine (binghamovske i nebinghamovske). Kod nestacionarnih tekućina viskozitet ovisi o brzini smicanja i o vremenu smicanja. Ovisno o utjecaju vremena gibanja dijele se na tiksotropne i reopektične. Maxwell-ove tekućine su tekućine koje kod strujanja imaju napon smicanja, ali kod prestanka djelovanja naprezanja uspostavljaju svoj oblik sličan elastičnoj krutoj tvari. Primjeri ovih tekućina su tjestaste tvari i smole.

2.) Elastičnost

Idealno elastično ponašanje postoji kada je naprezanje „**σ**“ direktno proporcionalno nastaloj deformaciji „ε“. Ovaj odnos poznat je kao Hooke-ov zakon:

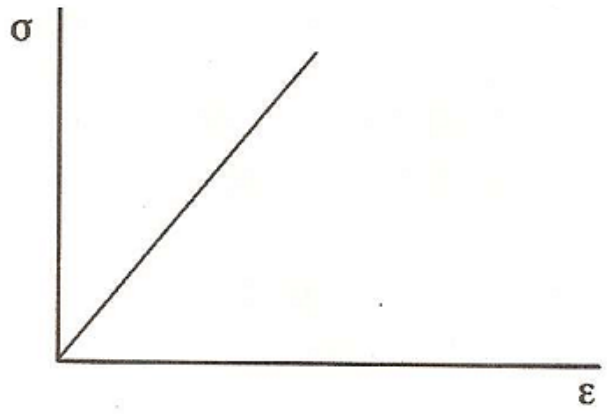
$$\boldsymbol{\sigma} = E \times \varepsilon$$

σ – naprezanje,

E - modul elastičnosti ili Youngov model,

ε - nastala deformacija.

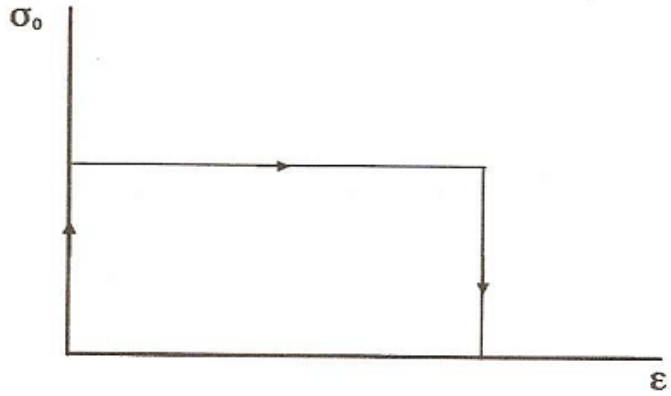
Tijelo je elastično kada se deformacija pojavi trenutačno, a nakon prestanka djelovanja sile nema više ni deformacije. Namirnice kod kojih uočavamo najveću elastičnost su kruh i peciva.



Slika 3. Prikaz elastičnog ponašanja materijala

3.) Plastičnost

Materijal je plastičan ako podliježe trajnoj deformaciji „ε“ u trenutku kada se postigne određeni prag naprezanja „$\boldsymbol{\sigma}_0$“. Ako je mala sila naprezanja, neće biti deformacije. Kada se postigne prag naprezanja dolazi do deformacije koja se povećava, kod istog naprezanja, sve dok ono traje. U trenutku kada prestane djelovanje sile naprezanja, materijal zadržava nastalu deformaciju. Plastična svojstva pokazuju maslac, margarin, sir i sl.



Slika 4. Prikaz plastičnog ponašanja materijala

2.2.2. Utjecaj temperature na viskoznost

Najveći utjecaj na reološka svojstva hrane ima temperatura, te se ona mora stalno kontrolirati i održavati konstantnom. Viskoznost se s porastom temperature povećava kod plinova, a kod kapljevina se smanjuje. Promjena viskoznosti Newtonskih i ne-Newtonskih kapljevina u ovisnosti o temperaturi može se izraziti Arrheniusovom jednadžbom:

$$\mu = A \times \mathbf{e}^{\Delta \mathbf{E}/\mathbf{RT}}$$

A – konstanta,

$\Delta \mathbf{E}$ – energija aktivacije za viskozno tečenje,

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

T – apsolutna temperatura (K),

e – osnovica prirodnog logaritma.

Promjena viskoznosti izraženija je kod ne-Newtonskih tekućina nego kod Newtonskih kod kojih se viskoznost mijenja 2% za svaki °C. $\Delta \mathbf{E}$ izražava energetsku barijeru koju je potrebno prijeći da bi došlo do trenja koja ovisi o koheziji između molekula tekućine. Visoka vrijednost te barijere govori da su molekule čvrsto povezane i da je potrebna energija kako bi se tekućina dovela u stanje laminarnog tečenja. Energija aktivacije za Newtonske tekućine računa se iz podataka dobivenih mjerenjem na viskozimetru.

Temperatura ne samo da utječe na viskoznost, nego utječe i na reološki karakter materijala. Tako npr. 60%-tna otopina saharoze s dodatkom želatine pri temperaturi od 20°C ima

dilatantna svojstva, kod 0℃ pseudoplastična svojstva, a kod -10℃ tiksotropna svojstva (Lovrić, 2003.).

2.2.3. Uređaji za mjerenje reoloških svojstava

Za određivanje reoloških svojstava hrane koriste se različiti tipovi viskozimetara ili reometara. Pomoću tih uređaja određuje se viskoznost. Određivanje reoloških svojstava namirnice najčešće se vrši na dva načina:

-kapilarnim viskozimetrima (reometrima)

-rotacijskim viskozimetrima (reometrima)

Kapilarni viskozimetri su instrumenti kod kojih se mjeri vrijeme za koje određeni volumen prolazi kroz kapilaru određenih dimenzija. Mjerenjem tlaka koji potiskuje tekućinu kroz cijev i protoka tekućine u cijevi dobiva se odnos između smičnog naprezanja i brzine smicanja. Da bi mjerenje bilo moguće tečenje mora biti stalno, laminarno, tekućina mora biti nestlačiva. Uz to svojstva tekućine su neovisna o vremenu, viskoznost tekućine ne ovisi o tlaku i mjerenje se izvodi kod izotermičkih uvjeta. Kod ovakvih reometara mjerenje reoloških svojstava temelji se na Poiseuilleovom zakonu koji glasi: volumen tekućine koja istječe iz posude kroz kapilaru promjera „r“ direktno je proporcionalan vremenu istjecanja „t“ , razlici tlakova „$\Delta\mathbf{p}$“ na krajevima kapilare, a obrnuto proporcionalan duljini kapilare „l“ i viskoznosti tekućine „μ“ pri konstantnoj temperaturi.

Protjecanje tekućine kroz kapilaru reometra opisuje se Poiseuilleovom jednadžbom:

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

Q – protok tekućine (m^3/s),

d – promjer cijevi (m),

μ - viskozitet (Pa.s),

$\Delta\mathbf{P}$ – tlak koji tjera tekućinu kroz cijev (Pa),

r – polumjer cijevi (m),

l – duljina cijevi (m).

Rotacijski viskozimetri (reometri) imaju jednostavniji princip rada i mjerenja se mogu provoditi u širem rasponu viskoznosti različitih materijala te se stoga danas najčešće koriste za mjerenje reoloških svojstava proizvoda. Izbor je određen uglavnom svojstvima materijala koji se ispituje, a svaka izvedba ima svoje prednosti i nedostatke. Viskozimetri u pravilu sadrže dva različita tijela, od kojih jedno rotira, drugo miruje, a međusobno su u vezi preko sloja tekućine kojoj se određuje viskoznost. Mjerenja se osnivaju na mjerenju kutne brzine rotirajućeg tijela i zakretnog momenta. Ovisno o viskoznosti tekućine, sa površine jednog mjernog tijela prenosi se određeni zakretni moment na tekućine.

S obzirom na izgled i izvedbu, rotacijski viskozimetri mogu se podijeliti na:

- viskozimetre sa stošcem i pločom,
- viskozimetre s koncentričnim cilindrima,
- viskozimetre s dvije paralelne ploče.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Zadatak je bio ispitati utjecaj sastojaka mliječne komponente, vrste ugljikohidrata te vrste žumanjka na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice i provedeno je:

1. Određivanje utjecaja mliječne komponente:

- proteini sirutke
- punomasno mlijeko u prahu
- kazein
- proteini soje

2. Određivanje utjecaja vrste ugljikohidrata:

- saharoza
- glukoza
- maltodekstrin

3. Određivanje utjecaja vrste žumanjka jajeta:

- svježi žumanjak
- pasterizirani žumanjak

Reološka svojstva ispitivanih uzoraka salatne majoneze provedena su mjerenjem na rotacijskom viskozimetru na sobnoj temperaturi 25℃, odmah nakon procesa homogenizacije. Homogenizacija je rađena na temperaturi 25℃ u vremenu trajanja dvije minute sa sustavom rotor-stator tip 2 kod brzine rotora 10 000 ˚/min na 200g uzorka salatne majoneze.

3.2. MATERIJALI I METODE

3.2.1. Materijali

Materijali koji su korišteni za izradu salatne majoneze sa pulpom marelice su:

1. Uljna faza-70% (rafinirano suncokretovo ulje 60%, hladno prešano makovo ulje 10%)
2. Žumanjak kokošjeg jajeta – 7% (svježi, pasterizirani)

3. Šećer – 3% (saharoza, glukoza, maltodekstrin)
4. Jabučni ocat – 3%
5. Morska sol – 1%
6. Senf – 1%
7. Vinska kiselina – 0,1%
8. Mliječna komponenta – 1,5% (proteini sirutke, punomasno mlijeko u prahu, kazein, proteini soje)
9. Destilirana voda – 8,4%
10. Voćna komponenta – 5% (pulpa marelice)

Za izradu salatne majoneze korištene su dvije vrste biljnih ulja:

1. Suncokretovo ulje :

- rafinirano
- proizvođač: Plodine d.d.

2. Makovo ulje:

- hladno prešano
- ulje proizvedeno 13.06.2016. na Prehrambeno-tehnološkom fakultetu, Osijek

Za izradu salatne majoneze korišteni su sljedeći ugljikohidrati:

1. Saharoza

- disaharid, sastoji se od α-D- glukoze i β-D-fruktoze
- kemijska formula $C_{12}H_{22}O_{11}$
- bijeli kristalni šećer
- proizvođač: „Premijer“ tvornica šećera, Osijek

Tablica 1 Deklaracija bijelog kristalnog šećera

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

2. D-(+)-glukoza

- bezvodna

- monosaharid

- kemijska formula $C_6H_{12}O_6$

- proizvođač: CLARO-PROM d.o.o.

3. Maltodekstrin

- oligosaharid

Mliječne komponente:

1. Proteini sirutke (standardni uzorak)

- naziv proizvoda: IMPACT WHEY PROTEIN

- prah

- proizvođač: MYProtein, Engleska

Tablica 2 Deklaracija proteina sirutke

Prosječne hranjive vrijednosti u:	**100 g**	**(1 mjerica) 25 g**
Energetska vrijednost	1740 kJ/412 kcal	435 kJ/103 kcal
Bjelančevine	82 g	21 g
Ugljikohidrati	4 g	1 g
od čega šećeri	4 g	1 g
Masti	7,5 g	1,9 g
od čega zasićene	5 g	1,3 g
Sol	0,50 g	0,13 g

2. Punomasno mlijeko u prahu

- sadrži maksimalno 5% vode, minimalno 26% mliječne masti
- proizvođač: „Dukat“ d.d.

3. Kazein

- protein mlijeka
- čini 80% svih proteina u mlijeku i proteina sirutke 20%
- naziv proizvoda: Casein, tech A13707
- higroskopan, netopljiv u vodi
- proizvođač: „Alfa Aesar“ , Njemačka

4. Proteini soje

- Sojin super koncentrat 88, bogat sojinim proteinima
- proizvođač: „Dr. Ritter“ , Njemačka

Svježi žumanjak kokošjeg jajeta:

- A klasa
- proizvođač: Plodine d.d.

Jabučni ocat:

- „Zvijezdin“ aromatični voćni jabučni ocat laganog je okusa, podatan i zdrav, dobiven je prirodnim octenim vrenjem soka istisnutog iz odabranih jabuka vrhunske kvalitete
- minimalno 5% octene kiseline, sadrži sulfite
- proizvođač: Zvijezda d.d.

Morska sol:

- sitna, jodirana
- proizvođač: Solana Pag d.d.

Senf:

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

Vinska kiselina

- bijela, kristalna organska kiselina
- kemijska formula $C_4H_6O_6$, molarna masa: M = 150,087 g/mol
- regulator kiselosti
- priozvođač: „ALKALOID AD Skopje“ , Makedonija

Voćna komponenta

- svježe pripremljena pulpa marelice (kajsije)

3.2.2. Metode

Priprema uzorka:

U Tablici 3 prikazana je receptura za pripremu uzoraka majoneze sa pulpom marelice:

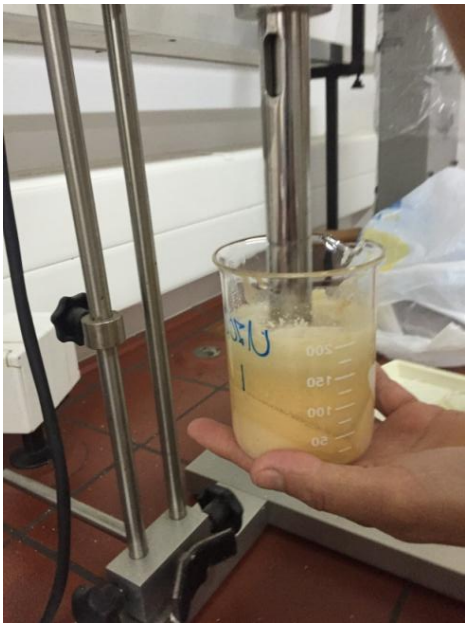
Masa uzorka proizvedene majoneze je 200 g.

Tablica 3 Osnovna receptura za pripremu uzorka salatne majoneze

Sastojci	Udio (%)	Masa pojedinih sastojaka (g)
Suncokretovo ulje (rafinirano)	60	120
Makovo ulje (hladno prešano)	10	20
Žumanjak jajeta	7	14
Šećer	3	6
Jabučni ocat	3	6
Morska sol	1	2
Senf	1	2
Vinska kiselina	0,1	0,2
Mliječna komponenta	1,5	3
Destilirana voda	8,4	16,8
Pulpa marelice	5	10
Ukupno	**100**	**200**

Uljna faza čini 70% uzorka salatne majoneze s tim da 60% čini rafinirano suncokretovo ulje, a 10% hladno prešano makovo ulje. Sastojci se zasebno izvažu u čašice ili na satno stakalce (sol, šećer, senf, vinska kiselina). U čašicu s polovicom ulja dodaje se najprije žumanjak, a potom ostali sastojci. Destiliranom vodom ispire se čašica u kojoj je bio žumanjak jajeta kako bi se maksimalno eliminirala greška. Isto to se radi i sa stakalcem na kojem je bio senf. Kada

se počne stvarati emulzija ulje/voda, u tankom mlazu dodaje se makovo ulje tijekom prve minute homogenizacije i miksa se do dvije minute. Nakon homogenizacije uzorak ide na temperiranje na sobnu temperaturu 25℃, zatim na rotacijski viskozimetar za mjerenje reoloških svojstava i na kraju se mjeri pH vrijednost uzorka. Svi uzorci su pripravljeni na sobnoj temperaturi (25 ℃), u količini od 200 g, samo su se mijenjali pojedini sastojci ovisno o recepturi uzorka majoneze. Za homogenizaciju uzorka korišten je laboratorijski homogenizator model D-500 (Wiggenhauser, Njemačka-Malezija) koji može raditi pri različitim brzinama rotacije rotora, od 10 000 do 30 000 °/min. Homogenizacija se provodila u vremenu dvije minute kod 25℃, na uzorku od 200 g, kod brzine rotora 10 000 °/min sa sustavom rotor-stator tip 2.

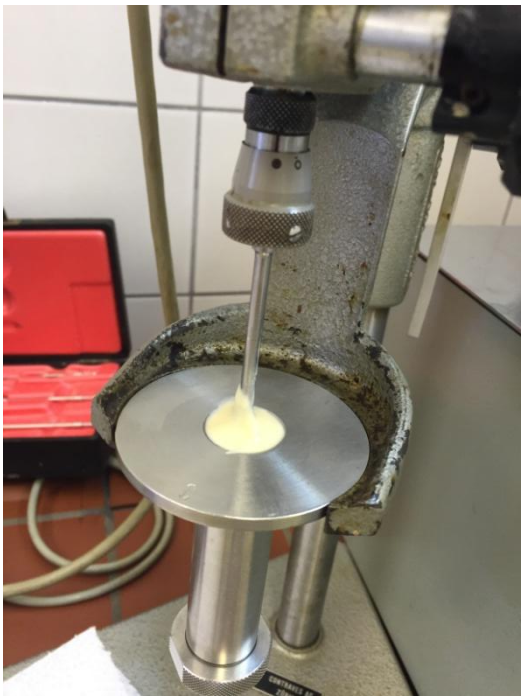


Slika 5. Prikaz procesa homogenizacije sa laboratorijskim homogenizatorom

Standardni uzorak salatne majoneze s pulpom marelice napravljen je sa svježim žumanjkom jajeta, saharozom i proteinima sirutke (IMPACT WHEY PROTEIN, Engleska).

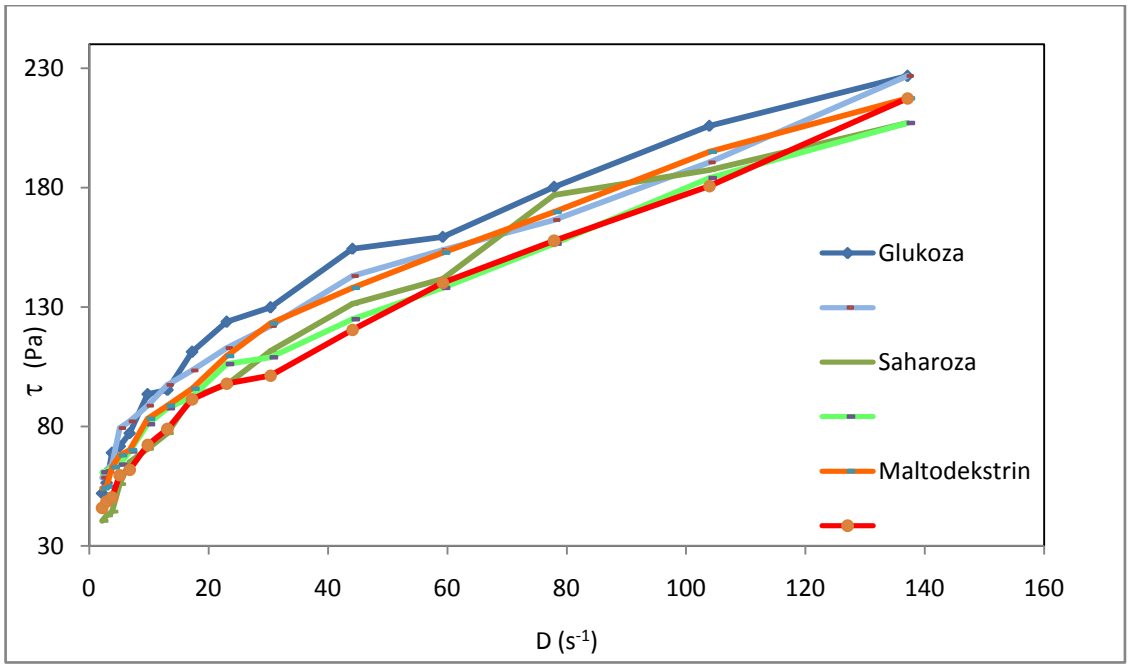
Pasterizirani žumanjak jajeta dobiven je zagrijavanjem pri temperaturi 60℃, dvije minute.

Mjerenje reoloških svojstava uzoraka majoneze, provedena su na rotacijskom viskozimetru „Rheomat 15T“ s koncentričnim cilindrima pri temperaturi 25℃.



Slika 6. Rotacijski viskozimetar s cilindričnom posudom mjernog sustava C u koje je uronjeno mjerno tijelo

4. REZULTATI



Slika 7. Utjecaj vrste ugljikohidrata na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice

Tablica 4 Utjecaj vrste ugljikohidrata na reološke parametre salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice

Uzorak	μ pri 137,1 s^{-1} (Pa.s)	k ($Pa.s^n$)	n	R^2
	25 °C			
Glukoza	1,629	40,51	0,347	0,99489
Saharoza	1,468	27,98	0,401	0,99396
Maltodekstrin	1,519	38,41	0,341	0,99292

μ - prividna viskoznost pri brzini smicanja 137,1 s^{-1} (Pa.s)

k – koeficijent konzistencije ($Pa.s^n$)

n – indeks tečenja (-)

R^2 - koeficijent determinacije

Tablica 5 Utjecaj mliječne komponente na reološke parametre salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice

Uzorak	μ pri 137,1 s^{-1} (Pa.s)	k ($Pa.s^n$)	n	R^2
	25 °C			
Punomasno mlijeko u prahu	1,507	40,14	0,333	0,98991
Proteini sirutke	1,468	27,98	0,401	0,99396
Kazein	1,487	40,19	0,330	0,98621
Proteini soje	1,599	47,46	0,311	0,98517

μ - prividna viskoznost pri brzini smicanja 137,1 s^{-1} (Pa.s)

k – koeficijent konzistencije ($Pa.s^n$)

n – indeks tečenja (-)

R^2 - koeficijent determinacije

Tablica 6 Utjecaj žumanjka jajeta na reološke parametre salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice

Uzorak	μ pri 137,1 s^{-1} (Pa.s)	k ($Pa.s^n$)	n	R^2
	25 °C			
Svježi žumanjak jajeta	1,468	27,98	0,401	0,99396
Pasterizirani žumanjak	1,712	53,38	0,301	0,99757

μ - prividna viskoznost pri brzini smicanja 137,1 s^{-1} (Pa.s)

k – koeficijent konzistencije ($Pa.s^n$)

n – indeks tečenja (-)

R^2 - koeficijent determinacije

5. RASPRAVA

Rezultati ispitivanja utjecaja sastojaka na reološka svojstva salatne majoneze (70% uljna faza) s dodatkom pulpe marelice prikazani su na Slici 7 te u Tablicama 4-6.

Utjecaj vrste ugljikohidrata (glukoza, saharoza, maltodekstrin) na reološka svojstva salatne majoneze vidljiv je na Slici 7. Iz dijagrama ovisnosti smičnog naprezanja (τ) o brzini smicanja (D) može se vidjeti da se porastom brzine smicanja povećava napon smicanja te se dobije krivulja (uzlazno i silazno mjerenje) koja predstavlja pseudoplastičnu, ne-Newtonsku tekućinu s određenom površinom tiksotropne petlje.

U Tablici 4 vidljivi su rezultati ispitivanja utjecaja vrste ugljikohidrata na promjenu reoloških parametara salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice. Majoneza izrađena s monosaharidom glukozom ima veću vrijednost prividne viskoznosti (μ) 1,629 (Pa.s) kod brzine smicanja 137,1 (s^{-1}), veću konzistenciju izraženu koeficijentom konzistencije (k) 40,51 ($Pa.s^n$) te indeks tečenja (n) 0,347 u odnosu na primjenu saharoze i maltodekstrina. Korištenjem disaharida saharoze kod izrade salatne majoneze proizvedena je emulzija ulje/voda s manjom prividnom viskoznošću (1,468 Pa.s) i koeficijentom konzistencije (27,98 $Pa.s^n$) te većim indeksom tečenja (0,401).

Primjenom maltodekstrina napravljena je salatna majoneza s nešto većom viskoznošću (1,519 Pa.s) i konzistencijom (38,41 $Pa.s^n$) u odnosu na saharozu.

U Tablici 5 prikazani su rezultati ispitivanja utjecaja mliječne komponente (punomasno

mlijeko u prahu, proteini sirutke, kazein) i proteina soje na reološka svojstva izražena reološkim parametrima salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice.

Primjenom proteina soje u prahu proizvedena je salatna majoneza s većom prividnom viskoznošću (1,599 Pa.s) i većim koeficijentom konzistencije (47,46 $Pa.s^n$), a najmanjim indeksom tečenja (0,311) u odnosu na primjenu drugih ispitivanih sastojaka mliječne komponente. Majoneza izrađena s proteinima sirutke u prahu imala je najniže vrijednosti viskoziteta (1,468 Pa.s) i konzistencije (27,98 $Pa.s^n$) te najveći indeks tečenja (0,401).

Rezultati ispitivanja utjecaja žumanjka kokošjeg jajeta (svježi žumanjak, pasterizirani žumanjak) na reološka svojstva vidljivi su u Tablici 6.

Salatna majoneza pripremljena sa pasteriziranim žumanjkom jajeta imala je veću vrijednost prividne viskoznosti (1,712 Pa.s) i koeficijenta konzistencije (53,38 Pa.s^n) te manji indeks tečenja (0,301) u odnosu na primjenu svježeg žumanjka jajeta. Razlog tome je taj što termičkim tretiranjem žumanjka dolazi do narušavanja strukture fosfolipida (lecitin) i proteina pri čemu se smanjuje njihova emulgirajuća svojstva što rezultira porastom viskoziteta i konzistencije salatne majoneze kao emulzije ulje/voda.

6. ZAKLJUČCI

Na temelju ispitivanja utjecaja sastojaka na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice mogu se izvesti sljedeći zaključci:

1. Ispitivana salatna majoneza s dodatkom pulpe marelice pripada ne-Newtonskim tekućinama, pseudoplastičnog tipa.
2. Vrsta ugljikohidrata utječe na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom marelice.
3. Primjenom glukoze proizvedena je salatna majoneza s većom prividnom viskoznošću i konzistencijom izraženom s koeficijentom konzistencije te manjim indeksom tečenja u odnosu na saharozu i maltodekstrin.
4. Mliječna komponenta utječe na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice.
5. Salatna majoneza izrađena sa proteinima soje imala je veću prividnu viskoznost i konzistenciju, a manji indeks tečenja u odnosu na primjenu ostalih ispitivanih sastojaka.
6. Žumanjak jajeta utječe na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom pulpe marelice.
7. Korištenjem pasteriziranog žumanjka dobiva se salatna majoneza s većom viskoznošću i konzistencijom te manjim indeksom tečenja u odnosu na primjenu svježeg žumanjka jajeta.

7. LITERATURA

Belak L., Gaćina Z., Radić N. : *Tehnologija hrane*, skripta, Visoka škola za turistički menadžment u Šibeniku, 2005.

Dimić E., Turkulov J. : *Kontrola kvalitete u tehnologiji jestivih ulja*, Novi Sad, str. 111-116, 2000.

Gugušev-Đaković M. : *Industrijska proizvodnja gotove hrane*, Naučna knjiga, Beograd, str. 179-188, 1989.

Kostyra E., Barylko-Pikielna N. : The effect of fat levels and guar gum addition in mayonnaise-type emulsions on the sensory perception of smoke-curing flavour and salty taste, Food Qual. Prefer. 18, 2007.

Lelas V. : *Prehrambeno-tehnološko inženjerstvo 1*., Tehnička knjiga, Zagreb, str. 108-111, 2006.

Lovrić T. : Procesi u prehrambenoj industriji s osnovama prehrambenog inženjerstva, Hinus, Zagreb, str. 32-33, 2003.

Mancini F., Montanari L., Peressini D., Fantozzi P. : *Influence of alginate concentration and molecular weight on functional properties of mayonnaise*. Lwt-Food Science and Technology, 2002.

McClements D.J., Demetriades K. *: An integrated approach to the development of reduced-fat food emulsions*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 38, 511-536, 1998.

Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja: *Pravilnik o mazivnim mastima*, Narodne novine br. 46/2007.

Pozderović A. : *Procesi u prehrambenoj industriji*, Interna skripta, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek.

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 br. 55/1996.

Štern P., Valentova H., Pokorny J. : Rheological *properties and sensory texture of mayonnaise* , Eur. J. Lipid Sci. Technol. 103, str. 23-28, 2001.

Wendin K., Hall G. : Influences of fat, trickener and emulsifer contens on salad dressing: static and dynamic sensory and rheological analyses. Lebensm.-Wiss. u-Technol. 34, 222-233, 2001.

Wendin K., M. Risberg Ellekjar, Solheim R. : Fat *content and Homogenisation Effects on Flavour and Texture of Mayonnaise with Added Aroma*. Lebensm.-Wiss. u-Technol. 32, 377-383., 1999.