

Reološke karakteristike majoneze s mješavinom suncokretovog i lanenog ulja

Tihomir Moslavac¹, Drago Šubarić¹, Monika Kare², Štefica Grgić³

Sažetak

Mjerenja reoloških karakteristika hrane važna su u prehrambenoj industriji gdje se pomoću reoloških parametara dobije informacija o kvaliteti gotovog proizvoda. U ovom radu istraživana je utjecaj parametara procesa homogenizacije (brzina rotora, vrijeme homogenizacije) na reološka svojstva majoneze sa 75% uljnom fazom. Za izradu majoneze korištene su dvije vrste biljnih ulja: rafinirano suncokretovo ulje (linolni tip) i hladno prešano laneno ulje. Mehanički proces homogenizacije majoneze proveden je kod različitih brzina rotora i vremena homogenizacije pri sobnoj temperaturi. Majoneza je izrađena na laboratorijskom homogenizatoru (sustav rotor/stator) po tradicionalnoj recepturi bez dodanog konzervansa čime je trajnost proizvoda vremenski ograničena. Mjerenja reoloških svojstava majoneze provedena su na rotacijskom viskozimetru, pri sobnoj temperaturi. Iz dobivenih podataka izračunati su reološki parametri: prividna viskoznost, koeficijent konzistencije i indeks tečenja. Rezultati istraživanja pokazuju da procesni parametri homogenizacije utječu na reološka svojstva majoneze. Porastom brzine rotora i vremena trajanja procesa homogenizacije mijenjaju se reološke karakteristike majoneze.

Cljučne riječi: majoneza, proces homogenizacije, reološka svojstva

Uvod

Majoneza kao prehrambeni proizvod ima široku primjenu i rado je konzumiran od strane potrošača (Cristina, 2005.). Predstavlja polučvrstu emulziju tipa ulje/voda proizvedenu emulgiranjem jestivog biljnog ulja sa ostalim sastojcima. Majoneza je jedan od najkorištenijih umaka u svijetu i obično se koristi kao sendvič namaz. Mješavina je ulja, žumanjka jajeta, octa, senfa i začina (Singla i sur., 2013.). S obzirom na Pravilnik (NN 39/1999) majoneza mora sadržavati minimalno 75% biljnog ulja koji

čini uljnu fazu proizvoda. McClements i Demetriades (1998.) prikazuju da jestivo biljno ulje kao osnovni sastojak majoneze ima važnu ulogu u stvaranju ovog tipa emulzije ulje/voda; doprinosi okusu, izgledu, teksturi te oksidacijskoj stabilnosti na vrlo specifičan način. Udio ulja u majonezi ima značajan učinak na reološke karakteristike (svojstva) te na vrijednost prinosa, način skladištenja i modul gubitka. Alvarez-Sabatel i sur. (2018.) utvrđuju da udio ulja utječe na stabilnost i reološka svojstva majoneze dobive-

¹ prof. dr. sc. Tihomir Moslavac, prof. dr. sc. Drago Šubarić, Prehrambeno - tehnološki fakultet Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek, Hrvatska.

² Monika Kare, student Veleučilište u Požezi, Vukovarska ul. 17, Požega, Hrvatska

³ Štefica Grgić, dipl. ing., Hrvatski veterinarski institut, Veterinarski zavod Vinkovci, Josipa Kozarca 24, 32100 Vinkovci, Hrvatska

*Autor za korespondenciju: tihomir.moslavac@ptfos.hr

ne rotor-stator homogenizacijom kao i homogenizacijom visokim tlakom. Izražen je utjecaj udjela ulja na viskoznost majoneze opaženu u ustima kao i na mazivost (Štern i sur., 2007.). Primjenom mješavine različitih vrsta jestivih biljnih ulja postiže se željeni sastav masnih kiselina i prirodnih antioksidanasa (tokoferola) te se mogu poboljšati prehrambena i senzorska svojstva majoneze (Kostyra i Barylko-Pikielna, 2007.). Proizvodnjom majoneze s uljnom fazom koju čini mješavina biljnih ulja npr. suncokretovog ulja koja obogaćuje proizvod visokim udjelom esencijalnom linolnom masnom kiselinom i hladno prešanog lanenog ulja sa linolenskom masnom kiselinom (omega-3) i gama tokoferolom (prirodni antioksidans) doprinosi se većoj nutritivnoj vrijednosti i stabilnosti majoneze prema oksidacijskom kvarenju. Hasenhuettl (2008.) i Narsimhan i Wang (2008.) ukazuju da je žumanjak jajeta vrlo važan za stabilnost ovih proizvoda emulzije tipa ulje/voda. Žumanjak se koristi kod proizvodnje majoneze (punomasne) u svojstvu emulgatora, ali utječe i na željeni okus i boju (Baldwin, 1990.; Mine, 1998.). Emulgirajući kapacitet žumanjaka jajeta uglavnom je prisutan zbog fosfolipida, lipoproteina visoke gustoće i niske gustoće (HDL i LDL). Sastojci poput octa, soli, šećera i senfa dodaju se majonezi za okus, ali ovi sastojci također igraju važnu ulogu u fizičkoj stabilnosti emulzije (McClements i Decker, 2000.). Određivanje reoloških svojstava značajan je čimbenik kvalitete hrane (Mezger, 2002.), tako i proizvoda koji predstavljaju emulziju tipa ulje/voda (majoneze, umaci). Kod kreiranja određene viskoznosti i konzistencije majoneze važno je poznavanje reoloških svojstava ovih proizvoda (Štern i sur., 2001.), u kontroli kvalitete tijekom proizvodnje, skladištenja i transporta (Juszczak i sur., 2003.). Reološka svojstva majoneze uglavnom su određena udjelom i sastavom uljne faze, prisutnošću emulgatora, stabilizatora i zgušnjivača (Wendin i Hall, 2001.). Wendin i sur. (1999.) potvrđuju da kvaliteta ovih proizvoda, njihova stabilnost i viskoznost ovise o procesu homogeniziranja. Također na kvalitetu utječe raspršenost i dispergiranošć kapljica ulja u vodenoj kontinuiranoj fazi majoneze te žumanjak jajeta (Guilmineau i Kulozik, 2007.; Xiong i sur., 2000.; Laca i sur., 2010.), vrsta ugljikohidrata (Ruiling i sur., 2011.), udio i vrsta mliječne komponente (Dybowska, 2008.). U proizvodima ovog tipa emulzija, kapljice ulja su mehaničkim postupkom dispergirane u kontinuiranoj vodenoj fazi octa te se djelovanjem prirodnog emulgatora iz žumanjka jajeta (fosfolipidi, proteini) postiže veća

stabilizacija cijelog sustava (Kiosseoglou, 2003.; Castellani i sur., 2006.). Kod formiranja emulzije ulje/voda važnu ulogu imaju procesni parametri homogenizacije (brzina rotora, vrijeme trajanja) te izbor sustava rotor/stator kojim se formiraju sitne kapljice uljne faze manjeg ili većeg promjera što rezultira različitom stabilnosti emulzije ulje/voda. Reološka svojstva kao i ponašanje svih vrsta majoneza neprestano se istražuje s obzirom da se na stav potrošača utječu sastavom, konzistencijom, okusom, bojom ali i primjenom na salate, pomfrit i druga jela (Franco i sur., 1995.; Akhtar i sur., 2005.; Abu-Jdayil, 2003.; Raikos i sur., 2016.).

U ovom radu istraživao je utjecaj procesnih parametara homogenizacije (brzina rotora, vrijeme trajanja izrade majoneze) na reološke karakteristike majoneze s mješavinom suncokretovog i lanenog ulja kod temperature mjerenja 25 °C.

Materijal i metode

Materijali koji su korišteni za izradu majoneze s mješavinom ulja su:

- Uljna faza 75 % (rafinirano suncokretovo ulje i hladno prešano laneno ulje u odnosu 50:50),
- Žumanjak jajeta kokoši 8 %,
- Ugljikohidrat 2,5 % (maltodekstrin),
- Alkoholni ocat 4 %,
- Morska sol 1 %,
- Senf 1 %,
- Vinska kiselina 0,1 %,
- Destilirana voda 8,4 %.

Uljna faza majoneze sastoji se od rafiniranog suncokretovog ulja (linolni tip) dobivenog iz Tvornice ulja Čepin, a hladno prešano laneno ulje proizvedeno je na Prehrambena-tehnološkom fakultetu u Osijeku. U lokalnoj trgovini nabavljeni su sastojci: alkoholni ocat, morska sol i senf. Od privatnog dobavljača nabavljen je žumanjak jajeta kokoši te je priređen kao svježi. Ugljikohidrat maltodekstrin nabavljen je iz firme Claro-Prom d.o.o., Zagreb. Vinska kiselina nabavljena je od firme Alkaloid, Skoplje, a dodaje se u funkciji regulatora kiselosti majoneze.

Određivanje sastava masnih kiselina u ulju

Metilni esteri masnih kiselina pripremljeni su prema normi HRN EN ISO 12966-2:2011. Pripremljeni metil esteri masnih kiselina analizirani su plinskom kromatografijom prema HRN EN ISO 12966-4:2015. Za analize su korišteni plinski kromatograf 7890A

(Agilent Technologies, Lake Forest, SAD) s kapilarnom kolonom ZB-WAX duljine 25 m, promjerom od 0,25 mm i debljinom stacionarne faze 0,25 μm (Phenomenex, USA), injektor split-splitless tehnologijom (temperatura 260 °C) i plameno ionizacijski detektor (temperatura 280 °C). Uzorak (5 μL) je injektiran s omjerom podjele od 1:40. Početna temperatura kolone bila je 60 °C s vremenom zadržavanja 2 min. Temperatura pećnice povećava se brzinom od 13 °C/min do 150 °C, zatim brzinom od 2 °C/min se zagrijava do 240 °C. Plin nosač bio je helij (99,9999 %) pri konstantnoj brzini protoka od 3 mL/min. Protok vodika je bio 70 mL/min, protok zraka je 450 mL/min, a protok plina za pripremu (dušik) bio je 15 mL/min. Metilni esteri masnih kiselina su identificirani usporedbom s retencijskim vremenima standarda od 37 metilnih estera masnih kiselina analiziranih u istim uvjetima. S uzorcima i standardima, za svaki set analiza, certificirani referentni materijal (CRM - Supelco® 37 Komponenta FAME Mix, Bellefonte, Pennsylvania, SAD), pripremljen je i analiziran pod istim uvjetima. Rezultat je izražen kao postotak (%) pojedinačnih masnih kiselina u odnosu na ukupne masne kiseline. Limit detekcije metode je 0,1 %.

Priprema majoneze - homogenizator

Priprema uzoraka majoneze s mješavinom suncokretovog i lanenog ulja provedena je na tradicionalan način u laboratorijskim uvjetima, pri sobnoj temperaturi u količini 200g za pojedini uzorak. Majoneza je proizvedena korištenjem laboratorijskog homogenizatora model D-500 (Wiggenhauser, Njemačka) s rotor/stator sustavom. Kod izrade majoneze korišten je sustav rotor/stator (rotor ER30 i stator S30F). Ovaj homogenizator ima područje

primjene brzine rotora 10000 - 30000 o/min. Kontrolni uzorak majoneze pripremljen je sa 75% uljnom fazom koju čini mješavina rafiniranog suncokretovog ulja i hladno prešanog lanenog ulja te navedenim ostalim sastojcima (Tablica 1). Uzorci majoneze su pripremljeni na način da se prethodno izvažu potrebni sastojci te se dodaje 1/2 suncokretovog ulja, zatim svježi žumanjak jajeta, alkoholni ocat, voda i ostali sastojci, uključi se homogenizator te se polagano dodaje preostali dio suncokretovog i lanenog ulja te homogenizira tijekom 2 min kod brzine rotora 10 000 o/min. Proizvodnja svih uzoraka majoneze napravljena je pri sobnoj temperaturi svih sastojaka, a nakon izrade provedeno je mjerenje reoloških svojstava. Ostali uzorci majoneze pripremljeni su na isti način, samo što su se mijenjali pojedini procesni parametri homogenizacije (brzina rotora i vrijeme homogenizacije).

Reološke karakteristike

Mjerenje reoloških karakteristika (reoloških svojstava) svježe pripremljenih uzoraka majoneze s mješavinom ulja provedeno je na rotacijskom viskozimetru, model Rheomat 15T (Švicarska), primjenom koncentričnih cilindara i mjernim sustavom C. Ispitivanje reoloških svojstava uzoraka majoneze provedeno je pri sobnoj temperaturi 25 °C. Održavanje konstantne temperature uzoraka tijekom mjerenja s viskozimetrom postignuto je primjenom termostata model TC-501P, firme Brookfield. Tijekom mjerenja ispitivana je ovisnost smičnog naprezanja (τ) o brzini smicanja (D) u rasponu brzine smicanja 2,18 - 137,1 s^{-1} (uzlazno mjerenje) i 137,1 - 2,18 s^{-1} (silazno mjerenje). Iz ovako dobivenih eksperimentalnih vrijednosti određena je vrsta i tip tekućine pri čemu je utvrđeno

Tablica 1. Receptura za pripremu majoneze s mješavinom suncokretovog i lanenog ulja

Table 1 The recipe for the preparation of mayonnaise with a mixture of sunflower and linseed oil

Sastojci / Ingredients	Uzorak / Sample	
	Udio / Share (%)	Masa / Mass (g)
Rafinirano suncokretovo ulje / Refined sunflower oil	37,5	75
Hladno prešano laneno ulje / Cold pressed linseed oil	37,5	75
Svježi žumanjak jajeta / Fresh egg yolk	8	16
Maltodekstrin / maltodextrin	2,5	5
Alkoholni ocat / vinegar	4	8
Morska sol / sea salt	1	2
Senf / Mustard	1	2
Vinska kiselina / Tartaric acid	0,1	0,2
Destilirana voda / Distilled water	8,4	16,8
Ukupno / Total	100	200

da su svi ispitivani uzorci majoneze imali nenevtonovska svojstva, te pripadaju pseudoplastičnom tipu tekućina. Pomoću programa Microsoft Exel, uz primjenu metode linearne regresije izračunate su vrijednosti reoloških parametara koeficijenta konzistencije (k) i indeksa tečenja (n).

Za izračun reoloških parametara koeficijenta konzistencije i indeksa tečenja primijenjen je Ostwald-Reinerov "stupnjeviti zakon":

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

τ - smično naprezanje (Pa),

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

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

n - indeks tečenja (-).

Izračunavanje reološkog parametra prividne viskoznosti uzoraka majoneze provedeno je primjenom izraza:

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

μ - prividna viskoznost ($Pa \cdot s$)

Tablica 2. Sastav masnih kiselina (suncokretovo ulje)

Table 2 Fatty acid composition (sunflower oil)

Masna kiselina/Fatty acid (%)									
C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	C22:0	C22:1	C24:0
0,057	5,969	3,220	26,936	62,318	0,056	0,468	0,702	0,040	0,234

Tablica 3. Sastav masnih kiselina (laneno ulje)

Table 3 Fatty acid composition (linseed oil)

Masna kiselina/Fatty acid (%)									
C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	C22:0	C24:0
0,045	5,667	0,100	4,147	23,839	12,466	53,295	0,168	0,118	0,089

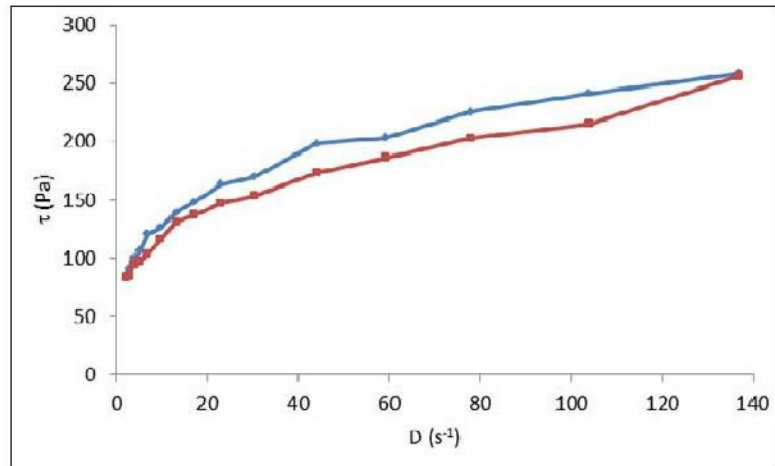
Na slici 1. prikazana su reološka svojstva majoneze pri čemu se na dijagramu ovisnosti smičnog napreznja (τ) o brzini smicanja (D) zapaža oblik krivulje koji ukazuje da ovaj proizvod pripada nenevtonovskoj tekućini pseudoplastičnog tipa. Potvrdu ove vrste i tipa tekućine pokazuje i izračunata vrijednost reološkog parametra indeksa tečenja (n) koja je manja od 1 što je u skladu s literaturnim podacima ($n=0-1$). Goshawk i Binding (1998.) i Mancini (2002.) potvrđuju da majoneza pripada skupini nenevtonovskih tekućina te da pokazuje pseudoplastično i tiksotropno ponašanje. Batista i sur. (2006.) kao i Izidoro i sur.

Rezultati i rasprava

Rezultati ispitivanja utjecaja procesnih parametara homogenizacije (vrijeme homogenizacije, brzina rotora) kod izrade majoneze s mješavinom hladno prešanog lanenog ulja i rafiniranog suncokretovog ulja (linolni tip) u omjeru 50:50 na reološke karakteristike (svojstva) majoneze, prikazani su u tablicama 4-5 i na slikama 1-2. Mješavina ove dvije vrste jestivih ulja odabrana je iz potrebe i želje da se uljna faza majoneze obogati esencijalnom omega-3 linolenskom masnom kiselinom čime bi postigli veću nutritivnu vrijednost proizvoda. U industrijskoj praksi često se majoneza proizvodi sa suncokretovim uljem linolnog tipa u čijem sastavu masnih kiselina dominira omega-6 linolna kiselina (do 75 %) što potvrđuju i rezultati analize tog ulja prikazani u tablici 2. Kod lanenog ulja dominira esencijalna linolenska omega-3 masna kiselina što prikazuju i rezultati analize u tablici 3, koja pokazuje razne benefite u očuvanju zdravlja čovjeka.

(2007.) ukazuju na ovakvo pseudoplastično ponašanje majoneze sa karakteristikama koje djelomično ovise o vremenu smicanja.

U tablici 4. prikazan je utjecaj vremena homogenizacije (1, 2, 3, 5 min), kod konstantne vrijednosti brzine rotora homogenizatora (10 000 o/min), na reološka svojstva majoneze izražena reološkim parametrima. Mjerenje reoloških svojstava svježe proizvedene majoneze provedeno je pri sobnoj temperaturi (25 °C). Iz rezultata u tablici vidljivo je da se kod izrade majoneze u vremenu od 1 min dobio proizvod čiji reološki parametri imaju vrijednos-



Slika 1. Odnos smičnog naprezanja (τ) i brzine smicanja (D) majoneze sa 75 % suncokretovog ulja i lanenog ulja (10 000 o/min., 2 min) pri 25 °C.

Figure 1 Shear stress and shear rate relationship of mayonnaise with 75% sunflower oil and linseed oil (10 000 rpm, 2 min) at 25 °C.

Tablica 4. Utjecaj vremena trajanja homogenizacije na reološka svojstva majoneze kod 10 000 o/min pri 25 °C.

Table 4 Influence of time of homogenization on rheological properties of mayonnaise at 10 000 rpm at 25 °C.

Uzorak/Sample	μ (pri 137,1 s ⁻¹) (Pa·s)	k (Pa·s ⁿ)	n	R ²
1 min	1,2380	17,623	0,4603	0,95981
2 min	1,7715	68,645	0,2715	0,99729
3 min	1,9045	69,049	0,2556	0,98823
5 min	0,9753	15,678	0,4356	0,95331

μ - prividna viskoznost kod brzine smicanja ($D = 137,1 \text{ s}^{-1}$) (Pa·s) / apparent viscosity at 137,1 s⁻¹,

k - koeficijent konzistencije (Pa·sⁿ) / consistency coefficient,

n - indeks tečenja (-) / flow behaviour index,

R² - koeficijent determinacije / coefficient of determination.

ti: koeficijent konzistencije (k) 17,623 (Pa·sⁿ), indeks tečenja 0,4603 te prividna viskoznost 1,2380 (Pa·s) izračunata kod brzine smicanja (D) 137,1 (s⁻¹). Produljenjem vremena izrade majoneze na 2 min proizvedena je majoneza sa znatno povećanom vrijednosti koeficijenta konzistencije 68,645 (Pa·sⁿ) i prividne viskoznosti 1,7715 (Pa·s), ali i nižom vrijednosti reološkog parametra indeksa tečenja, što je i očekivano. Izradom majoneze u vremenu od 3 min došlo je do malog porasta vrijednosti koeficijenta konzistencije i prividne viskoznosti te sniženja indeksa tečenja. Ova mala razlika konzistencije i prividne viskoznosti majoneze ukazuje na to da se kod 3 min homogenizacije postiže najbolja konzistencija majoneze, koja osigurava dobru stabilnost ove emulzije tipa ulje/voda tijekom skladištenja i prodaje. Porastom vremena izrade majoneze na 5 min homogenizacije, zapaženo je značajno smanjenje konzistencije i prividne viskoznosti majoneze,

a razlog tome je razaranje već stvorene strukture emulzije ulje/voda kod produljenog vremena.

U tablici 5. prikazani su rezultati ispitivanja utjecaja brzine rotora homogenizatora (10 000, 12 000, 15 000 o/min), kod konstantnog vremena izrade majoneze (2 min), na reološke parametre svježe proizvedene majoneze. Izradom majoneze kod brzine rotora 10 000 o/min proizvedena je majoneza s većom vrijednosti konzistencije (koeficijent konzistencije) i prividnog viskoziteta. Međutim povećanjem brzine rotora homogenizatora s 10 000 o/min na 12 000 o/min dobivena je majoneza s takvim reološkim svojstvima pri čemu su znatno niže vrijednosti reoloških parametara. Izračunati reološki parametri pokazuju znatno smanjenje konzistencije majoneze (koeficijent konzistencije je 4,816 (Pa·sⁿ), prividna viskoznost 0,3285 (Pa·s) i porast indeksa tečenja 0,4543. Ovo smanjenje konzistencije i prividne viskoznosti ukazuje na to da je izradom majoneze

kod 12 000 o/min došlo do razaranja stabilne strukture ove emulzije tipa ulje/voda. Znači došlo je do razbijanja strukture što rezultira smanjenjem navedenih reoloških parametara. U takvom proizvodu će vrlo brzo doći do razdvajanja uljne faze na površini majoneze tijekom skladištenja ili na polici trgovine što naravno nije poželjno.

Na slici 2. se iz grafičkog prikaza smičnog napreznja (τ) i brzine smicanja (D) vidi ta značajna razlika reoloških svojstava majoneze. Daljnjim porastom brzine rotora homogenizatora na 15 000 o/min nije se uspjela formirati stabilna emulzija ulje/voda već je dobivena tekuća konzistencija. To znači da se ova veća brzina rotora, tijekom 2 min homogenizacije, ne može koristiti za proizvodnju ove vrste majoneze.

Zaključci

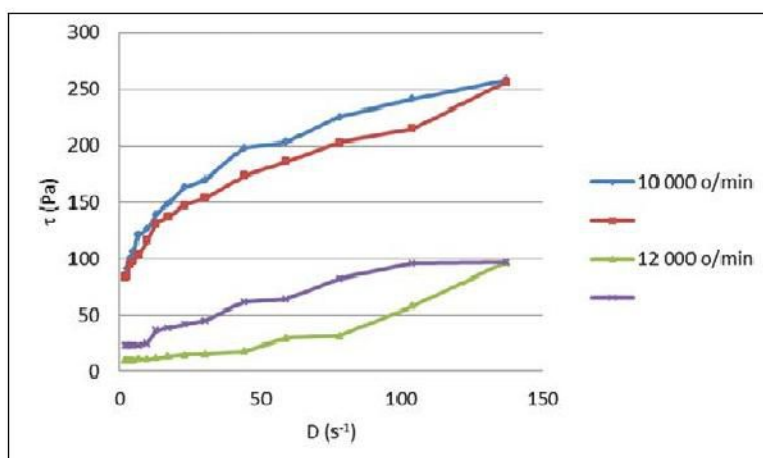
Ispitivani uzorci majoneze s mješavinom

suncokretovog i lanenog ulja pripadaju nenevtonovskim sustavima, pseudoplastičnog tipa tekućine. Vrijeme homogenizacije tijekom izrade majoneze značajno utječe na reološke karakteristike ovog proizvoda. Porastom vremena homogenizacije od 1 do 3 min (kod 10 000 o/min) došlo je do porasta reoloških parametara koeficijenta konzistencije i prividne viskoznosti, a smanjenja indeksa tečenja. Izradom majoneze tijekom 5 min došlo je do razaranja strukture majoneze što rezultira smanjenjem konzistencije i viskoznosti. Brzina rotora homogenizatora, kod vremena izrade od 2 min, utječe na reološke karakteristike majoneze. Majoneza izrađena kod brzine rotora 10 000 o/min ima zadovoljavajuća reološka svojstva i stabilnost. Porastom brzine rotora homogenizatora na 12 000 o/min došlo je do razaranja stabilne strukture i znatnog smanjenja konzistencije i viskoznosti majoneze. Primjenom brzine rotora 15 000 o/min nije se uspjela proizvesti majoneza niti formirati emulzija ulje/voda.

Tablica 5. Utjecaj brzine rotacije rotora homogenizatora (o/min.) tijekom 2 min na reološka svojstva majoneze pri temperaturi 25 °C.

Table 5 Influence of rotation speed of homogenizer rotor (rpm) during 2 min on rheological properties of mayonnaise at 25°C

Uzorak/Sample	μ (pri 137,1 s ⁻¹) (Pa·s)	k (Pa·s ⁿ)	n	R ²
10 000 o/min (rpm)	1,7715	68,645	0,2715	0,99729
12 000 o/min (rpm)	0,3285	4,816	0,4543	0,96423
15 000 o/min (rpm)	-	-	-	-



Slika 2. Odnos smičnog napreznja (τ) i brzine smicanja (D) majoneze sa 75 % suncokretovog ulja i lanenog ulja (10 000 o/min i 12 000 o/min, 2 min) pri 25 °C.

Figure 2 Shear stress and shear rate relationship of mayonnaise with 75 % sunflower oil and linseed oil (10 000 rpm and 12 000 rpm, 2 min) at 25°C.

References

- [1] Abu-Jdayil, B. (2003): Modelling the time-dependent rheological behavior of semisolid foodstuffs. *J. Food Eng.* 57, 97-102.
- [2] Akhtar, M., J. Stenzel, B.S. Murray, E. Dickinson (2005): Factors affecting the perception of creaminess of oil-in-water emulsion. *Food Hydrocolloids* 19, 521-526.
- [3] Alvarez-Sabatel, S., I.M. Maranon, J-C. Arboleya (2018): Impact of oil and inulin content on the stability and rheological properties of mayonnaise-like emulsions processed by rotor-stator homogenisation or high pressure homogenisation (HPH). *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 48, 195-2013.
- [4] Baldwin, R.E. (1990): **Functional Properties of Eggs in Foods**. In: *Egg Science and Technology*, WJ Stadelman and OJ Cotterill (Eds), Food Products Press, New York, USA, pp 341-383.
- [5] Batista, A.P., A. Raymundo, i. Sousa, J. Empis (2006): Rheological characterization of coloured oil-in-water food emulsions with lutein and phycocyanin added to the oil and aqueous phases. *Food Hydrocolloid* 20, 44-52.
- [6] Castellani, O., C. Belhomme, E. David-Briand, C. Guerin-Dubiard, M. Anton (2006): Oil-in-water emulsion properties and interfacial characteristics of hen egg yolk phosphatidylcholine. *Food Hydrocolloids* 20, 35-43.
- [7] Cristina, I., M. Aizpurua, A. Tenuta-Filho (2005): Oxidation of cholesterol in mayonnaise during storage. *Food Chem.* 89, 611-615.
- [8] Dybowska, B.E. (2008): Properties of milk protein concentrate stabilized oil-in-water emulsions. *Journal of Food Engineering* 88, 507-513.
- [9] Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo (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. NN 39/99.
- [10] Franco, J.M., A. Guerrero, C. Gallegos (1995): Rheology and processing of salad dressing emulsions. *Rheologica Acta* 34, (6), 513-524.
- [11] Goshawk, J. A., D. M. Binding (1998): Rheological Phenomena Occurring During the hearing Flow Mayonnaise. *Journal of Rheology*, 42 (6), 1537-1553.
- [12] Guilmineau, F., U. Kulozik (2007): Influence of a thermal treatment on the functionality of hens egg yolk in mayonnaise. *J. Food Eng.* 78, 648-654.
- [13] Hasenhuettl G. L., R. W. Hartel (2008): *Food emulsifiers and their applications*. Springer Science.
- [14] Izidoro, D., M-R. Sierakowski, N. Waszczynskij, W.I.C. Haminiuk, A.P. Scheer (2007): Sensory evaluation and rheological behavior of commercial mayonnaise. *International Journal of Food Engineering*, 3 (1), Article 5.
- [15] Juszcak, L., T. Fortuna, A. Kosla (2003): Sensory and rheological properties of Polish commercial mayonnaise. *Nahrung/Food* 47, 232-235.
- [16] Kiosseoglou, V. (2003): Egg yolk protein gels and emulsions. *Current Opinion in Colloid and Interface Science* 8, 365-370.
- [17] Kostyra, E., N. Barylko-Pikielna (2007): 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, 872-879.
- [18] Laca, A., M.C. Saenz, B. Paredes, M. Diaz (2010): Rheological properties, stability and sensory evaluation of low-cholesterol mayonnaises prepared using egg yolk granules as emulsifying agent. *Journal of Food Engineering* 97, 243-252.
- [19] Mancini, F., L. Montanari, D. Peressini, P. Fantozzi (2002): Influence of Alginate Concentration and Molecular Weight on Functional Properties of Mayonnaise. *Journal of Lebensmittel-Wissenschaft und-Technology*, 35 (6), 517-525.
- [20] McClements, D.J., E.A. Decker (2000): **Lipid oxidation in oil-in water emulsions**: Impact of molecular environment on chemical reactions in heterogeneous food systems. *Journal of Food Science* 65, 1270-1282.
- [21] McClements, D.J., K. Demetriades (1998): An integrated approach to the development of reduced-fat food emulsions. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38, 511-536.
- [22] Mezger T. G. (2002): *The rheology handbook*. Vincentz, Hannover, Germany.
- [23] Mine, Y. (1998): Emulsifying characterization of hens egg yolk proteins in oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids* 12, 409-415.
- [24] Narsimhan, G., Z. Wang, (2008): Guidelines for processing emulsion-based foods. In: Hasenhuettl, G.L., Hartel, R.W. (Eds.), *Food Emulsifiers and their Applications*. Springer Science+Business Media, USA, 349-389.
- [25] Raikos, V., A. McDonagh, V. Ranawana, G. Duthie (2016): Processed beetroot (*Beta vulgaris* L.) as a natural antioxidant in mayonnaise: Effects on physical stability, texture and sensory attributes. *Food Science and Human Wellness* 5, 191-198.
- [26] Ruiling, S., L. Shuangqun, D. Jilin (2011): Application of oat dextrine for fat substitute in mayonnaise. *Food Chemistry* 126, 65-71.
- [27] Singla, N., P. Verma, G. Ghoshal, S. Basu (2013): Steady state and time dependent rheological behaviour of mayonnaise (egg and eggless). *International Food Research Journal* 20 (4), 2009-2016.
- [28] Štern, P., K. Mikova, J. Pokorný, H. Valentová (2007): Effect of oil content on the rheological and textural properties of mayonnaise. *Journal of Food and Nutrition Research* 46 (1), 1-8.
- [29] Štern, P., H. Valentová, J. Pokorný (2001): Rheological properties and sensory texture of mayonnaise. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 103, 23-28.
- [30] Wendin, K., G. Hall (2001): Influences of fat, thickener and emulsifier contents on salad dressing: static and dynamic sensory and rheological analyses. *Lebensm.-Wiss. u.- Technol.* 34, 222-233.
- [31] Wendin, K., M. Risberg Ellekjar, R. Solheim (1999): Fat Content and Homogenization Effects on Flavour and Texture of Mayonnaise with Added Aroma. *Lebensm.-Wiss. u.- Technol.* 32, 377-383.
- [32] Xiong, R., G. Xie, A.S. Edmondson (2000): Modelling the pH of mayonnaise by the ratio of egg to vinegar. *Food Control* 11, 49-56.

Dostavljeno: 12.05.2020.

Prihvaćeno: 19.05.2020.

Rheological characteristics of sunflower and linseed oil based mayonnaise

Abstract

The measuring of rheological food characteristics in food industry is important because rheological parameters provide information on the quality of final products. This paper examined the effects of homogenisation parameters (rotor speed, homogenisation time) on rheological properties of mayonnaise in which oil phase amounted to 75 %. The mayonnaise was made using two types of vegetable oil: refined sunflower oil (linoleic type) and cold pressed linseed oil. The mechanical process of mayonnaise homogenisation was carried out at various rotor speeds and homogenisation times, at room temperature. The mayonnaise was made using a laboratory homogeniser (rotor/stator system), following a traditional recipe with no added preservatives, which limited the shelf life of the product. The measuring of rheological mayonnaise properties was carried out using a rotary viscometer, at room temperature. The obtained results served as a basis for calculating rheological parameters: apparent viscosity, consistency coefficient and flow behaviour index. The results showed that homogenisation parameters affect the rheological properties of mayonnaise. Greater rotor speed and longer homogenisation altered the rheological properties of mayonnaise.

Key words: mayonnaise, homogenisation, rheological properties

Rheologische Eigenschaften von Mayonnaise mit einer Mischung aus Sonnenblumen- und Leinöl

Zusammenfassung

Messungen der rheologischen Eigenschaften von Lebensmitteln sind wichtig in der Lebensmittelindustrie, weil rheologische Parameter Informationen über die Qualität des Endprodukts liefern. In dieser Arbeit wurde der Einfluss von Homogenisierungsprozessparametern (Rotordrehzahl, Homogenisierungszeit) auf die rheologischen Eigenschaften von Mayonnaise mit 75% Ölphase untersucht. Zur Herstellung von Mayonnaise wurden zwei Arten von Pflanzenölen verwendet: raffiniertes Sonnenblumenöl (linolischer Typ) und kaltgepresstes Leinöl. Der mechanische Prozess der Mayonnaise-Homogenisierung wurde bei verschiedenen Rotordrehzahlen und Homogenisierungszeiten bei Raumtemperatur durchgeführt. Die Mayonnaise wurde mit einem Labor-Homogenisator (Rotor/Stator-System) nach einem traditionellen Rezept ohne Zusatz von Konservierungsstoffen hergestellt, was die Haltbarkeit des Produkts einschränkt. Die Messungen der rheologischen Eigenschaften von Mayonnaise wurden auf einem Rotationsviskosimeter bei Raumtemperatur durchgeführt. Mit Hilfe dieser Ergebnisse wurden die rheologischen Parameter berechnet: scheinbare Viskosität, Konsistenzkoeffizient und Fließverhaltensindex. Die Forschungsergebnisse zeigen, dass die Prozessparameter der Homogenisierung die rheologischen Eigenschaften der Mayonnaise beeinflussen. Eine Erhöhung der Rotordrehzahl und die Dauer des Homogenisierungsprozesses verändern die rheologischen Eigenschaften der Salatmayonnaise.

Schlüsselwörter: Mayonnaise, Homogenisierungsprozess, rheologische Eigenschaften

Las características reológicas de la mayonesa con la mezcla de aceite de girasol y linaza

Resumen

Las mediciones de las características reológicas de los alimentos son importantes en la industria alimentaria, donde los parámetros reológicos proporcionan las informaciones sobre la calidad del producto final. En este trabajo fue investigada la influencia de los parámetros del proceso de homogeneización (la velocidad del rotor, el tiempo de homogeneización) sobre las características reológicas de la mayonesa con un 75% de fase dispersa. Para hacer mayonesa fueron usados dos tipos de aceites vegetales: el aceite de girasol (tipo linoleico) y el aceite de linaza prensado en frío. El proceso mecánico de homogeneización de mayonesa fue realizado a diferentes velocidades del rotor y a diferentes tiempos de homogeneización a temperatura ambiente. La mayonesa fue elaborada con un homogeneizador de laboratorio (sistema de rotor/estator) según la receta tradicional sin conservantes añadidos, lo que limita la duración del producto. Las mediciones de las características reológicas de la mayonesa se realizaron en un viscosímetro rotativo a temperatura ambiente. Se han calculado los parámetros reológicos de los resultados: la viscosidad aparente, el coeficiente de consistencia e índice de comportamiento de flujo. Los resultados de la investigación muestran que los parámetros del proceso de homogeneización influyen sobre las características reológicas de la mayonesa. Con el aumento de la velocidad del rotor y del tiempo del proceso de homogeneización se alteran las características reológicas de la mayonesa.

Palabras claves: mayonesa, proceso de homogeneización, características reológicas

Caratteristiche reologiche della maionese prodotta con una miscela di olio di girasole e olio di lino

Riassunto

Le misurazioni delle caratteristiche reologiche assumono grande importanza nell'industria alimentare dove, grazie ai parametri reologici, s'ottengono informazioni sulla qualità del prodotto finito. In questo studio è stata esaminata l'incidenza dei parametri del processo d'omogeneizzazione (velocità del rotore, tempo di omogeneizzazione) sulle proprietà reologiche della maionese con fase oleosa al 75%. Per la produzione della maionese sono stati utilizzati due tipi di olio vegetale: l'olio di girasole raffinato (ad alto contenuto di acido linoleico, tipo "alto oleico") e l'olio di lino spremuto a freddo. Il processo meccanico di omogeneizzazione della maionese è stato eseguito a temperatura ambiente, a diverse velocità del rotore e con diversi tempi di omogeneizzazione. La maionese è stata prodotta con l'uso dell'omogeneizzatore da laboratorio (sistema rotore/statore) secondo la ricetta tradizionale e senza l'aggiunta di conservanti, il che ha ridotto la durata del prodotto. Le misurazioni delle caratteristiche reologiche della maionese sono state eseguite con il rotoviscosimetro a temperatura ambiente. Dai risultati ottenuti sono stati calcolati i seguenti parametri reologici: viscosità apparente, coefficiente di consistenza e indice di liquidità. I risultati della ricerca hanno dimostrato che i parametri del processo d'omogeneizzazione incidono sulle caratteristiche reologiche della maionese. Aumentando la velocità del rotore e la durata del processo di omogeneizzazione, si modificano le caratteristiche reologiche della maionese.

Parole chiave: maionese, processo d'omogeneizzazione, proprietà reologiche