

Reološke karakteristike majoneze s pulpom manga proizvedene rotor-stator sustavom homogenizacije

Zlosa, Tihana

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

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:109:360650>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-04**

REPOZITORIJ

PTF OS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

PREHRAMBENO – TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

Tihana Zlosa

Reološke karakteristike majoneze s pulpom manga proizvedene
rotor-stator sustavom homogenizacije

završni rad

Osijek, 2015.

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

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

Završni rad

**REOLOŠKE KARAKTERISTIKE MAJONEZE S PULPOM MANGA
PROIZVEDENE ROTOR-STATOR SUSTAVOM HOMOGENIZACIJE**

Tehnologija prerade sirovina biljnog podrijetla II

Predmetni nastavnik: izv. prof. dr. sc. Tihomir Moslavac

Student: Tihana Zlosa (MB:3682/ 12)

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

Predano (datum):

Pregledano (datum):

Ocjena:

Potpis mentora:

Reološke karakteristike majoneze s pulpom manga proizvedene rotor-stator sustavom homogenizacije

Sažetak

Majoneza je kremasti umak, stabilna emulzija ulje-voda, a sastoji se od dva osnovna sastojka ulja i žumanjka jajeta. Smjesa se može začiniti octom, senfom, soli, limunskom kiselinom. Emulzija nastaje miješanjem dviju tekućina, vodene faze i ulja. Da bi se postigla željena svojstva majoneze, kemijska, fizikalna i senzorska te stabilnost tijekom skladištenja potrebno je poznavati reološka svojstva. Svrha rada je ispitati utjecaj žumanjka jajeta kokoši, mliječne komponente i vrste ugljikohidrata na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom pulpe manga. Korišten je svježi i pasterizirani žumanjak te cijelo jaje u prahu. Mliječne komponente su upotrijebljene u obliku sirutke u prahu, punomasno mlijeko u prahu i obrano mlijeko u prahu. Vrste korištenih ugljikohidrata su glukoza, saharoza i maltodekstrin. Homogenizacija se provodila pri brzini od 10 000 o/min tijekom 3 min. Salatna majoneza sadrži rafinirano suncokretovo ulje (65%⁹). Temperatura na kojima su provedena mjerenja reoloških svojstava je 25°C. Na temelju izračunatih vrijednosti mjerenja dobiveni su reološki parametri: koeficijent konzistencije, indeks tečenja i prividna viskoznost. Rezultati prikazuju da se promjenom komponenata majoneze utječe na njena reološka svojstva. Veće vrijednosti reoloških parametara salatne majoneze dobivene su primjenom punomasnog mlijeka u prahu, cijelog jajeta u prahu i maltodekstrina

Ključne riječi: majoneza, reološka svojstva, žumanjak, mliječne komponente, ugljikohidrati

Rheological properties of mayonnaise with addition of mango pulp produced with rotor-stator homogenization

Summary

Mayonnaise is a creamy sauce, stable oil-water emulsion, consisted of two basic ingredients of oil and egg yolk. The mixture can be seasoned with vinegar, mustard, salt, citric acid. The emulsion is formed by mixing two liquids, oil and water. To achieve properties of mayonnaise, chemical, physical and organoleptic stability during storage it is important to understand rheological properties. The purpose of this paper is to examine the effect of hen egg yolk, milk components and types of carbohydrates on rheological properties salad mayonnaise with adding of mango pulp. It is used fresh and pasteurized egg yolk and whole egg powder. Dairy components are used in the form of whey powder, whole milk powder and skimmed milk powder. Used carbs are glucose, sucrose and maltodextrin. The homogenization is performed at speed of 10 000 r / min for 3 min. Salad mayonnaise contains refined sunflower oil (65%). The temperature during measuring rheological properties was 25 ° C. Based on the calculated values obtained by measuring the rheological parameters: consistency coefficient, flow behavior index and apparent viscosity. The results show that by changing the components of mayonnaise affects its rheological properties. The higher values of rheological parameters salad mayonnaise were obtained by using whole milk in powder, whole egg powder and maltodextrin.

Keywords: mayonnaise, rheological properties, egg yolk, milk components, carbohydrates

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	3
2.1. EMULZIJE	4
2.2. KOMPONENTE MAJONEZE	6
2.3. TEHNOLOŠKI POSTUPAK DOBIVANJA MAJONEZE	12
2.3.1. Dobivanje majoneze pomoću homogenizatora ili koloidnog mlina.....	13
2.3.3. Dobivanje majoneze vakuum postupkom.....	13
2.4. REOLOGIJA I REOLOŠKA SVOJSTVA.....	13
2.4.1. Deformacije	14
2.4.2. Reološka svojstva tekućih namirnica.....	16
2.4.3. Utjecaj temperature na viskoznost	17
2.4.4. Instrumenti za mjerenje reoloških svojstava	17
3. EKSPERIMENTALNI DIO.....	18
3.1. ZADATAK.....	19
3.2. MATERIJALI I METODE.....	19
3.2.1. Materijali	19
3.2.2. Metode	20
4. REZULTATI.....	22
5. RASPRAVA.....	25
6. ZAKLJUČCI	28
7. LITERATURA	30

1.UVOD

Majoneza je stabilna emulzija koja se sastoji od dviju tekućina koje se ne miješaju. Miješanje tekućina postiže se uporabom mehaničke sile. Sastoji se od ulja, žumanjka, octa, soli, senfa, limunske kiseline i različitih začina. Osnovne komponente su žumanjak i biljno ulje, od kojih žumanjak utječe na stabilnost majoneze, a ulje poboljšava njena senzorska i prehrambena svojstva. Najvažniji dio kod proizvodnje majoneze je pasterizacija kojom se uklanja opasnost trovanja salmonelom. Poznavanje reoloških svojstva hrane bitno je radi postizanja stabilnih svojstava namirnice i definiranja parametara kakvoće. Reološki čimbenici djeluju na organoleptička svojstva, procese proizvodnje, uvjete skladištenja itd.

Postupak homogeniziranja i dispergiranost kapljica biljnog ulja u vodenoj kontinuiranoj fazi, žumanjak jajeta (Guilmineau i Kulozik, 2007.) i ugljikohidrati utječu na viskoznost, stabilnost i kvalitetu majoneze. Mehaničkim procesom homogenizacije kapljice ulja se dispergiraju u vodenoj fazi octa, a povećana stabilizacija emulzije ulje/voda se postiže uz pomoć prirodnog emulgatora iz žumanjaka jajeta (Castellani i sur., 2006).

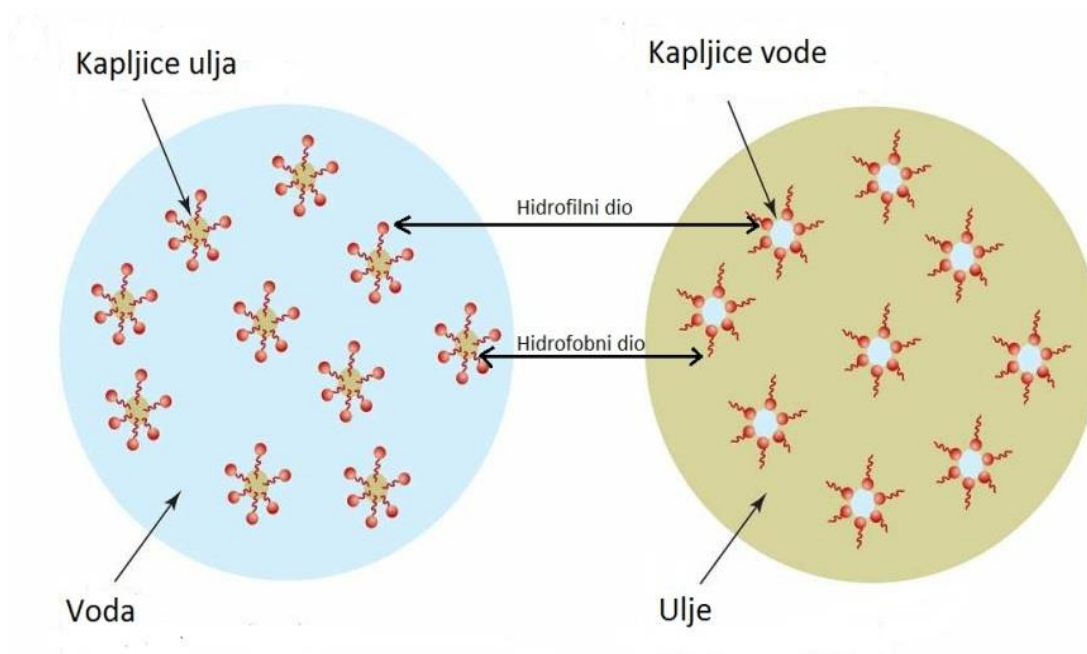
2. TEORIJSKI DIO

2.1. EMULZIJE

Emulzije su stabilne suspenzije dviju tekućina koje se ne miješaju, kapljice disperzne faze obavijene su kontinuiranom fazom. Te dvije faze na dodirnoj površini tvore tanak sloj. Molekule ulja na dodirnoj površini s vodom okružene su drugim molekulama ulja koje ih privlače u unutrašnjost. Privlačenje između molekula vode i molekula ulja je znatno manje od privlačenja molekula ulja što uzrokuje stvaranje dodirnog sloja. Emulgatori smanjuju površinsku napetost na dodirnim plohama omogućavajući miješanje tekućina. Tako utječu na stabilnost emulzija, sprječavaju međusobno spajanje uljnih i vodenih kapljica u veće. Osim toga, stabilnost ovisi o veličini udjela disperzne faze, viskoznim svojstvima kontinuirane faze te razlici gustoća između dviju faza.

S obzirom na veličinu kapljica faza, emulzije možemo podijeliti u makro i mikro emulzije. Mikroemulzije sadrže čestice promjera 0,01-0,05 μm , a makroemulzije 0,5-100 μm . Viskoznost emulzija smanjuje se s povećanjem promjera kapljica.

Emulzije mogu biti dužeg i kraćeg trajanja. Kratkotrajne emulzije nisu od velike važnosti za prehrambenu industriju. Postojanost i stabilnost emulzija postiže se primjenom emulgatora.



Slika 1. Emulzija voda/ulje i emulzija ulje/voda

Maslac i mlijeko posjeduju iste faze (voda i mliječna masti), ali se razlikuju po strukturi i konzistenciji. Prema tome imamo dva tipa emulzije:

1. Voda u ulju- kapljice vode dispergirane su u uljnoj kontinuiranoj fazi (npr. margarin i maslac)
2. Ulje u vodi- kapljice ulja dispergirane su u vodenoj kontinuiranoj fazi (npr. vrhnje, sladoled, majoneza, mlijeko)

2.1.1. Emulzija ulje- voda

Stabilnost sustava emulzije u kojem je uljna faza (kapljice ulja) raspršena u vodenoj kontinuiranoj fazi određena je različitim čimbenicima:

- Stupnjem razdjeljenja unutarnje faze
- Kvalitetom graničnih površinskih filmova
- Viskoznosti vanjske faze
- Odnosom volumena faza
- Specifičnom masom faza

Razlikujemo tri tipa majoneze koje se stavljaju na tržište ovisno o udjelu biljnog ulja:

1. Majoneza
2. Lagana majoneza
3. Salatna majoneza

1. Majoneza

Zahtjevi koje mora udovoljavati prije stavljanja na tržište su:

- Udio jestivog biljnog ulja mora biti najmanje 75%
- Udio žumanjka mora biti najmanje 6%
- Mora biti karakteristične boje, mirisa i okusa, te mora biti bez užeglog i stranog mirisa i okusa

2. Lagana majoneza

Zahtjevi koje mora udovoljavati prije stavljanja na tržište su:

- Udio jestivog biljnog ulja može biti najviše 50%
- Mora biti karakteristične boje, mirisa i okusa, te mora biti bez užeglog i stranog mirisa i okusa

Lagana majoneza može se proizvoditi i bez žumanjka jajeta.

3. Salatna majoneza

Zahtjevi koje mora udovoljavati prije stavljanja na tržište su:

- Udio jestivog biljnog ulja mora biti najmanje 50%
- Udio žumanjka mora biti najmanje 3,5%
- Mora biti karakteristične boje, mirisa i okusa, te mora biti bez užeglog i stranog mirisa i okusa

Salatne majoneze sastoje se od rafiniranog biljnog ulja, organske kiseline (najčešće octene), sa ili bez jaja i dodacima.

2.2. KOMPONENTE MAJONEZE

Majoneza je hladni umak koji se sastoji od jestivog biljnog ulja, žumanjka, organske kiseline (najčešće octene), ugljikohidrata, soli, senfa, aditiva, te začina.

Jestivo biljno ulje

Ulja predstavljaju nepolarne i lipofilne tekućine dobivene iz plodova i sjemenki različitih uljarica, a sastoje se od triglicerida masnih kiselina. Mogu sadržavati i neznatne količine drugih lipida kao što su fosfolipidi, voskovi, neosapunjive tvari, mono- i digliceridi i slobodne masne kiseline (NN 41/12). Sjemenke uljarica se čiste, suše, ljušte, melju, prešaju, te se proizvodi sirovo ulje. Također se ekstrakcijom s organskim otapalom izdvajaju željene lipidne komponente iz pripremljene uljarice. Procesom rafinacije sirovog ulja uklanjaju se nepoželjni negliceridni sastojci neki od njih su fosfolipidi, peroksidi, pesticidi, voskovi, tragovi metala i

drugi. Sirovo ulje sadrži znatne količine slobodnih masnih kiselina koje se uklanjaju neutralizacijom. Bijeljenje se primjenjuje radi uklanjanja pigmenata i dobivanje karakteristične svjetlije boje ulja, a neugodan miris i okus uklanja se dezodorizacijom.

Podjela jestivih biljnih ulja prema Pravilniku o jestivim uljima i mastima NN 41/12:

- Hladno prešano ulje
- Nerafinirano ulje
- Rafinirano ulje

Hladno prešano ulje dobiva se prešanjem sirovina na temperaturi do 50°C. Postupak čišćenja sirovog ulja može se provesti pranjem vodom, dekantiranjem, centrifugiranjem i filtriranjem.

Nerafinirano ulje dobiva se mehaničkim postupcima iz sirovina, prešanjem uz primjenu topline. Primjenjuju se postupci čišćenja kao i kod hladnog prešanog ulja.

Hladno prešano i nerafinirano ulje koje se stavlja na tržište mora odgovarati sljedećim zahtjevima:

- moraju biti karakteristične boje,
- miris i okus mora biti karakterističan vrsti sjemena ili plodova, bez prisutstva užeglog i stranog mirisa i okusa,
- ne sadrže više od 2 % slobodih masnih kiselina (izraženih kao oleinska kiselina)
- peroksidni broj nije veći od 7 mmol O₂/kg ulja,
- sadrže najviše 0,4 % vode i tvari hlapljivih na temperaturi od 105 °C,
- sadrže najviše 0,1 % netopljivih nečistoća,
- da hladno prešana ulja ne sadrže više od 0,15 mg/kg stigmastadiena.

Rafinirana ulja dobivaju se postupkom rafinacije jedne ili više vrsta sirovih biljnih ulja. Takva ulja moraju ispunjavati ove zahtjeve:

- na 20 °C da su tekuća, bistra, karakteristične boje,
- neutralnog do karakterističnog mirisa i okusa, bez stranog i užeglog mirisa i okusa,
- ne smiju sadržavati više od 0,3 % slobodih masnih kiselina (izraženih kao oleinska kiselina),

- peroksidni broj ne smije biti veći od 5 mmol O₂/kg ulja,
- sadrže vode i tvari hlapljivih najviše 0,2% na temperaturi od 105 °C.

Jestivim rafiniranim uljima mogu se dodavati začini i/ili ekstrakti začina, pri čemu se mora navesti naziv začina. Na deklaraciji treba biti istaknut naziv proizvoda- rafinirano jestivo biljno ulje.

Prilikom izrade majoneze biljno ulje je u doticaju sa zrakom, vodom i svjetlosti. Zbog tih uvjeta ulje podliježe oksidaciji i užglosti kao vrsti kvarenja.

Jaja

Jaja su sastojci majoneze iznimne biološke vrijednosti i hranjivosti. Bogata su mastima i bjelančevinama koje sadrže sve bitne amino kiseline. Bjelanjak sadrži najviše ovoalbumina (70%), ovoglobulina, ovomicina te ovomukoida. Bogata su vitaminima A, E, K, B12, riboflavinom i folnom kiselinom. Boja žumanjka varira od žute do narančaste, a ovisi o sadržaju karotenoida. U promet se stavljaju kao svježa jaja ili kao proizvodi od jaja. Pod nazivom „jaja“ na tržište se stavljaju samo kokošja jaja, ostala jaja moraju imati oznaku podrijetla.

Jaja se klasificiraju prema svježini i načinu konzerviranja (svježa jaja, jaja iz hladnjače, konzervirana jaja i defektna jaja) te prema kvaliteti svježih jaja. Svježina jaja se ispituje organoleptičkim postupkom prosvjetljavanja, određivanjem specifične mase ili potapanjem jaja u 12%-tnoj vodenoj otopini kuhinjske soli.

Jaja za tržište se sortiraju po težini u klase:

SU (super) jaja mase od 70 g

S (Sofija) jaja mase od 65 do 70 g

A (Ana) jaja mase od 60 do 65 g

B (Berta) jaja mase od 55 do 60 g

C (Cezar) jaja mase od 50 do 55 g

D (Dora) jaja mase od 45 do 50 g

E (Emil) jaja mase od 40 do 45 g

Žumanjak i bjelanjak jajeta predstavljaju prirodnu emulziju ulje-voda. Žumanjak sadrži prirodne emulgatore; ovovitelin, lecitin i kolesterol.

Jaja u prahu proizvode se sušenjem cijelog sadržaja jajeta ili sušenjem žumanjka, odnosno bjelanjka. Prah je žute boje, ugodnog mirisa i okusa, a omjer bjelančevina i masti je približno 1:1 (Trajković, 1983.).

Ocat

Ocat je začín dobiven mikrobiološkim postupkom iz šećernih sirovina. Osnovni sastojak je octena kiselina koja se u prehrambenoj industriji primjenjuje kao konzervans, aditiv i podešivač pH. Ocat se proizvodi mikrobnom oksidacijom etanola primjenom bakterija octene kiseline. Proizvodnja se odvija u acetatoru. Sirovi ocat je oštrog, neugodnog mirisa i okusa. Dozrijevanjem octa troši se etanol i razvija se aroma octa. Razlikuje se prema namirnici od koje se radi, aromatičnom bilju i stupnju kiselosti. Prema alkoholnoj sirovini može biti alkoholni, vinski, voćni, sladni, medni, rižin te aromatizirani (češnjak, cimet...). Zbog svojih antiseptičkih svojstava može spriječiti kvarenje majoneze.

Ugljikohidrati

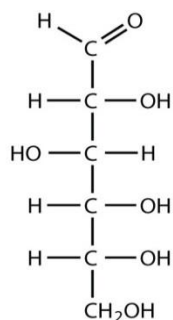
Ugljikohidrati su makromolekule izgrađene od ugljikovih, vodikovih i kisikovih atoma. Podjela ugljikohidrata se temelji na njihovoj veličini i topljivosti. Jednostavni šećeri su monosaharidi, a složeni disaharidi, polisaharidi i oligosaharidi. Služe kao spremište energije (škrob i glikogen) i kao preteče za izgradnju drugih biomolekula (aminokiselina, lipida...). Ugljikohidrati djeluju kao krioprotektanti i štite proizvod od dehidratacije koja mijenja fizikalna i kemijska svojstva namirnice.

Prema kvaliteti šećer se u promet stavlja kao:

- rafinirani
- konzumni bijeli

Glukoza

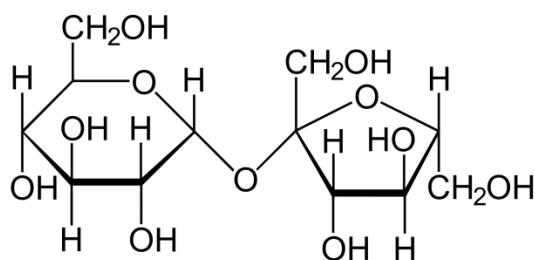
Najrasprostranjeniji monosaharid u prirodi, izvor energije kod biljaka i životinja. Nastaje procesom fotosinteze, a pohranjuje se u polimernom obliku kao škrob. Hidrolizom škrob nastaje glukoza koja se u stanicama razgrađuje na ugljikov dioksid.



Slika 2. D-glukoza

Saharoza

Disaharid, glukoze i fruktoze međusobno povezane glikozidnom vezom. Slatka, bijela, kristalična tvar koja se dobiva iz šećerne trske i šećerne repe. Kiselinskom ili enzimskom hidrolizom saharoza se razgrađuje na glukozu i fruktozu; invertni šećer. Za proizvodnju prehrambenih proizvoda koristi se saharoza u tekućem obliku, a ne kristalna.



Slika 3. Saharoza

Maltodekstrini

Polimer ugljikohidrata izgrađen od jedinica glukoze. Sirovine za proizvodnju maltodekstrina su kukuruzni i krumpirov škrob. Koriste se kao poboljšivači arome, za postizanje volumena, sprječavaju kristalizaciju idr. Suše se raspršivanjem, pa se u obliku praha dodaju proizvodima.

Sirutka u prahu

Sporedni produkt koagulacije kazeina, a sadrži visoko vrijedne proteine, minerale i vitamine, od ugljikohidrata najviše je zastupljena laktoza te se njenom upotrebom smanjuje potreba za drugim zaslađivačima. Proteini sirutke primjenjuju se u proizvodnji mliječnih deserata. Posjeduju svojstvo želiranja, te pozitivno utječu na funkcionalna i nutritivna svojstva hrane. Sirutka u prahu dobiva se uklanjanjem vode iz svježe sirutke. Sušenje se provodi na valjcima ili postupkom raspršivanja. Krajnji produkt ima konzistenciju fitnog praha bez grudica. Punomasno i obrano mlijeko u prahu bijele su boje sa žućkastom nijansom, skladištenjem u nepovoljnim uvjetima boja se mijenja. Ukoliko je sadržaj vode u sirutci povećan promjenit će se miris i okus sirutke zbog oksidacije masti. Pakira se u ambalažu nepropusnu na vodu.

Hidrokoloidi

Hidrokoloidi su visokomolekularni polimeri iz grupe ugljikohidrata koji se dispergiraju u otopinama. U prehrambenim proizvodima sprječavaju sinerezu, povećavaju viskoznost i stabilnost emulzija, pjena i suspenzija. Njihova prisutnost ne utječe na nutritivnu vrijednost i senzorska svojstva. Zbog slabijih lipofilnih i hidrofilnih svojstava ne mogu u potpunosti zamijeniti emulgatore. Najvažniji hidrokoloidi koji se koriste za ugušćivanje su ksantan, karboksimetil celuloza, metil celuloza i hidroksipropil metil celuloza. Za želiranje primjenjuje se želatina, agar, alginati, kapa karagen i slični.

Emulgatori

Molekule emulgatora sadrže lipofilne i hidrofilne krajeve. Zbog svojeg hidrofobnog-hidrofilnog karaktera vežu se s molekulama vodene faze i uljne faze. Dodaju se u emulzije radi smanjenja površinske napetosti između faza čime se smanjuje potreban rad i olakšava emulgiranje.

2.3.1. Dobivanje majoneze pomoću homogenizatora ili koloidnog mlina

Primjenom koloidnih mlinova čestice u suspenzijama se usitnjavaju do koloidnih dimenzija. Smjesa dviju tekućina prolazi između dva diska koji brzo rotiraju. Smicanje se postiže okretanjem rotora brzinom 1000- 20 000 okretaja u minuti, unutar statora, razmaknutih 0,02 mm (Lovrić, 2003.). Najčešći tip koloidnog mlina je disk mlin koji se primjenjuje za izvođenje tehnoloških operacije kao što je homogeniziranje, emulgiranje i suspenziranje.

Razbijanjem čestica ulja smanjuje se njihov promjer, a povećava se dodirna površina. Predmikserom stvara se smjesa žumanjka, dio octa, začina i ulja. Na kraju se dodaje ostatak octa, a stabilna emulzija se propušta kroz homogenizator ili koloidni mlin.

2.3.2. Dobivanje majoneze pomoću miksera

Dobivanje majoneze pomoću miksera je jedan od najstarijih načina proizvodnje. Za proizvodnju primjenjuju se uređaji s vertikalnom miješalicom i velikom brzinom okretanja. Najprije se homogeniziraju žumanjci, zatim se dodaje dio octa. Ulje se dodaje postupno u malim dozama. Brzina miksera se smanjuje pri dodatku preostalog octa. Postupak se provodi na temperaturi od 20°C.

2.3.3. Dobivanje majoneze vakuum postupkom

Vakuum postupkom dobivaju se proizvodi majoneze najbolje kvalitete. Ovim postupkom ne dolazi do kontakta sa zrakom što sprječava razvoj mikroorganizama i procese oksidacije ulja prilikom skladištenja majoneze. Emulgiranje pod vakuum uvjetima daje homogeniju emulziju, samim time je postupak skuplji, pa se primjenjuju homogenizatori ili koloidni mlin.

2.4. REOLOGIJA I REOLOŠKA SVOJSTVA

Proučavanjem deformacija i tečenja krutih i tekućih materijala podvrgnutih djelovanju sile bavi se znanost reologija. Reološka svojstva ubrajaju se u fizička svojstva materijala, a ta

svojstva mogu biti; mehanička, reološka i termofizička svojstva, svojstva difuzije te električka i optička svojstva (Lelas, 2006.). Reologija krutih materijala određena je svojstvima elastičnosti i plastičnosti, a tekućih materijala sa viskoznosti. Pojedini sustavi mogu pokazivati svojstva tekućih i krutih materijala pa se takvi sustavi nazivaju viskoelastičnima (Lovrić, 2003.). Uslijed djelovanja sila u sustavima može doći do reakcija između čestica. Kada sile prestanu djelovati na materijal kod kojeg se javljaju elastične deformacije, molekule se vraćaju u početni položaj. Kod plastičnih deformacija materijal zadržava oblik postignut djelovanjem sile, nema vraćanja u prvobitno stanje.

2.4.1. Deformacije

Elastičnost

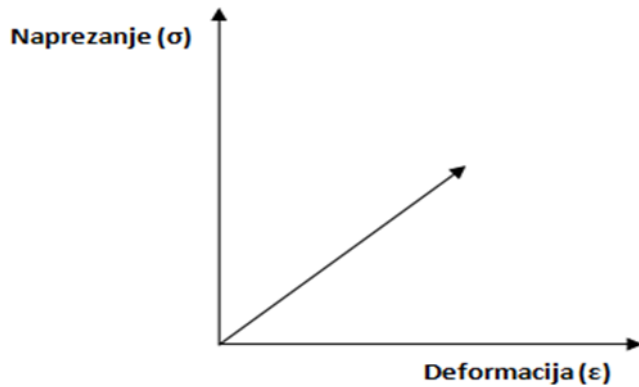
Elastičnost je svojstvo čvrstih materijala da pod djelovanjem sile mijenjaju oblik ili volumen. Prestankom djelovanja sile, tijela se vraćaju u prvobitni oblik. Idealno elastično ponašanje postoji kada je sila napreznja direktno proporcionalna deformaciji koja nastaje kao rezultat djelovanja sile napreznja (Pozderović, 2011.). Hookeov zakon opisuje povezanost između napreznja i deformacije tijela;

$$\sigma = E \times \varepsilon$$

σ - napreznje

E- modul elastičnosti (Youngov model)

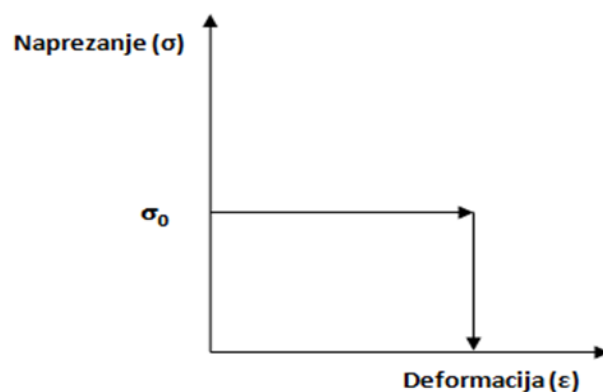
ε - deformacija



Slika 5. Elastično naprezanje materijala

Plastičnost

Materijal je plastičan ako u trenutku postizanja određenog praga naprezanja podliježe trajnoj deformaciji. Kada se postigne prag naprezanja (σ_0) dolazi do deformacije koja se povećava sve dok ono traje. Prestankom djelovanja sile materijal zadržava nastalu deformaciju (Pozderović, 2011.). Proizvodi koji imaju plastična svojstva su sir, margarin, maslac i slični.



Slika 6. Plastično ponašanje materijala

Viskoznost

Viskoznost ili unutarnje trenje je svojstvo kapljevine i plinova da pružaju otpor prilikom kretanja. Deformacija nastala pod utjecaj djelovanja sile može se izraziti kao gradijent brzine između dviju ploha:

$$\tau = \mu \times (du/dy) = \mu \times \gamma$$

τ - smično naprezanje (Pa)

μ - koeficijent viskoznosti (Pas), ovisi o prirodi tekućine, temperaturi i tlaku

γ - brzina smicanja (1/s)

Viskoznost se može opisati Newtonov-im zakonom. Sila unutarnjeg trenja F , kreće se različitim brzinama koja je proporcionalna relativnoj brzini gibanja u te dodirnoj površini A slojeva, a obrnuto je proporcionalna razmaku y između slojeva.

$$F = \mu A \times u / y$$

F - sila unutarnjeg trenja (N)

A - površina između slojeva (m^2)

u - relativna brzina slojeva

y - razmak između slojeva

Sustavi između kojih postoji linearan odnos između smičnog naprezanja i brzine smicanja su Newtonski sustavi, a konstanta proporcionalnosti naziva se koeficijent viskoznosti (Lovrić 2003.).

2.4.2. Reološka svojstva tekućih namirnica

Newtonovske tekućine su one kod kojih viskoznost nije stalna i mijenja se promjenom smične brzine. Kod takvih tekućina određuje se prividna viskoznost, u nekim slučajevima ona ovisi i o vremenu. Newtonovske tekućine se dijele na vremenski nezavisne kapljevine i vremenski zavisne kapljevina, a opisuju ih reološki parametri indeks tečenja (n) i koeficijent konzistencije (k).

2.4.3. Utjecaj temperature na viskoznost

Prilikom određivanja viskoznosti potrebno je temperaturu održavati konstantnom. Porastom temperature kod plinova viskoznost se povećava, dok kod kapljevine ima obrnuti učinak. Utječe na reološki karakter materijala (Lelas, 2006.).

2.4.4. Instrumenti za mjerenje reoloških svojstava

Mjerenje reoloških svojstava provodi se reometrima ili viskozimetrima. Zbog svoje preciznosti najčešće se koriste kapilarni i rotacijski viskozimetri.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1. ZADATAK

Da bi se dokazao utjecaj ugljikohidrata, žumanjka jajeta i mliječne komponente na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom pulpe manga provedeno je sljedeće:

- Određivanje utjecaja vrste ugljikohidrata (saharoza, glukoza, maltodekstrin) na reološka svojstva salatne majoneze.
- Određivanje utjecaja svježeg, pasteriziranog žumanjka i cijelog jajeta u prahu na reološka svojstva.
- Određivanje utjecaja mliječne komponente (punomasno mlijeko u prahu, obrano mlijeko u prahu, sirutka u prahu) na reološka svojstva.

Reološka svojstva mjerena su na rotacijskom viskozimetru s koncentričnim cilindrima. Mjerenje je provedeno na temperaturi od 25°C. Na temelju očitanih podataka matematički su izračunate vrijednosti reoloških parametara koeficijenta konzistencije, prividne viskoznosti i indeksa tečenja salatne majoneze.

3.2. MATERIJALI I METODE

3.2.1. Materijali

Za pripremu salatne majoneze s pulpom manga korišteno je:

1. Rafinirano suncokretovo ulje (Villa di olio, Njemačka)
2. Ugljikohidrati (saharoza, glukoza, maltodekstrin)
3. Alkoholni ocat (Kisko badel)
4. Žumanjak kokošjeg jajeta (svježi, pasterizirani, cijelo jaje u prahu (Elcon))
5. Morska sol
6. Destilirana voda
7. Senf (Estragon Podravka)

8. Mliječna komponenta (Sirutka u prahu (Zdenka), obrano mlijeko u prahu (Dukat), punomasno mlijeko u prahu (Dukat))

9. Mango (voćni plod, napravljena pulpa)

10. Vinska kiselina (regulator kiselosti)

3.2.2. Metode

Sastojci salatne majoneze najprije se prirede i važu. Žumanjak se pasteurizira pri temperaturi 68°C u trajanju od 10 minuta, uništava se Salmonella, ali preživljavaju mikroorganizmi koji su otporniji na više temperature. Rafinirano suncokretovo ulje se izvaže u čašu a zatim se dodaju ostali izvagani sastojci. Homogenizacija se provodi sa laboratorijskim homogenizatorom model D-500 (Njemačka) kod brzine rotora 10 000 o/min. u trajanju 3 min. Koristi se sustav rotor/stator (rotor tip RS 20, stator tip S 20 C). Ostatak ulja se dodaje postepeno. Reološka svojstva očitana su na rotacijskom viskozimetru „Rheomat 15T“ s koncentričnim cilindrima pri temperaturi 25°C.

Uzorci salatne majoneze pripremljeni su u količini od 200 g.

Na temelju dobivenih eksperimentalnih podataka mjerenja reoloških svojstava salatne majoneze s dodatkom pulpe manga matematički su izračunati reološki parametri koeficijent konzistencije, prividna viskoznosti i indeks tečenja uzorka.

Ispitivani reološki parametri salatne majoneze prikazani su kao:

k- koeficijent konzistencije (Pa.sⁿ)

n- indeks tečenja (-)

μ- prividna viskoznost (Pa.s)

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

D- brzina smicanja (s⁻¹)

Tablica 1. Receptura za izradu salatne majoneze (standardni uzorak)

Sastojci	%
Suncokretovo ulje (rafinirano)	65
Maltodekstrin	4
Ocat	4
Žumanjak	6
Morska sol	1
Voda	10,9
Senf	1
Sirutka u prahu	3
Mango	5
Vinska kiselina	0,1

4.REZULTATI

μ - prividna viskoznost (Pa.s), mjereno kod brzine smicanja 137,1 (s^{-1})

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

n- indeks tečenja(-)

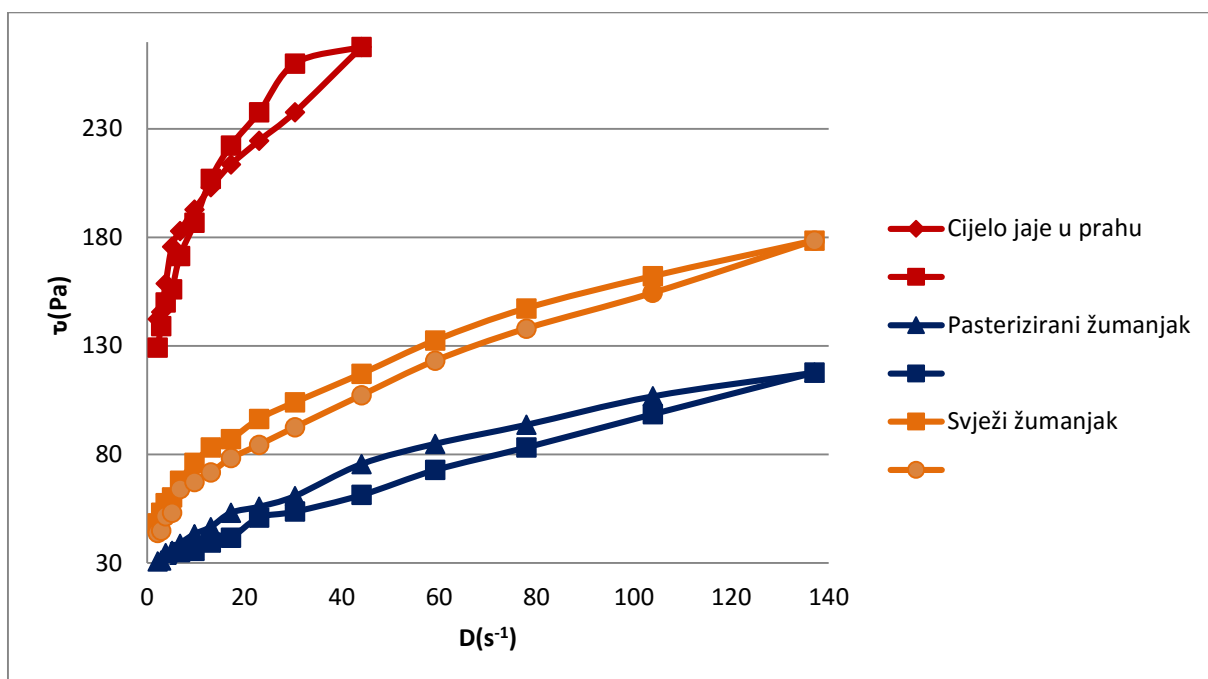
R^2 - koeficijent determinacije

Tablica 2. Utjecaj mliječne komponente u prahu na reološke parametre salatne majoneze s dodatkom pulpe manga, izrađene homogenizacijom sustavom rotor SR 20 i stator S 20 C, mjereno pri temperaturi 25°C

	μ (Pa.s) D=137,1 (s^{-1})	k ($Pa \cdot s^n$)	n	R^2
Sirutka u prahu	1,2566	37,11	0,312	0,99659
Punomasno mlijeko u prahu	1,3791	41,74	0,307	0,98602
Obrano mlijeko u prahu	1,3531	35,86	0,334	0,99300

Tablica 3. Utjecaj žumanjka jajeta kokoši na reološke parametre salatne majoneze s dodatkom pulpe manga, izrađene homogenizacijom sustavom rotor SR 20 i stator S 20 C, mjereno pri temperaturi 25°C

	μ (Pa.s) D= 44,1 (s^{-1})	k ($Pa \cdot s^n$)	n	R^2
Svježi žumanjak jajeta	2,6462	38,48	0,293	0,99761
Paterizirani žumanjak	1,5706	22,84	0,293	0,97888
Cijelo jaje u prahu	5,9121	121,34	0,202	0,98813



Slika 7. Utjecaj žumanjka jajeta kokoši na reološka svojstva salatne mejoneze s dodatkom pulpe manga, izgrađene homogenizacijom sustavom rotor SR 20 i stator S 20 °C

Tablica 4. Utjecaj vrste ugljikohidrata na reološke parametre salatne majoneze s dodatkom pulpe manga, izrađene homogenizacijom sustavom rotor SR 20 i stator S 20 C, mjereno pri temperaturi 25°C

	μ (Pa.s) $D= 137,1 (s^{-1})$	k (Pa.s ⁿ)	n	R^2
Maltodekstrin	1,2566	37,11	0,312	0,99659
Saharoza	1,0381	32,36	0,301	0,97913
Glukoza	1,0842	36,21	0,287	0,99231

5. RASPRAVA

Ispitivanje utjecaja različitih sastojaka salatne majoneze s dodatkom pulpe manga (žumanjka jajeta kokoši, mliječne komponente i vrste ugljikohidrata) na njena reološka svojstva prikazano je u **Tablicama 2-4** i na **Slici 7**.

U **Tablici 2.** vidljivi su rezultati ispitivanja utjecaja dodatka mliječne komponente (sirutke u prahu, punomasnog mlijeka u prahu i obranog mlijeka u prahu) na reološke parametre svježih proizvedene salatne majoneze s dodatkom pulpe manga. Reološka svojstva svih uzoraka ispitivane salatne majoneze mjerena su pri sobnoj temperaturi 25°C, 20 minuta nakon proizvodnje.

Standardni uzorak salatne majoneze izrađen je sa svježim žumanjkom kokošjeg jajeta, sirutkom u prahu, maltodekstrinom te ostalim sastojcima prema navedenoj recepturi.

Matematičkom obradom dobivenih eksperimentalnih podataka mjerenje pri temperaturi 25°C dobiveni su reološki parametri salatne majoneze sa sirutkom u prahu gdje prividna viskoznost (μ) iznosi 1,2566 (Pa.s) kod brzine smicanja $D= 137,1 \text{ s}^{-1}$, koeficijent konzistencije (k) 37,11 (Pa.sⁿ), a indeks tečenja (n) 0,312. Proizvodnjom salatne majoneze sa mliječnom komponentom punomasnim mlijekom u prahu povećava se prividna viskoznost (1,3791 Pa.s) kao i konzistencija majoneze koja je prikazana kao koeficijent konzistencije (41,74 Pa.sⁿ) dok se indeks tečenja malo smanjuje (0,307). Salatna majoneze sa pulpom manga napravljena s dodatkom obranog mlijeka u prahu dovodi do smanjenja izračunate vrijednosti parametra prividne viskoznosti (1,3531 Pa.s) i koeficijenta konzistencije (35,86 Pa.sⁿ) te porastom vrijednosti indeksa tečenja 0,334 u odnosu na majonezu izrađenu sa punomasnim mlijekom u prahu. Međutim, ovdje su postignute veće vrijednosti reoloških parametara prividne viskoznosti i indeksa tečenja nego kod majoneze sa sirutkom u prahu. Iz provedenog istraživanja možemo zaključiti da vrsta mliječne komponente utječe na promjenu reoloških svojstava mjerenih pri sobnoj temperaturi 25°C. Dakle, veće vrijednosti reoloških parametara prividne viskoznosti i konzistencije ispitivane majoneze sa pulpom manga mogu se postići dodatkom mliječne komponente punomasnog mlijeka u prahu.

U **Tablici 3.** prikazan je utjecaj žumanjka kokošjeg jajeta na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom pulpe manga, izražena izračunatim reološkim parametrima, mjereno pri sobnoj temperaturi 25°C.

Kontrolni ili standardni uzorak salatne majoneze sa pulpom manga proizveden je sa svježim žumanjkom jajeta pri čemu su dobivene vrijednosti reoloških parametara prividne viskoznosti 2,6462 (Pa.s) kod brzine smicanja $D= 44,1 \text{ s}^{-1}$, koeficijent konzistencije 38,48 (Pa.sⁿ) i indeks tečenja (n) 0,293. Pasterizacijom žumanjka kokošjeg jajeta i njegovom primjenom dobivena je salatna majoneza s manjom prividnom viskoznosti (1,5706 Pa.s), manjom konzistencijom pri čemu je koeficijent konzistencije (k) 22,84 Pa.sⁿ) i jednakim indeksom tečenja 0,293 u odnosu na dodatak svježeg žumanjka. Prilikom proizvodnje salatne majoneze sa cijelim jajetom u prahu dolazi do znatno većeg porasta prividne viskoznosti (5,9121 Pa.s) i koeficijenta konzistencije (121,34 Pa.sⁿ), te smanjenja indeksa tečenja (0,202) u odnosu na majonezu napravljenu sa svježim ili pasteriziranim žumanjkom. Znatno veća vrijednost konzistencije i viskoznosti salatne majoneze s pulpom manga izrađene sa cijelim jajetom u prahu objašnjava se time da je ovdje korišteno takvo termičko tretiranje žumanjka koje je značajno razgradilo sastojke koji djeluju kao emulgatori (fosfolipidi i proteini). Na **Slici 7.** vidljiv je utjecaj korištenog žumanjka jajeta na promjenu reoloških svojstava ispitivane salatne majoneze pri čemu se iz položaja krivulje u dijagramu ovisnosti smičnog naprezanja o brzini smicanja može zaključiti da su salatne majoneze ne-Newtonovske tekućine i pripadaju pseudoplastičnom tipu.

U **Tablici 4.** prikazan je utjecaj dodatka vrste ugljikohidrata na reološke parametre salatne majoneze s dodatkom pulpe manga, mjereno pri sobnoj temperaturi 25°C. Korištenjem glukoze (monosaharid) kod proizvodnje ove vrste majoneze dobivene su sljedeće vrijednosti reoloških parametara prividna viskoznost 1,0842 (Pa.s) i konzistencije (koeficijent konzistencije) 36,21 (Pa.sⁿ) kod brzine smicanja $D= 137,1 \text{ s}^{-1}$ te indeksa tečenja 0,287. Primjenom ugljikohidrata saharoze (disaharid) dolazi do smanjenja prividne viskoznosti majoneze (1,0381 Pa.s) kao i konzistencija (32,36 Pa.sⁿ), a povećava se indeks tečenja (0,301). Korištenjem maltodekstrina kod izrade salatne majoneze postiže se najveći porast vrijednosti prividne viskoznosti (1,2566 Pa.s) i koeficijenta konzistencije (37,11 Pa.sⁿ), ali je i najveći indeks tečenja (0,312). Iz prikazanih rezultata istraživanja možemo zaključiti da vrsta ugljikohidrata utječe na reološka svojstva ispitivane salatne majoneze s pulpom manga.

6. ZAKLJUČCI

Na osnovu istraživanja utjecaja sastojaka na promjenu reoloških karakteristika ili svojstava salatne majoneze s dodatkom pulpe manga izrađene homogenizacijom rotor-stator sustavom (rotor SR20, stator S20C) mogu se izvesti sljedeći zaključci:

1. Svi ispitivani uzorci salatne majoneze s dodatkom pulpe manga imaju reološka svojstva karakteristična za ne-Newtonovske tekućine pseudoplastičnog tipa.
2. Vrsta mliječne komponente utječe na promjenu reoloških svojstava salatne majoneze, mjereno pri sobnoj temperaturi 25°C.
3. Veća prividna viskoznost i konzistencija izražena preko koeficijenta konzistencije, a manji indeks tečenja postiže se primjenom punomasnog mlijeka u prahu u odnosu na obrano mlijeko u prahu i sirutku u prahu.
4. Vrsta ugljikohidrata utječe na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom pulpe manga.
5. Veća prividna viskoznost salatne majoneze s dodatkom pulpe manga te veća konzistencija postiže se korištenjem ugljikohidrata maltodekstrina u odnosu na saharozu i glukozu.
9. Primjenom monosaharida glukoze postiže se veća vrijednost reoloških parametara salatne majoneze u odnosu na primjenu saharoze.
10. Žumanjak kokošnjeg jajeta utječe na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom pulpe manga.
11. Primjenom cijelog jajeta u prahu značajno se povećava prividna viskoznost i koeficijent konzistencije, a smanjuje indeks tečenja salatne majoneze jer su tijekom značajnog termičkog tretiranja razgrađene tvari koje imaju funkciju emulgatora (fosfolipidi, proteini).
12. Korištenjem pasteriziranog žumanjka jajeta kod proizvodnje salatne majoneze dolazi do smanjenja prividne viskoznosti i koeficijenta konzistencije, a indeks tečenja ima istu vrijednost u odnosu na dodatak svježeg žumanjka.

7. LITERATURA

Lelas V. : Prehrambeno inženjerstvo 1, Tehnička knjiga Zagreb, 2006.

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

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

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

Pozderović A.: Procesi u prehrambenoj industriji, Prehrambeno-tehnološki fakultet u Osijeku, 2011.

<http://www.tehnologijahrane.com/pravilnik/pravilnik-o-kvalitetu-i-drugim-zahtevima-za-jestiva-biljna-ulja-i-masti-margarin> [29.9.2015.]

Ministarstvo poljoprivrede, ribarstva i ruralnog razvoja: Pravilnik o jastivim uljima i mastima. Narodne novine 41/12,2012.

http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=137580 139-152 [7.10.2015.]

http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=99680 36-39 [7.10.2015.]

http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=12762 379-396 [7.10.2015.]

Lambaša Belak Ž., Gaćina N., Radić T. : Tehnologija hrane, Šibenik 2005.

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

Trajković J., Mirić M., Baras J., Šiler S.: Analize životnih namirnica, Tehnološki-metalurški fakultet, Beograd, 1983.