Utjecaj parametara homogenizacije na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom pulpe dinje

Živanović, Dalibor

Undergraduate thesis / Završni rad

2014

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:109:700257

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

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

Dalibor Živanović

Utjecaj parametara homogenizacije na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom pulpe dinje

završni rad

Osijek, 2014.

SVEUČILIŠTE J. J. STROSSMAYERA U OSIJEKU

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

Završni rad

Utjecaj parametara homogenizacije na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom pulpe dinje

Tehnologija prerade sirovina biljnog podrijetla II

Predmetni nastavnik: Dr. sc. Tihomir Moslavac, izv.prof.

Student: Dalibor Živanović (MB: 3246/09)

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

Predano (datum):

Pregledano (datum):

Ocjena: **Potpis mentora:**

Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku

Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek

Preddiplomski studij prehrambene tehnologije

Dalibor Živanović

UTJECAJ PARAMETARA HOMOGENIZACIJE NA REOLOŠKA SVOJSTVA SALATNE MAJONEZE S DODATKOM PULPE DINJE

ZAVRŠNI RAD

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

Osijek, listopad 2013

Utjecaj parametara homogenizacije na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom pulpe dinje

Sažetak

Reološka svojstva su važan čimbenik kakvoće proizvoda poput majoneze. Za postizanje određene konzistencije i stabilnosti proizvoda su vrlo važna reološka svojstva, te je potrebno, osim pravilnog odabira sirovine i vođenja procesa proizvodnje koristiti različite dodatke za poboljšanje reoloških svojstava proizvoda.

U ovom radu cilj je ispitati utjecaj procesnih parametara homogenizacije (brzina rotacije rotora homogenizatora, vrijeme trajanja pripreme) na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom pulpe dinje pri temperaturama mjerenja 25°C i 10°C. Proces homogenizacije prilikom pripreme salatne majoneze je proveden kod 10 000, 12 000 i 15 000 ^{o}/min i vremenu 1, 3 i 5 minuta. Mjerenja reoloških svojstava salatne majoneze su provedena na rotacijskom viskozimetru, a iz dobivenih podataka izračunati su reološki parametri koeficijent konzistencije, indeks tečenja i prividna viskoznost. Rezultati istraživanja su pokazali da brzina rotacije rotora homogenizatora i vrijeme trajanja procesa pripreme salatne majoneze utječu na reološka svojstva mjerena pri temperaturama konzumacije ovih proizvoda.

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

Influence of parameters of homogenization on the rheological properties of salad mayonnaise with the addition of pulp melon

Summary

Rheological properties are an important factor in the quality of products such as mayonnaise. To achieve a certain consistency and stability of the product are very important rheological properties, and it is necessary , except for proper selection of raw materials and production process control use various additives to improve the rheological properties of the product .

The objective of this study was to examine the influence of process parameters homogenization (rotation speed of the rotor homogenizer , during preparation) on the rheological properties of salad mayonnaise with the addition of melon pulp measurements at temperatures 25 ° C and 10 ° C. The process of homogenization in the preparation of salad mayonnaise was conducted at 10 000 , 12 000 and 15 000 r / min and the 1 , 3 and 5 minutes. Measurements of rheological properties of salad mayonnaise were conducted on a rotational viscometer , and the obtained data were calculated rheological parameters consistency coefficient , flow index and apparent viscosity . The results showed that the speed of rotation of the rotor homogenizer and during the process of preparation of salad mayonnaise affect the rheological properties were measured at temperatures of consumption of these products.

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

SADRŽAJ

1. UVOD. 1

2. TEORIJSKI DIO. 2

2.1. EMULZIJE. 2

2.1.1. Emulzije tipa ulje /voda. 2

2.1.2. Majoneza. 4

2.2. REOLOŠKA SVOJSVA. 10

2.2.1. Deformacije. 10

2.2.2. Reološka svojstva tekućih namirnica. 12

2.2.3. Utjecaj temperature na viskoznost. 13

2.2.4. Uređaji za mjerenje reoloških svojstava. 14

3. EKSPERIMENTALNI DIO. 15

3.1. ZADATAK. 15

3.2. MATERIJALI I METODE. 15

3.2.1. Materijali. 15

3.2.2. Metode. 16

4. REZULTATI. 18

5. RASPRAVA. 21

6. ZAKLJUČCI. 23

7. LITERATURA. 24

1. UVOD

U industriji proizvodnje majoneze teži se postići čvrsta struktura dobre konzistencije, homogenosti i stabilnosti, zato je važno poznavanje reoloških svojstava hrane (Štern i sur., 2001). Struktura emulzije ulje/voda ovisi o različitim čimbenicima kao što su omjer uljne i vodene faze, sredstva za emulgiranje, zgušnjivači, stabilizatori (Wendin i sur., 1999), proces izrade emulzije, temperatura i dr. Majoneze i proizvodi slični majonezi su prehrambene polukrute emulzije ulja u vodi, sustavi u kojima reološka svojstva imaju značajan utjecaj i na funkcionalna svojstva te senzorska svojstva. U takvim emulzijama kapljice ulja su dispergirane u kontinuiranoj vodenoj fazi octa pomoću prirodnog emulgatora iz žumanjka jajeta (lecitin) koji čini sustav stabilnim (Castellani i sur., 2006).

U ovom radu istražen je utjecaj procesnih parametara homogenizacije na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom pulpe dinje. Ispitivan je utjecaj brzine rotacije rotora homogenizatora i vrijeme trajanja pripreme majoneze na reološko ponašanje.mjereno pri temperaturama konzistencije ovih proizvoda (25°C i 10 °C)

2. TEORIJSKI DIO

2.1. EMULZIJE

Emulzije se definiraju kao sustavi dvaju tekućina koje se ne mješaju. Emulzije su koloidni sustavi u kojima su sitne kapljice jedne tekućine dispergirane u drugoj tekućini (npr. ulje u vodi ili voda u ulju). Faza koja je raspršena u obliku kapljica naziva se dispergirana faza, a faza u kojoj su kapljice prve faze raspšene naziva se dispergirano sredstvo. Ovakvi sustavi nisu stabilni stoga zahtijevaju prisutnost emulgatora koji će stabilizirati dispergirane čestice.

Kada se kapljice disperzne faze međusobno ne povezuju, emulzija je stabilna. Stabilnost emulzije ovisi o udjelu pojedinih faza, površinskim silama, svojstvima pojedine faze i o razlici u gustoći pojedine faze. Stabilnost emulzije se povećava dodatkom emulgatora koji djeluju tako da smanjuju površinsku napetost između faza, sastoje se od polarnih i nepolarnih grupa koje kao takve formiraju film između dviju faza emulzije, te na taj način održavaju stabilnost emulzije.

Razlikujemo dva tipa emulzija, kapljice vode dispergirane u uljnoj fazi čine tip emulzije voda/ulje, a kapljice ulja dispergirane u vodenoj fazi čine tip ulje/voda. Postoje i višestruke emulzije u kojima je dispergirana faza emulzija, gdje razlikujemo tip voda/ulje/voda kod kojih je emulzija vode u ulju dispergirana u vodi i tip ulje/voda/ulje kod kojih je emulzija ulja u vodi dispregirana u ulju.

Primjeri emulzije tipa voda/ulje: maslac, margarin i sl., a primjeri emulzije tipa ulje/voda su: mlijeko, vrhnje, sladoled, majoneza,žumanjak jajeta i sl.

Kod emulzije tipa voda/ulje, voda je dispergirana u uljnoj kontinuiranoj fazi. U ovaj tip emulzije spadaju maslac, margarin i sl.

Određivanje tipa emulzije se provodi mjerenjem električne provodljivosti emulzije. Električna provodljivost ovisi o tipu emulzije, odnosno od kontinuirane faze, tako da je kod emulzije tipa ulje/voda električna provodljivost vrlo velika, a kod tipa voda/ulje se provodljivost jedva primjećuje.

2.1.1. Emulzije tipa ulje / voda

Kapljice ulja su dispergirane u vodenoj kontinuiranoj fazi. Na stabilnost ovog tipa emulzije utječu razni čimbenici.

- Stupanj razdjeljenja unutarnje faze

Kapljice disperzne faze moraju biti ujednačene veličine i što manjeg promjera, a to se postiže procesom emulgiranja.

- Kvaliteta graničnih površinskih filmova
- Viskoznost vanjske faze

Emulzija je stabilnija ako je viskoznost kontinuirane faze što sličnija viskoznosti proizvedene emulzije.

- Odnos volumena faze

U idealnoj emulziji kapljice disperzne faze nisu deformirane, što im omogućuje da u zbijenom stanju zauzimaju 74% ukupnog volumena emulzije, dok deformirane kapljice disperzne faze u zbijenom stanju zauzimaju do 99% ukupnog volumena, prilikom čega je potrebno emulziju prevesti u stabilan odlik dodatkom emulgatora. Optimalni odnos volumena disperzne faze i disperznog sredstva je 74:26.

- Specifična masa faze

Emulzija je stabilnija što je sličnija specifična masa faza, što je veća razlika u specifičnim masama stabilnost je manja.

- Temperatura

Stabilnost emulzije značajno ovisi o temperaturi. Povišenje temperature razultira razdvajanjem faza, primjenom raznih stabilizatora i specijalnih postupaka izrade emulzija, moguće je proizvesti stabilne emulzije koje se mogu sterilizirati ili konzervirati smrzavanjem

(Gugušev-Đaković, 1989.).

2.1.2 MAJONEZA

Majoneza je emulzija ulje /voda dobivena miješanjem jestivog biljnog ulja, žumanjka jajeta, octene ili neke druge organske kiseline, senfa, vode, soli, šećera, dopuštenih aditiva, začina i ekstrakta začina. U fizikalnom pogledu majoneza je emulzija koja se sastoji od kapljica ulja dispergiranih u vodenoj kontinuiranoj fazi pomoću sredstva za emulgiranje ili prirodnih emulgatora kao što su npr. proteini i lipoproteini žumanjka i lecitin iz žumanjka.

Prilikom proizvodnje majoneze teži se tome da majoneza ima što čvršću konzistenciju i da bude homogena i stabilna, odnosno da se postigne dobra emulzija. Dobra emulzija je ona u kojoj kapljice ulja nemaju promjer veći od 2 mikrona (μm).

Prema Pravilniku (NN 39/99), majonezu s obzirom na udjel jestivog biljnog ulja dijelimo:

1. Majoneza
2. Salatna majoneza
3. Lagana majoneza

Pri stavljanju u promet majoneza mora udovoljavati ovim temeljnim zahtjevima:

- da je udjel jestivog biljnog ulja najmanje 75%,

- da je udjel žumanjaka najmanje 6%,

- da je svojstvene boje, okusa i mirisa, bez stranog i/ili užeglog okusa i mirisa.

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.

Pri stavljanju u promet salatna majoneza mora udovoljavati ovim temeljnim zahtjevima:

-da je udjel jestivog biljnog ulja najmanje 50%,

-da je udjel žumanjaka najmanje 3,5%,

-da je svojstvene boje, okusa i mirisa, bez stranog i/ili užeglog mirisa i okusa.

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.

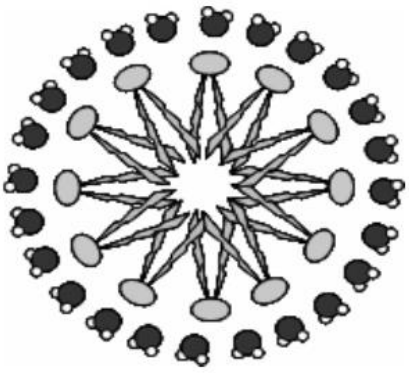
Pri stavljanju u promet lagana majoneza mora udovoljavati ovim temeljnim zahtjevima:

-da je udjel jestivog biljnog ulja najviše 50%,

-da je svojstvene boje, okusa i mirisa, bez stranog i/ili užeglog mirisa i okusa. (NN 39/99)

Emulgatori

Emulgatori su tvari koje smanjuju površinsku napetost između faza radi olakšavanja procesa emulgiranja i radi stvaranja stabilnije emulzije. Da bi neka tvar bila emulgator, njene molekule moraju imati hidrofilni (lipofobni) - lipofilni (hidrofobni) sastav, odnosno da jedan kraj molekule odbija ulje, a veže vodu, dok drugi kraj molekule veže ulje, a odbija vodu.



Slika 1. Emulzija ulje/voda

Najčešće se koriste prirodni emulgatori, npr. lecitin i pojedine frakcije fosfolipida soje. Od ostalih emulgatora primjenu imaju monogliceridi i digliceridi.

Jestiva biljna ulja

Kod pripreme emulzije ulje/voda (majoneza) vrlo je važna kvaliteta jestivog biljnog ulja koje ćemo koristiti jer je ulje prilikom izrade izloženo kisiku, vodi i svijetlosti, te tada postoji opasnost od pojave užeglosti jer je moguć najveći stupanj oksidacijskih procesa. Ulje koje koristimo za proizvodnju majoneze mora udovoljiti određene uvjete, kao npr. na niskim temperaturama čuvanja se ne smije izdvojiti talog, niti zamutiti ulje, može doći do izdvajanja frakcija teže razgradivih triglicerida, odnosno kristalizacije, ali u tom slučaju kristali se izdvajaju filtracijom. Ulje mora biti visoke kakvoće i neutralno da bi se upotrebljavalo za proizvodnju majoneze.

Jaja

Prosječno jaje teži 50g od čega je oko 11% ljuska, 58% bjelanjak i oko 31% žumanjka. Žumanjak je prirodna emulzija ulje/voda koja sadrži prirodne emulgatore i kao takav čini osnovni sastojak za proizvodnju majoneza. Žumanjak sadrži oko 32% masti, od čega je oko 10% lecitina (M. Mandić, 2003.).

Ocat

U proizvodnji majoneze, odnosno emulzija ulje/voda osnovni sastojak vodene faze čini ocat. Octena kiselina je najpoznatija i najprimjenjivija organska kiselina u prehrambenoj industriji. Octena kiselina ima aseptična svojstva, te kao takva sprječava kvarenje majoneze. Obično se za proizvodnju majoneza u industriji koristi destilat octene kiseline da bi se spriječila prisutnost teških metala koji kataliziraju oksidaciju, odnosno kvarenje ulja.

ZAČINI

Začini se dodaju zbog poboljšanja okusa majoneze, te dodatkom soli i začina se povećava stabilnost majoneze. Neki začini sami po sebi imaju antioksidacijska i baktericidna svojstva, stoga ih koristimo i radi produljenja trajnosti proizvoda. Najčešće se upotrebljavaju senf, paprika, papar i dr.

TEHNOLOŠKI POSTUPAK PROIZVODNJE MAJONEZE

Prilikom proizvodnje majoneze teži se tome da majoneza ima što čvršću konzistenciju i da bude homogena i stabilna, odnosno da se postigne dobra emulzija, a to je ona emulzija koja je postojana pri niskim temperaturama te joj se dodaju emulgatori da ne bi došlo do razdvajanja faza tijekom skladištenja (Gugušev-Đaković, 1989.).

Emulzija se sastoji od dviju tekućina koje se ne miješaju, stoga se emulzija ulje/voda proizvodi procesom emulgiranja. Da bi se stvorila stabilna emulzija, potrebno je napetost na granici faza svesti na minimum kako bi se omogućilo što bolje povećanje površine primjenom određene količine energije što rezultira sprečavanjem međusobnog povezivanja kapljica ulja.

Rad potreban za proces emulgiranja proporcionalan je napetosti površine i povećanju površine čestica.

Stabilnost neke emulzije ovisi o veličini udjela disperzne faze, površinskim silama, viskoznosti kontinuirane faze i o razlici u gustoći dviju faza. Dodavanjem emulgatora, koji se adsorbira u međusloj između dviju faza, sprječava se udruživanje kapljica ulja. Međusloj ima dva sloja između dodirnih površina sa svake strane, gdje disperzna faza prelazi u fazu s većom međufaznom napetosti i na taj način se znatno smanjuje energetski zahtjev stvaranja emulzije.

Prema vrsti uređaja koji koristimo za tehnološki postupak proizvodnje majoneze, razlikujemo:

- Dobivanje majoneze pomoću miksera
- Dobivanje majoneze upotrebom homogenizatora ili koloidnog mlina
- Vakuum postupak

Dobivanje majoneze pomoću miksera

Najstariji postupak pripreme majoneze je sa mikserom, danas se rijetko primjenjuje zbog diskontinuiranog rada, pa ju prema tome karakteriziraju svi nedostatci šaržne proizvodnje. Mikseri su uređaji koji se sastoje od vertikalne miješalice koja se okreće velikom brzinom uz pomoć elektromotora i reostata koji regulira broj okretaja miješalice. Žumanjci jajeta se miksaju dok se potpuno ne homogeniziraju, zatim se dodaju začini i manja količina

octa, te se to sve zajedno miješa. Zatim se lagano dodaje biljno ulje, te nakon što se ulje potpuno izmiješa, smanjuje se brzina miksera i na kraju se dodaje preostala količina octa.

Dodavanjem preostale količine octa, kapljice ulja se povezuju na način da tvore stabilnu emulziju. Jedna trećina octa se dodaje na početku, dok se ostatak dodaje na kraju pri manjoj brzini miksanja. Preporučena temperatura miksanja je oko 20°C. Odstupanjem od ove temperature mogu se dobiti emulzije rjeđe konzistencije, te nestabilne emulzije kojima se lako razdvajaju faze tijekom skladištenja proizvoda.

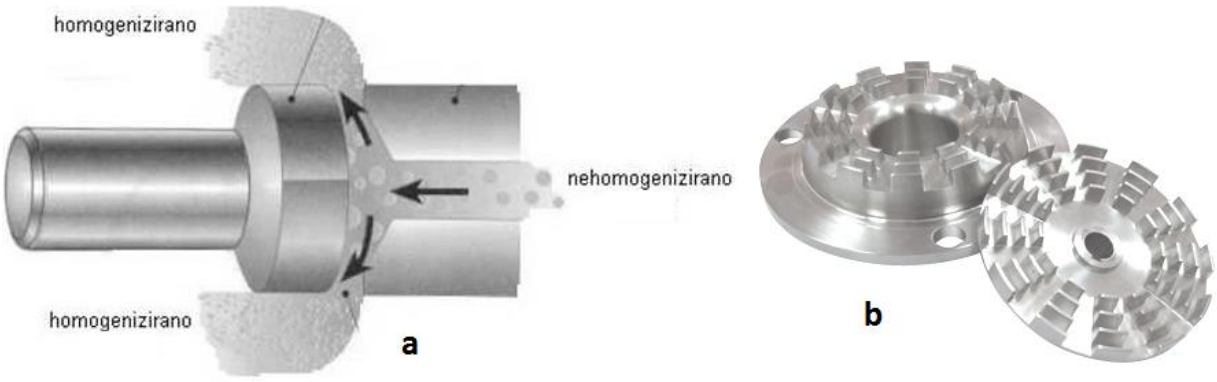
Dobivanje majoneze upotrebom homogenizatora ili koloidnog mlina

Princip rada homogenizatora je predaja potrebne površinske energije radi razbijanja kapljica i stvaranja novih, manjih sa većom ukupnom površinom. Veličina čestica dobivenih homogenizatorom je 1 mikron.

Za dobivanje emulzije se koriste homogenizatori koji rade na principu propuštanja materijala kroz otvore malih veličina pod visokim tlakom. Kod ovog postupka dolazi do smanjenja promjera kapljica ulja, pri čemu se stvara stabilna i dobra emulzija. Homogenizatori se često koriste zbog kontinuiranog rada i veče kvalitete, stabilnosti majoneze.

Za homogenizaciju majoneze koristi se koloidni mlin tj. uređaj s konusnim rotorom. Osnovni element koloidnog mlina je rotor koji se okreće uz pomoć elektromotora u konusnom statoru, a razmak između njih je vrlo malen i regulira se mikrovijkom.

Uslijed velikih brzina okretanja rotora i malog razmaka između rotora i statora, materijal se kreće u tankom sloju gdje postoji jaka sila smicanja između dva filma tečenja. Broj okretaja rotora podešava se ovisno o željenoj viskoznosti materijala.



Slika 2. Princip rada uređaja za emulgiranje: a) homogenizator, b) nazubljeni rotirajući disk homogenizatora

Vakuum postupak

Najkvalitetniji postupak izrade majoneze je vakuum postupkom. U ovom postupku se isključuje zrak što mu daje veliku prednost zbog smanjenja pristupa kisika proizvodu. Time se postiže smanjena mogućnost razvoja mikroorganizama, te se sprječava oksidacija ulja. Pri proizvodnji majoneze vakuum postupkom, dobivaju se kapljice ulja manjeg promjera što rezultira postizanjem ujednačenije, homogene emulzije ulje/voda. Jedini nedostatak ovog postupka je cijena uređaja za emulgiranje.

2.2. REOLOŠKA SVOJSTVA

Reologija (grč. reos = otpor i logos = znanost) je znanstvena disciplina koja se bavi proučavanjem deformacija i tečenjem krutih i tekućih materijala podvrgnutih djelovanju sile.

Poznavanje reoloških svojstava hrane od velikog je značaja bilo da se radi o vođenju tehnološkog procesa kod proizvodnje hrane, bilo o postizanju određenih svojstava hrane. Reološka svojstva ispitivanih materijala određuje nastala deformacija, odnosno oblik tečenja. Promjene koje se događaju na materijalu na kojeg djeluje vanjsko naprezanje su deformacija i tečenje. Pod deformacijom se podrazumijeva promjena oblika i dimenzija nekog tijela djelovanjem sile, a pod tečenjem kontinuirana promjena deformacija s vremenom. Reologija kod prehrambenih proizvoda ima primjenu i za definiranje parametara kakvoće (Moslavac, 2006.).

Osnovna reološka svojstva krutih materijala su elastičnost i plastičnost, a tekućih viskoznost. Biološki materijali rijetko pokazuju samo jedno od ovih svojstava, budući da se radi o sustavima složenog sastava. Osim sastava, na reološka svojstva namirnica utječe i cijeli niz čimbenika:

- temperatura,
- koncentracija otopine,
- prisutnost iona ili pH,
- vrijeme smicanja (kod sustava ovisnih o vremenu),
- brzina smicanja,
- uvjeti pripreme i skladištenja uzorka,
- način ispitivanja (Đaković, 1971.).

2.2.1. Deformacije

Elastičnost

Elastičnost je svojstvo materijala da se uslijed deformacije uzrokovane djelovanjem vanjske sile vrati u svoj prvobitni oblik po prestanku djelovanja sile. Kada je naprezanje direktno proporcionalno nastaloj deformaciji kažemo da postoji idealna elastičnost. Taj odnos opisan je Hookeovim zakonom:

$$\delta = E\,\varepsilon$$

δ = naprezanje

E = modul elastičnosti ili Youngov model

ε = nastala deformacija

Plastičnost

Materijal je plastičan ako podliježe trajnoj deformaciji u trenutku kada se postigne određeni prag naprezanja. Prestankom naprezanja materijal zadržava nastalu deformaciju. Namirnice koje imaju svojstvo plastičnosti su sir, margarin i maslac.

Viskoznost

Viskoznost ili unutarnje trenje je svojstvo tekućine da pruža otpor promjenama oblika. Viskozitet je unutarnje trenje, koje nastaje uslijed relativnog gibanja susjednih slojeva tekućine ili plina. Idealno viskozno svojstvo se može objasniti promatranjem ponašanja tekućine između dviju paralelnih ploha koje opisuje Newtonov zakon. Prema Newtonovom zakonu sila unutarnjeg trenja „F“, tj. sila koja se javlja između dva susjedna sloja tekućine koji se kreću različitim brzinama upravno je proporcionalna relativnoj brzini gibanja „u“ i veličini površine dodira „A“ tih slojeva, a obrnuto je proporcionalna razmaku „y“ između slojeva:

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

gdje je:

F – sila unutarnjeg trenja, (N)

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

u – relativna brzina slojeva

y – razmak između slojeva

μ - koeficijent proporcionalnosti, dinamički viskozitet ili koeficijent viskoziteta,

koji ovisi o prirodi tekućine, temperaturi i tlaku, (Pas) ili (Ns/m^2)

Ako razmak „y“ i brzina „u“ nisu veliki, gradijent brzine kroz tekućinu između

slojeva će biti pravac. Pa se može pisati da je:

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

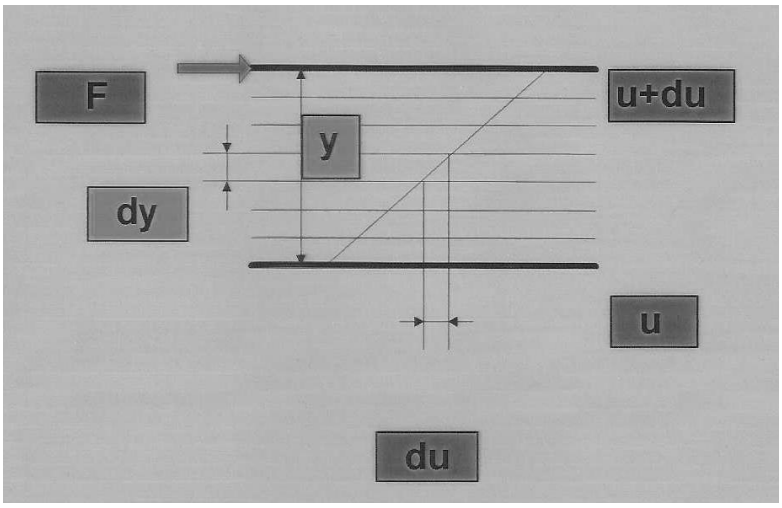
gdje je:

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

D = - $\frac{du}{dy}$ → brzina smicanja ili prirast brzine na jedinicu razmaka između slojeva

ili gradijent brzine, (s^{-1})

Koeficijent viskoziteta „μ“ za konstantnu temperaturu i tlak je konstantan. Tekućine za koje vrijedi navedeni zakon (Newton-ov zakon) nazivaju se Newton-ovske tekućine. Za te tekućine funkcionalna ovisnost τ, -du/dy i μ prikazana grafički je pravac koji prolazi kroz koordinatni početak, a nagib pravca je viskozitet tekućine (Lovrić, 2003.). Primjeri Newtonskih tekućina su: voda, biljna ulja, voćni sokovi, mlijeko i dr.



Slika 3. Prikaz viskoznog ponašanja tekućina

2.2.2. Reološka svojstva tekućih namirnica

Reološko ponašanje ne - Newtonovskih tekućina znatno se razlikuje od ponašanja Newtonskih tekućina. Kod ne - Newtonovskih tekućina viskoznost pri određenim temperaturama i tlaku nije stalna veličina, već se mijenja s promjenom brzine smicanja. Ne-Newtonske tekućine pokazuju laminarno i turbulentno tečenje, pa se razlika između Newtonskih i ne – Newtonskih tekućina može uočiti pri malim brzinama smicanja. Ne - Newtonske tekućine odstupaju od Newton – ovog zakona, a odstupanje se može objasniti različitim utjecajima, kao što je međumolekularno djelovanje (mijenja se sa protjecanjem tekućine), utjecaj koncentracije, veličine i oblika čestica. Kao rezultat utjecaja tih čimbenika dolazi do porasta ili pada viskoznosti sa promjenom brzine smicanja (D). Iz tog razloga se kod

Ne-Newtonskih tekućina govori o prividnom viskozitetu. Reološki parametri koji se koriste za opisivanje reoloških svojstava ne-Newtonskih tekućina su koeficijent konzistencije (k) i indeks tečenja (n). Izraz koji opisuje odnos između smičnog naprezanja i brzine smicanja, odnosno reoloških parametara većine ne – Newtonskih tekućina, određen je tzv. Ostwald-Reinerovim zakonom (Lovrić, 2003.; Moslavac, 1999.)

$$\tau = k \times (-\frac{du}{dy})^n \text{ ili } \tau = k \times D^n$$

τ - smično naprezanje, (Pa)

D – brzina smicanja, (s^{-1})

k – koeficijent konzistencije, (Pas^n)

n – indeks tečenja.

2.2.3. Ujecaj temperature na viskoznost

Temperatura jako utječe na viskoznost prehrambenih materijala, stoga je važno prilikom mjerenja viskoznosti voditi računa o temperaturi. Porast temperature kod većine plinova i tekućina dovodi do smanjenja viskoznosti. Promjena viskoznosti izraženija je kod ne-Newtonovkih tekućina nego kod Newtonovkih kod kojih se viskoznost mijenja 2% za svaki ˚C. Ovisnost viskoznosti o temperaturi izražena je Arrheniusovom jednadžbom:

$$\mu = A \times e^{Ea/RT}$$

A – konstanta,

E_a - energija aktivacije, (kJ/mol)

R – opća plinska konstanta,

T – apsolutna temperatura (K), (Moslavac, 1999.)

2.2.4. Uređaji za mjerenje reoloških svojstava

Danas postoje brojni instrumenti, tj. viskozimetri za mjerenje reoloških svojstava, a nazivamo ih reometrima, jer mjere i neka druga reološka svojstva osim viskoznosti. Današnji uređaji za mjerenje reoloških svojstava su precizni i omogućuju kvalitetno mjerenje. Određivanje reoloških svojstava namirnica najčešće se provodi na dva načina (Lelas, 2006.).

- kapilarnim viskozimetrom,
- rotacijskim viskozimetrom

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Za ispitivanje utjecaja procesnih parametara homogenizacije na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom pulpe dinje provedeno je slijedeće:

1. Određivanje utjecaja brzine rotacije rotora homogenizatora (10 000, 12 000, 15 000 ^{o}/min.) na reološka svojstva salatne majoneze.
2. Određivanje utjecaja vremena trajanja homogenizacije (1, 3, 5 min) na reološka svojstva salatne majoneze.

Mjerenje reoloških svojstava uzoraka salatne majoneze provedeno je na rotacijskom viskozimetru „Rheomat 15T“ s koncentričnim cilindrima pri temperaturama 10˚C i 25˚C na dan proizvodnje. Iz dobivenih podataka izračunati su reološki parametri koeficijent konzistencije, indeks tečenja i prividna viskoznost uzoraka salatne majoneze.

3.2. MATERIJALI I METODE

3.2.1. Materijali

Materijali koji su korišteni za pripremanje uzoraka salatne s dodatkom pulpe dinje majoneze su:

1. Hladno prešano suncokretovo ulje
2. Žumanjak kokošjeg jajeta (svježi)
3. Ocat (alkoholni, 9%)
4. Senf
5. Morska sol
6. Mliječna komponenta (punomasno mlijeko u prahu, Dukat)
7. Vinska kiselina (regulator kiselosti)
8. Ugljikohidrati (glukoza)
9. Voćna komponenta (dinja)
10. Destilirana voda

3.2.2. METODE

Majoneza se priprema na način da se najprije izvažu svi sastojci, te se dio suncokretovog ulja izvaže u čašu od 400 mL, dodaju se svi sastojci osim drugog djela ulja. Zatim sve to miješamo homogenizatorom pri određenoj brzini (10 000 ^{o}/min, 12 000 ^{o}/min, 15 000 ^{o}/min) u trajanju od nekoliko minuta (1, 3 i 5 min), gdje se tijekom prve minute homogeniziranja dodaje ostatak suncokretovog ulja.

Tablica 1. Receptura salatne majoneze. Sadržaj prikazan u %, svi uzorci sadrže 65 % ulja, masa uzorka je 200 g

Sastojak	Udio (%)	Masa pojedinih sastojaka (g)
Suncokretovo ulje	45	90
Rižino ulje	10	20
Ulje kikirikija	10	20
Žumanjak jajeta (svježi)	6	12
Ugljikohidrati (glukoza)	4	8
Alkoholni ocat	4	8
Morska sol	1	2
Senf	1	2
Vinska kiselina	0,1	0,2
Mliječna komponenta	3	6
Voćna komponenta(dinja)	5	10
Voda	10,9	21,8

Salatna majoneza s dodatkom pulpe dinje proizvedena je s laboratorijskim homogenizatorom firme Wiggenhauser, model D-500 (Germany-Malasya) primjenom rotor-stator sustava. Mehanički proces homogenizacije emulzije proveden je na različitim brzinama (10 000, 12 000 i 15 000 ^{o}/min) kod sobne temperature u trajanju od 1, 3 i 5 minuta. Mjerenja reoloških svojstava uzoraka provedena su na rotacijskom viskozimetru s koncentričnim cilindrima i konusnim mjernim tijelima „Rheomat 15T“ pri temperaturama 10°C i 25˚C. Iz dobivenih podataka izračunati su reološki parametri koeficijent konzistencije, indeks tečenja i prividna viskoznost salatne majoneze. Za izračun reoloških parametara primijenjen je Ostwald-Reinerovim zakon. (Lovrić, 2003.)

$$\tau = k \times D^{n}$$

τ – smično naprezanje (Pa)

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

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

n – indeks tečenja

Izračunavanje prividne viskoznosti (μ) provedeno je primjenom izraza:

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

4. REZULTATI

Tablica 2. Utjecaj brzine rotora homogenizatora na reološke parametre salatne majoneze s pulpom dinje izvođene u vremenu 3 min.

Uzorak	μ pri 137,1s^{-1} (Pa.s)	k (Pa.s^n)	n	R^2
	25 °C			
10 000 °/min	1,1713	32,93	0,322	0,99702
12 000 °/min	1,2626	34,384	0,3536	0,99727
15 000 °/min	1,2947	46,276	0,2732	0,98865
	10 °C			
10 000 °/min	1,2008	28,4607	0,3567	0,99737
12 000 °/min	1,2817	36,258	0,3302	0,99214
15 000 °/min	1,6092	47,334	0,3128	0,99634

μ- prividna viskoznost pri brzini smicanja 137,1 (s^{-1})
k – koeficijent konzistencije (Pa.s^n)
n – indeks tečenja (-)
R^2 – koeficijent determinacije

Tablica 3. Utjecaj vremena homogenizacije kod brzine rotora 10 000 ^{o}/min. na reološke parametre salatne majoneze pulpe dinje

Uzorak	μ pri 137,1 s^{-1} (Pa.s)	k ($Pa.s^{n}$)	n	R^2
	25 °C			
1 min	0,9652	24,835	0,340	0,99396
3 min	1,1713	32,93	0,322	0,99702
5 min	1,6902	47,752	0,321	0,99854
	10 °C			
1 min	1,0160	25,887	0,342	0,99084
3 min	1,2008	28,4607	0,3567	0,99737
5 min	1,7655	55,855	0,298	0,99511

μ- prividna viskoznost pri brzini smicanja 137,1 (s^{-1})
k – koeficijent konzistencije ($Pa.s^{n}$)
n – indeks tečenja (-)
R^2 – koeficijent determinacije

Tablica 4. Utjecaj sustava rotor/statora homogenizatora na reološkr parametre salatne majoneze s pulpom dinje izrađene kod brzine rotora 10 000 °/min tijekom 3 min.

Uzorak	μ pri 137,1 s^{-1} (Pa.s)	k ($Pa.s^n$)	n	R^2
	25 °C			
Tip 1	0,9773	25,27	0,339	0,99632
Tip 2	1,1713	32,93	0,322	0,99702
	10 °C			
Tip 1	1,0246	24,13	0,358	0,99717
Tip 2	1,2008	28,46	0,3567	0,99737

Tip1:šifra rotor:SR20,stator S20C

Tip 2: šifra ER30, stator:S30F

μ- prividna viskoznost pri brzini smicanja 137,1 (s^{-1})
k – koeficijent konzistencije ($Pa.s^n$)
n – indeks tečenja (-)
R^2 – koeficijent determinacije

5. RASPRAVA

Utjecaj brzine rotora homogenizatora (10 000, 12 000, 15 000 o/min na reološke parametre salatne majoneze s pulpom dinje izrađene u vremenu 3 min, mjerene pri temperaturama 25°C i 10°C prikazan je u Tablici 2.

Standardni uzorak salatne majoneze izrađen je kod brzine rotora 10 000 o/min, mjerenjem reoloških svojstava i izračunom reoloških parametara dobiveni su rezultati :prividne viskoznosti 1.1713 (Pa.s), konzistencija izražena koeficijentom konzistencije (k) 32.93 ($Pa.s^n$) i indeks tečenja (n) 0.322 mjerene pri 25°C.

Porastom brzine rotora kod izrade majoneze na 12 000 o/min i 15 000 o/min doslo je do porasta prividne viskoznosti i koeficijenta konzistencije te smanjenja indeksa tečenja.

Kod 15 000 o/min prividna viskoznost iznosila je 1,2947 (Pa.s) , konzistencija (k) 46,276 ($Pa.s^n$) i indeks tečenja 0.2732 .

Mjerenjem reoloških svojstava ovih uzoraka salatne majoneze pri 10 °C vidljiva je ista promjena reoloških parametara s porastom primjenjene brzine rotora kod izrade majoneze.

Reološki parametri dobiveni mjerenjem pri 10°C imaju veće vrijednosti u odnosu na mjerenje pri 25°C što je i očekivano jer se prividna viskoznost mjenja s temperaturom.

U tablici 3. prikazan je utjecaj vremena homogenizacije (1, 3, 5 min), kod konstantne brzine rotora 10 000 o/min na reološke marametre salatne majoneze s pulpom dinje , mjereno pri temperaturama 25°C i 10°C.

Salatna majoneza izrađena kod vremena 1 min homogeniziranja ima vrijednost prividne viskoznosti 0.9652 (Pa.s) , koeficijent konzistencije 24.835 ($Pa.s^n$) i indeks tečenja 0.340, mjereno pri 25°C.

Produženjem vremena homogenizacije kod izrade majoneze s 1 min na 3 i 5 min zapaža se porast reoloških parametara prividne viskoznosti i koeficijenta konzistencije, a smanjenje indeksa tečenja.

Veća prividna viskoznost (1.6902 Pa.s) i konzistencija (47.752 $Pa.s^n$), a manji indeks tečenja (0.321) dobiveni su kod izrade tijekom 5 minuta komogenizacije uzorka majoneze, mjereno pri 25°C.

Izračunom reoloških parametara ovih uzoraka majoneze mjerene pri 10° ostvarena je ista pojava promjene reoloških svojstava (porastom vremena homogenizacije povečavaju se viskoznost i konzistencija majoneze).

Utjecaj sustava rotor/stator homogenizatora (Tip 1, Tip 2) na reološke parametre salatne majoneze s pulpom dinje izrađene kod brzine rotora 10 o/min tijekom 3 minute, a mjereno pri temperaturama 25°C i 10°C, prikazan je u tablici 4.

Izradom salatne majoneze s pulpom dinje primjenom sustava rotor/stator Tip 1 dobivena je prividna viskoznost 0.9773 (Pa.s) , koeficijent konzistencije (k) 25.27 ($Pa.s^n$) i indeks tečenja 0.339, mjereno pri 25°C.

Primjenom sustava rotor / stator Tip 2 dobivena je salatna majoneza s pulpom dinje koja ima veće vrijednosti prividne viskoznosti 1.1713 (Pa.s) i koeficijent konzistencije 32.93 ($Pa.s^n$), a manji indeks tečenja 0.322 u odnosu na primjenu sustava rotor/stator Tip 1 pri 25°C. Razlog tome jeprofil tj. oblik rotora i statora Tipa 2koji ima veći broj kanalića (prolaza) za efikasnije usitnjavanje kapljica ulja(manji promjer- veći broj).

Ispitivanjem reoloških svojstaba ovih uzoraka majoneze pri temperaturi 10°C zapažena je ista promjena reoloških parametara. Dakle, primjenom Tipa 2 rotor/stator sustava za homogenizaciju dobivaju se veće vrijednosti parametara u odnosu na Tip 1.

6. ZAKLJUČCI

Na osnovu rezultata istraživanja u ovom završnom radu dobiveni su sljedeci zaključci:

1.) Brzina rotora homogenizatora utječe na reološka svojsttva i reološke parametre salatne majoneze s dodatkom pulpe dinje

2.) Porastom brzine rotora s 10 000 na 12 000 i 15 000 o/min povečava se prividna viskoznost konzistencije salatne majoneze s pulpom dinje mrjeneno pri 25°C i 10 °C.

3.) Vrijeme trajanja homogenizacije, kod konstanten brzine rotora 10 000 o/ min, utječe na reološka svojstva i reološke parametre salatne majoneze s pulpom dinje.

4.) Produženjem vremena homogenizacije sa 1 min na 3 i 5 min povečava se prividna viskoznost i konzistencija majoneze, a snižava vrijednost indeksa tečenja, mjereno pri 25°C i 10°C.

5.) Primjenom sustava rotor/ stator (Tip 1 , Tip 2) homogenizatora kod izrade salatne majoneze s pulpom dinje utječe na reološka svojstva izražena reološkim parametrima

6.) Sustavom rotor/ stator Tip 2 kod izrade majoneze postiže se veće usitnjavanje kapljica ulja u kontinuiranoj vodenoj fazi emulzije ulje-voda što rezultira većom prividnom viskoznošću i konzistencijom majoneze u odnosu na sustav Tip 1.

7. LITERATURA

Castellani O., Belhomme C., David-Briand E., Guerin- Dubiard C., Anton M.: Oil-in-water emulsion properties and interfacial characteristics of hen egg yolk phosvitin. Food Hydrocolloids 20, 35-43., 2006.

Đaković Lj.: Koloidna kemija, Tehnički fakultet, Novi Sad, 363-387, 1985.

Đaković M. Lj.: Reološko ponašanje koncentrovanih sistema, BIGZ, Beograd, 282-314, 1971.

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

Guilmineau F., Kulozik U.: Influence of a thermal treatment on the functionality of hens egg yolk in mayonnaise. J. Food Eng. 78, 648-654, 2007.

Lelas V. : *Prehrambeno inžinjerstvo 1*, Tehnička knjiga Zagreb, 2006.

Lovrić T.: Procesi u prehrambenoj industriji s osnovama prehrambenog inžinjerstva, Hinus, Zagreb, 2003.

Mandić M.: Znanost o prehrani, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, 2007.

Moslavac B.: Utjecaj dodataka na reološka svojstva i stabilnost voćnih jogurta, diplomski rad, Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek, 2006.

Moslavac T. (magistarski rad): Promjene reoloških svojstava kaše jabuke pri hlađenju, magistarski rad, Zagreb, 1999.

Pravilnik o temeljnim zahtjevima za jestiva ulja i masti, margarine i njima sličnim proizvodima, majoneze, umake, preljeve salate i ostale proizvode na bazi jestivih ulja i masti. Narodne novine 39/99, 1999.

Štern P., Valentova H., Pokorny J.: Rheological properties and sensory texture of mayonnaise. European Journal od Lipid Science and Technology 103, 23-28, 2001.

Wendin K., Hall G.: Influences of fat, thickener and emulsifier contents on salad dressing: static and dynamic sensory and rheological analyses. Lebensm.-Wiss. U.-Technol. 34. 222-233., 2001.

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