

Utjecaj sastojaka i homogenizacije na reološka svojstva salatne majoneze s kašom banane

Tihomir Moslavac^{*1}, Jurislav Babić¹, Tanja Marković¹, Ana Mrgan², Anastazija Konjarević³

Sažetak

Reološka mjerenja su vrlo važna u prehrambenoj industriji kao sredstvo za fizičku karakterizaciju sirovine prije prerade, za poluproizvode tijekom proizvodnje i za gotovu hranu. U ovom radu istraživana je utjecaj sastojaka i procesnih parametara homogenizacije na reološka svojstva salatne majoneze s kašom banane. Za izradu salatne majoneze korištene su različite vrste biljnih ulja: suncokretovo ulje, bučino ulje i rižino ulje. Mehanički proces homogenizacije salatne majoneze proveden je pri sobnoj temperaturi. Salatna majoneza sa 65 % uljnom fazom izrađena je po tradicionalnoj recepturi bez dodanog konzervansa čime je trajnost proizvoda vremenski ograničena. Mjerenja reoloških svojstava provedena su na rotacijskom viskozimetru s koncentričnim cilindrima, pri temperaturama 25 °C i 10 °C. Iz dobivenih podataka izračunati su reološki parametri: prividna viskoznost, koeficijent konzistencije i indeks tečenja. Rezultati istraživanja pokazuju da osnovni sastojci utječu na reološka svojstva salatne majoneze s kašom banane. Porastom brzine rotora i vremena trajanja procesa homogenizacije mijenjaju se reološka svojstva salatne majoneze.

Ključne riječi: salatna majoneza, reološka svojstva, proces homogenizacije, sastojci majoneze, kaša banane

Uvod

Majoneza je jedan od najstarijih i najkorištenijih umaka u svijetu i obično se koristi kao sendvič namaz, mješavina je ulja, jaja, octa i začina (Singla i sur., 2013.). Kao prehrambeni proizvod široko je konzumiran (Cristina, 2005.). Predstavlja polučvrstu emulziju ulje/voda pripremljenu emulgiranjem biljnog ulja s ostalim sastojcima kao što su žumanjak jajeta, ocat, senf. Prema Pravilniku (1999.) salatna majoneza mora sadržavati minimalno 50 % biljnog ulja koji čini uljnu fazu proizvoda. McClements i Demetriades (1998.) utvrđuju da jestivo biljno ulje kao osnovni sastojak salatne majoneze ima važnu

ulogu u stvaranju ovog tipa emulzije ulje-voda, doprinosi okusu, izgledu, teksturi te oksidacijskoj stabilnosti na vrlo specifičan način. Sadržaj ulja u majonezi ima značajan učinak na reološka svojstva kao što je vrijednost prinosa, modul skladištenja i modula gubitka, ali nisu uočene razlike zbog sredstava za zgušnjavanje. Izražen je utjecaj sadržaja ulja na viskoznost majoneze opaženu u ustima i na mazivost (Štern i sur., 2007.). Korištenjem različitih vrsta biljnih ulja u kombinaciji postiže se željeni sastav masnih kiselina i tokoferola koji imaju funkciju prirodnih antioksidanasa te se mogu poboljšati

¹ dr. sc. Tihomir Moslavac, redoviti profesor; dr. sc. Jurislav Babić, redoviti profesor, Tanja Marković, student, Prehrambeno - tehnološki fakultet Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera Osijek, Franje Kuhača 20, Osijek

² Ana Mrgan, dipl. ing., v. pred., Veleučilište u Požegi, Vukovarska ul. 17, Požega

³ Anastazija Konjarević, dipl. ing., Hrvatski veterinarski institut, Veterinarski zavod Vinkovci, Josipa Kozarca 24, Vinkovci

*Autor za korespondenciju: Tihomir.Moslavac@ptfos.hr

šati prehrambena i senzorska svojstva majoneze (Kostyra i Barylko-Pikielna, 2007.). Proizvodnjom salatne majoneze s uljnom fazom koju čini mješavina jestivih biljnih ulja npr. suncokretovog ulja koji obogaćuje proizvod visokim udjelom esencijalnom linolnom masnom kiselinom i hladno prešanog bučinog ulja s oleinskom masnom kiselinom i gama tokoferolom (prirodni antioksidans) doprinose većoj stabilnosti majoneze prema oksidacijskom kvarenju. Hladno prešano bučino ulje svojom aromom i bojom doprinosi senzorskim svojstvima salatne majoneze. Žumanjak jajeta je vrlo važan za stabilnost ovog proizvoda (Hasenhuettl, 2008.; Narsimhan i Wang, 2008.). Često se koristi u majonezi kao emulgator jer daje željeni okus i boju (Baldwin, 1990. Mine, 1998.). Emulgirajući kapacitet žumanjaka jajeta uglavnom je zbog prisutnosti fosfolipida, lipoproteina visoke gustoće i niske gustoće (HDL i LDL). Ocat, sol, šećer i senf dodaju se majonezi kao sastojci za okus, ali čini se da svi ovi sastojci također igraju važnu ulogu u fizičkoj stabilnosti emulzije (McClements i Decker, 2000.). Dodatkom luteina, fikocijanina i drugih spojeva (Batista, 2006.), procesirane cikle (Raikos, 2016.) te voćne komponente (pulpa) postiže se oksidacijska stabilnost te specifičan okus i boja majoneze koja potiče zanimanje potrošača prema novim okusima i novim proizvodima. Određivanje reoloških svojstava značajan su čimbenik kvalitete hrane (Mezger, 2002.) tako i proizvoda koji predstavljaju emulziju ulje/voda (majoneze, umaci). Poznavanje reoloških svojstava ovih proizvoda važno je kod kreiranja određene viskoznosti i konzistencije salatne majoneze (Štern i sur., 2001.), u kontroli kvalitete tijekom proizvodnje, skladištenja i transporta (Juszczak i sur., 2003.). Reološka svojstva salatne majoneze uglavnom su određena udjelom i sastavom uljne faze, prisutnošću emulgatora, stabilizatora i zgušnjivača (Wendin i Hall, 2001.). Kvaliteta ovih proizvoda, njihova stabilnost i viskoznost ovise o procesu homogeniziranja (Wendin i sur., 1999.), raspršenosti i dispergiranosti kapljica ulja u vodenoj kontinuiranoj fazi majoneze, žumanjku jajeta (Guilmineau i Kulozik, 2007.; Xiong i sur., 2000.; Laca i sur., 2010.), vrsti ugljikohidrata (Ruiling i sur., 2011.) te udjelu i vrsti 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 žumanjaka 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 kapljice uljne faze većeg ili manjem promjera što rezultira različitom stabilnosti emulzije ulje/voda. Reološka svojstva kao i ponašanje salatne majoneze neprestano se istražuje s obzirom da na stav potrošača utječe sastavom, konzistencijom, okusom, bojom, ali i primjenom na salate, pomfrit i druga jela (Franco i sur., 1995.; Akhtar i sur., 2005.; Abu-Jdayil, 2003.).

U ovom radu istraživana je utjecaj sastava (mliječna komponenta, vrsta ugljikohidrata, žumanjak jajeta) kao i procesnih parametara homogenizacije (brzina rotora, vrijeme trajanja izrade majoneze) na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom kaše banane kod temperatura mjerenja 25 °C i 10 °C.

Materijal i metode

Materijali koji su korišteni za izradu salatne majoneze s dodatkom kaše banane su:

- Uljna faza 65 % (rafinirano suncokretovo ulje 45 %, hladno prešano bučino ulje 10 %, rafinirano rižino ulje 10 %)
- Žumanjak jajeta kokoši 6 %
- Ugljikohidrati 4 % (glukoza, fruktoza, laktoza, saharoza, inulin HD, bagremov med)
- Alkoholni ocat 4 %
- Morska sol 1 %
- Senf 1 %
- Mliječna komponenta 3 % (punomasno mlijeko u prahu, obrano mlijeko u prahu, sirutka u prahu)
- Vinska kiselina 0,1 %
- Destilirana voda 10,9 %
- Kaša banane 5 %

Uljnu fazu salatne majoneze čini rafinirano suncokretovo ulje (linolni tip) dobiveno iz Tvornice ulja Čepin, hladno prešano bučino ulje (sorta Gleisdorf) proizvedeno na Prehrambeno-tehnološkom fakultetu u Osijeku i rafinirano rižino ulje (Riso Scoti, Italija). U lokalnoj trgovini nabavljeni su alkoholni ocat, morska sol i senf. Žumanjak jajeta kokoši nabavljen je od privatnog dobavljača te je priređen kao svježi i pasterezirani. Mliječnu kompo-

mentu čini punomasno mlijeko u prahu (proteini 26,3 %, šećeri 39,8 %, masti 26 %), obrano mlijeko u prahu (mast 1,5 %) nabavljeno je iz firme Dukat d.d., a sirutka u prahu (mliječna mast u s.t. do 2 %, proteini 12-14 %, laktoza 73-75 %) iz firme Zdenka d.o.o. Ugljikohidrati glukoza, fruktoza i laktoza nabavljeni su iz firme Claro-Prom d.o.o., Zagreb, inulin HD iz firme Merck, saharoza iz Tvornice šećera Osijek i bagremov med od privatnog dobavljača. Vinska kiselina nabavljena je od firme Alkaloid, Skoplje, a dodaje se u funkciji regulatora kiselosti majoneze. Voćna komponenta (kaša banane) pripremljena je na način da se banana ogulila, izrezala na komadiće te usitnila miksanjem kako bi se dobio homogeniziran uzorak.

Priprema salatne majoneze

Priprema uzoraka salatne majoneze s dodatkom kaše banane napravljena je na tradicionalan način u laboratorijskim uvjetima, pri sobnoj temperaturi u količini 200 g za pojedini uzorak. Proizvodnja salatne majoneze provedena je sa laboratorijskim homogenizatorom model D-500 (Wiggenhauser, Njemačka-Malezija) s područjem brzine rotora 10000 - 30000 °/min. Kod izrade salatne majoneze korišten je sustav rotor/stator (rotor ER30 i stator S30F). Kontrolni uzorak salatne majoneze pripremljen je sa 65 % uljnom fazom koju čini mješavina rafiniranog suncokretovog ulja, hladno prešanog bučinog ulja i rafiniranog rižinog ulja te navedenim ostalim sastojcima (tablica 1).

Uzorci su pripremljeni tako da se prethodno izvažu potrebni sastojci te se dodaje 1/2 suncokretovog ulja, zatim svježi žumanjak jajeta, alkoholni ocat, voda i ostali sastojci, uključujući se homogenizator te se polagano dodaje preostali dio suncokretovog, bučinog i rižinog ulja te homogenizira tijekom 3 min kod brzine rotora 10 000 °/min. Priprema uzoraka salatne majoneze napravljena je pri sobnoj temperaturi svih sastojaka, a nakon izrade provedeno je mjerenje reoloških svojstava. Ostali uzorci salatne majoneze pripremljeni su na isti način, samo što su se mijenjali pojedini sastojci ovisno od recepture pojedinog uzorka te procesni parametri homogenizacije.

Reološka svojstva

Mjerenje reoloških svojstava svježe pripremljenih uzoraka salatne majoneze sa kašom banane provedeno je na rotacijskom viskozimetru, model DV-III+ Digital Rheometer-Brookfield Engineering Laboratories (SAD), primjenom koncentričnih cilindara tipa SC4-28 i SC4-29. Viskozimetar je povezan sa računalom, opremljenim software-om Rheocalc 3.2 koje upravlja mjerenjem reoloških svojstava te provodi obradu izmjerenih podataka. Ispitivanje reoloških svojstava uzoraka salatne majoneze provedeno je pri temperaturama 25 °C i 10 °C. Održavanje konstantne temperature uzorka tijekom mjerenja s viskozimetrom postignuto je primjenom termostata model TC-501P, firme Brookfield. Mjerenjem je ispitivana ovisnost smič-

Tablica 1. Osnovna receptura za pripremu salatne majoneze s dodatkom kaše banane (kontrolni uzorak)

Table 1 Basic recipe for salad mayonnaise with banana purée (control sample)

SASTOJCI/INGREDIENT	UZORAK/SAMPLE	
	Udio/Content (%)	Masa/Weight (g)
Rafinirano suncokretovo ulje/Refined sunflower oil	45	90
Hladno prešano bučino ulje/Cold pressed pumpkin seed oil	10	20
Rafinirano rižino ulje/Refined rice bran oil	10	20
Pasterizirani žumanjak jajeta/Pasteurised egg yolk	6	12
Sirutka u prahu/Whey powder	3	6
Glukoza/Glucose	4	8
Alkoholni ocat/White 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	10,9	21,8
Kaša banane/Banana purée	5	10
Ukupno/Total	100	200

nog naprežanja (τ) i prividne viskoznosti (μ) o brzini smicanja (D) u periodu brzine smicanja 2,18 - 137,1 s⁻¹ (uzlazno mjerenje) i 137,1 - 2,18 s⁻¹ (povratno mjerenje). Iz ovako dobivenih eksperimentalnih vrijednosti određen je tip tekućine gdje je utvrđeno da su svi ispitivani uzorci salatne majoneze imali nenewtonovska svojstva, te pripadaju pseudo-plastičnom tipu tekućina. Izračunate vrijednosti reoloških parametara koeficijenta konzistencije (k) i indeksa tečenja (n) dobivene su pomoću programa Microsoft Exel, uz primjenu metode linearne regresije.

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

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

- τ - smično naprežanje (Pa)
- D - brzina smicanja (s⁻¹)
- k - koeficijent konzistencije (Pa·sⁿ)
- n - indeks tečenja (-)

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

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

μ - prividna viskoznost (Pa·s)

Rezultati i rasprava

Rezultati ispitivanja utjecaja sastojaka kod izrade salatne majoneze s kašom banane na promjenu reoloških svojstava, mjerenih pri temperaturama 25 °C i 10 °C prikazani su u tablicama 2-4. Ispitivani uzorci salatne majoneze pokazuju nenewtonovska, pseudoplastična svojstva. Goshawk i Binding (1998.) i Mancini (2002.) potvrđuju da je majoneza nenewtonovska tekućina i pokazuje granicu tečenja, kod pseudoplastičnog i tiksotropnog ponašanja i vremenski ovisne karakteristike. Batista i sur. (2006.) kao i Izidoro i sur. (2007.) ukazuju na ovakvo pseudoplastično ponašanje majoneze s prinosom i karakteristikama koje ovise o vremenu. U tablici 2. prikazan je utjecaj mliječne komponente na reološke parametre salatne majoneze s kašom banane izrađene tijekom 3 min homogenizacije i brzine rotora 10 000 °/min. Kontrolni uzorak salatne majoneze izrađen sa sirutkom u prahu ima prividnu viskoznost 2,389 (Pa·s), koeficijent konzistencije (k) 57,15 (Pa·sⁿ) i indeks

Tablica 2. Utjecaj mliječne komponente na reološke parametre salatne majoneze s dodatkom kaše banane, tijekom homogenizacije 3 min i brzine rotora 10 000 °/min, mjereno pri temperaturama 25 °C i 10 °C.

Table 2 Effect of milk component on rheological parameters of salad mayonnaise with banana purée after 3 min homogenisation at 10,000 rpm rotor speed measured at 25 °C and 10 °C

UZORAK/SAMPLE	μ (Pa·s) D= 77,92 (s ⁻¹)	k (Pa·s ⁿ)	n	R ²
25 °C				
Obrano mlijeko u prahu /Skimmed milk powder	2,227	48,76	0,3205	0,99820
Punomasano mlijeko u prahu /Whole milk powder	2,341	55,16	0,3023	0,99672
Sirutka u prahu /Whey powder	2,389	57,15	0,2711	0,99002
10 °C				
Obrano mlijeko u prahu /Skimmed milk powder	2,706	54,82	0,3093	0,99805
Punomasano mlijeko u prahu /Whole milk powder	2,998	68,34	0,2864	0,98763
Sirutka u prahu /Whey powder	3,051	69,07	0,2838	0,99530

μ - prividna viskoznost kod brzine smicanja 77,92 (s⁻¹), (Pa·s) / apparent viscosity at shear stress of 77.92 (s⁻¹), (Pa·s)

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

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

R² - koeficijent determinacije / coefficient of determination

tečenja (n) 0,2711, mjereno pri 25 °C. Korištenjem obranog mlijeka u prahu kod izrade ove majoneze, dobivena je manja prividna viskoznost 2,227 (Pa.Sⁿ) i konzistencija 48,76 (Pa.Sⁿ) te veći indeks tečenja 0,3205 u odnosu na primjenu punomasnog mlijeka i sirutke u prahu. Iz dobivenih rezultata možemo zaključiti da se primjenom sirutke u prahu dobiva veća konzistencija i viskoznost salatne majoneze s kašom banane u odnosu na primjenu drugih ispitivanih mliječnih sastojaka, mjereno pri 25 °C. Također, mjerenjem reoloških svojstava ovih uzoraka pri 10 °C zapaža se ista pojava promjene reoloških parametara kao kod mjerenja pri 25 °C. Mjerenjem reoloških svojstava pri 10 °C dobivene su veće vrijednosti reoloških parametara u odnosu na mjerenje pri 25 °C, što je i očekivano s obzirom da temperatura utječe na reološka svojstva ovih proizvoda.

U tablici 3. prikazan je utjecaj vrste ugljikohidrata na reološke parametre salatne majoneze s kašom banane izrađene tijekom 3 min homogenizacije i brzine rotora 10 000 °/min, mjereno pri 25 °C i 10 °C. Kontrolni uzorak salatne majoneze izrađen je s glukozom. Rezultati u tablici ukazuju na pojavu da primjena monosaharida glukoze i fruktoze kod izrade ovih uzoraka salatne majoneze rezultira

manjim vrijednostima za prividnu viskoznost i koeficijent konzistencije u odnosu na primjenu disaharida saharoze i laktoze te inulina HD i bagremovog meda. Primjenom fruktoze dobiva se najniža prividna viskoznost i konzistencija ove majoneze. Dodatkom inulina HD postiže se najveća konzistencija majoneze 69,38 (Pa.sⁿ) i prividna viskoznost 2,775 (Pa.s), a najniži indeks tečenja 0,2610, mjereno pri 25 °C. Alvarez-Sabatel i sur. (2018.) utvrđuju da udio ulja i udio inulina utječu na stabilnost i reološka svojstva majoneze dobivene rotor-stator homogenizacijom kao i homogenizacijom visokim tlakom. Mjerenjem reoloških svojstava ovih uzoraka salatne majoneze s kašom banane pri 10 °C zapažena je ista pojava promjene svojstava tj. reoloških parametara.

Rezultati ispitivanja utjecaja žumanjka jajeta na reološke parametre salatne majoneze s kašom banane izrađene tijekom 3 min homogenizacije i brzine rotora 10000 °/min, mjereno pri 25 °C i 10 °C vidljivi su u tablici 4. Izradom majoneze sa svježim žumanjkom dobiva se veća vrijednost viskoziteta 2,653 (Pa.s) i konzistencije 60,26 (Pa.sⁿ), a manji indeks tečenja 0,2630. Primjenom cijelog jajeta u prahu kod izrade ove majoneze dobivena je veća vrijednost prividne viskoznosti i konzistencije

Tablica 3. Utjecaj vrste ugljikohidrata na reološke parametre salatne majoneze s dodatkom kaše banane, tijekom homogenizacije 3 min i brzine rotora 10 000 °/min, mjereno pri temperaturama 25 °C i 10 °C.

Table 3 Effect of carbohydrate type on rheological parameters of salad mayonnaise with banana purée after 3 min homogenisation at 10,000 rpm rotor speed measured at 25 °C and 10 °C

UZORAK/SAMPLE	μ (Pa.s) D= 77,92 (s ⁻¹)	k (Pa.s ⁿ)	n	R ²
25 °C				
Glukoza/Glucose	2,389	57,15	0,2711	0,99002
Fruktoza/Fructose	1,993	39,00	0,3173	0,99739
Saharoza/Sucrose	2,420	58,61	0,2683	0,99233
Laktoza/Lactose	2,744	68,49	0,2614	0,99316
Inulin HD/Inulin HD	2,775	69,38	0,2610	0,99183
Bagremov med/Acacia honey	2,751	65,04	0,2738	0,99329
10 °C				
Glukoza/Glucose	3,051	69,07	0,2838	0,99530
Fruktoza/Fructose	2,461	55,64	0,2841	0,98942
Saharoza/Sucrose	3,057	70,23	0,2819	0,99496
Laktoza/Lactose	3,071	77,50	0,2558	0,98422
Inulin HD/Inulin HD	3,092	78,94	0,2532	0,98311
Bagremov med/Acacia honey	3,061	77,29	0,2572	0,98732

u odnosu na primjenu pasteriziranog žumanjka, a manja vrijednost ovih parametara u odnosu na primjenu svježeg žumanjka jajeta. Ista zapažanja uočena su i kod mjerenja reoloških svojstava ove majoneze s kašom banane pri 10 °C, ali su dobivene veće vrijednosti nego pri 25 °C.

Rezultati ispitivanja utjecaja procesnih parametara homogenizacije (brzina rotora, vrijeme trajanja homogenizacije) na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom kaše banane prikazani su u tablicama 5 i 6. Izračunate vrijednosti reološkog parametra indeksa tečenja ($n = 0-1$)

pokazuju da ispitivana salatna majoneza pripada newtonovskim tekućinama, pseudoplastičnog tipa. U tablici 5. prikazan je utjecaj vremena trajanja homogenizacije (1, 3, 5 min), kod brzine rotora 10 000 °/min, na reološka svojstva salatne majoneze izražene reološkim parametrima, mjereno pri 25 °C i 10 °C. Dobiveni rezultati pokazuju da se tijekom 1 min homogenizacije dobiju parametri prividna viskoznost 1,549 (Pa.s) kod brzine smicanja 103,9 s⁻¹, koeficijent konzistencije 42,14 (Pa.sⁿ) te indeks tečenja 0,2886. Produženjem vremena trajanja homogenizacije kod izrade salatne majoneze sa 1 min na 3 min dobiva se emulzija veće viskoznosti

Tablica 4. Utjecaj žumanjka jajeta na reološke parametre salatne majoneze s dodatkom kaše banane, tijekom homogenizacije 3 min i brzine rotora 10 000 °/min, mjereno pri temperaturama 25 °C i 10 °C.

Table 4 Effect of egg yolk on rheological parameters of salad mayonnaise with banana purée after 3 min homogenisation at 10,000 rpm rotor speed measured at 25 °C and 10 °C

UZORAK/SAMPLE	μ (Pa.s) D= 77,92 (s ⁻¹)	k (Pa.s ⁿ)	n	R ²
25 °C				
Svježi žumanjak /Fresh egg yolk	2,653	60,26	0,2630	0,99117
Pasterizirani žumanjak /Pasteurised egg yolk	2,389	57,15	0,2711	0,99002
Cijelo jaje u prahu /Whole egg powder	2,501	58,53	0,3022	0,99927
10 °C				
Svježi žumanjak /Fresh egg yolk	3,140	71,52	0,2724	0,99773
Pasterizirani žumanjak /Pasteurised egg yolk	3,051	69,07	0,2838	0,99530
Cijelo jaje u prahu /Whole egg powder	3,113	71,15	0,2813	0,99748

Tablica 5. Utjecaj vremena trajanja homogenizacije na reološke parametre salatne majoneze s dodatkom kaše banane, kod brzine rotora 10 000 °/min, mjereno pri temperaturama 25 °C i 10 °C.

Table 5 Effect of homogenisation time on rheological parameters of salad mayonnaise with banana purée at 10,000 rpm rotor speed measured at 25 °C and 10 °C

UZORAK/SAMPLE	μ (Pa.s) D= 77,92 (s ⁻¹)	k (Pa.s ⁿ)	n	R ²
25 °C				
1 min	1,549	42,14	0,2886	0,98405
3 min	1,937	57,15	0,2711	0,99002
5 min	1,767	53,60	0,3281	0,99845
10 °C				
1 min	2,243	60,43	0,2907	0,99596
3 min	2,483	69,07	0,2838	0,99530
5 min	2,204	58,79	0,3024	0,99636

1,937 (Pa.s) i konzistencije 57,15 (Pa.sⁿ), a manji indeks tečenja 0,2711. Daljnjim porastom vremena izrade salatne majoneze na 5 min došlo je do razaranja strukture što rezultira sniženjem viskoznosti 1,767 (Pa.s) i konzistencije 53,60 (Pa.sⁿ) te porasta indeksa tečenja 0,3281. Kod mjerenja reoloških svojstava ove majoneze s kašom banane pri 10 °C, uočena su ista zapažanja ali su dobivene veće vrijednosti nego pri 25 °C.

U tablici 6. prikazan je utjecaj brzine rotacije rotora homogenizatora (10 000, 12 000, 15 000 °/min) tijekom 3 min pripreme salatne majoneze s kašom banane na reološke parametre, mjereno pri temperaturama 25 °C i 10 °C. Rezultati izračunatih vrijednosti reoloških parametara ovih uzoraka pokazuju da brzina rotacije rotora također utječe na promjenu reoloških svojstava. Porastom brzine rotora sa 10 000 na 12 000 o/min povećava se prividna viskoznost majoneze 2,291 (Pa.s) i konzistencija 59,86 (Pa.sⁿ), a smanjuje indeks tečenja

0,2241 što znači da sustav postaje stabilniji jer je formiran veći broj sitnijih kapljica ulja koji je fino raspršen u vodenoj fazi emulzije. Daljnjim porastom brzine rotora na 15 000 °/min tijekom proizvodnje ove salatne majoneze došlo je do stvaranja emulzije sa manjom prividnom viskoznosti 1,799 (Pa.s) i koeficijentom konzistencije 39,04 (Pa.sⁿ) u odnosu na primjenu brzine rotora 10 000 i 12 000 °/min. Ova pojava može se objasniti tako što se porastom brzine rotora homogenizatora do određene vrijednosti povećava viskoznost i konzistencija salatne majoneze. Međutim, daljnjim porastom brzine rotora dolazi do narušavanja tj. razaranja stabilne strukture ove emulzije ulje-voda te dolazi do „razrjeđivanja“ sustava. Ova pojava vidljiva je mjerenjem reoloških svojstava salatne majoneze i kod 10 °C.

Tablica 6. Utjecaj brzine rotacije rotora homogenizatora tijekom 3 min pripreme uzorka na reološke parametre salatne majoneze s dodatkom kaše banane, mjereno pri temperaturama 25 °C i 10 °C.

Table 6 Effect of homogeniser rotor rotation speed on rheological parameters of salad mayonnaise with banana purée after 3 min sample preparation measured at 25 °C and 10 °C

UZORAK/SAMPLE	μ (Pa.s) D= 77,92 (s ⁻¹)	k (Pa.s ⁿ)	n	R ²
25 °C				
10 000 °/min	1,937	57,15	0,2711	0,99002
12 000	2,291	59,86	0,2241	0,99902
15 000	1,799	39,04	0,3373	0,99611
10 °C				
10 000	2,483	69,07	0,2838	0,99530
12 000	2,513	75,11	0,3076	0,99628
15 000	2,207	49,58	0,3298	0,99511

Zaključci

Ispitivani uzorci salatne majoneze s dodatkom kaše banane pripadaju nenewtonovskim sustavima, pseudoplastičnog tipa tekućine. Primjenom mliječne komponente sirutke u prahu kod izrade salatne majoneze dobivena su reološka svojstva s većom prividnom viskoznošću i koeficijentom konzistencije, a manjim indeksom tečenja. Vrsta ugljikohidrata utječe na reološka svojstva salatne majoneze s dodatkom kaše banane. Salatna majoneza izrađena sa inulinom HD ima veću prividnu viskoznost i konzistenciju, a manji indeks tečenja u odnosu

na primjenu drugih ispitivanih šećera. Primjenjeni disaharidi ostvaruju veću viskoznost i konzistenciju salatne majoneze u odnosu na monosaharide. Veću viskoznost i konzistenciju pokazuje salatna majoneza sa svježim žumanjkom jajeta. Brzina rotora homogenizatora kao i vrijeme trajanja homogenizacije, kod konstantne brzine, utječe na promjenu reoloških svojstava salatne majoneze. Veća viskoznost i konzistencija, a manji indeks tečenja dobiveni su kod vremena homogenizacije tri minute. Mjerenjem reoloških svojstava ove majoneze s kašom banane pri 10 °C, uočena su ista zapažanja, ali su dobivene veće vrijednosti parametara nego pri 25 °C.

Literatura

- [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 emulsions. *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. *Narodne novine* 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 Heating 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. Waszczyński, 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-Technologie*, 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: 25.3.2018.

Prihvaćeno: 3.4.2019.

Effect of ingredients and homogenisation on rheological properties of salad mayonnaise with banana purée

Abstract

Rheological measurements are an important food industry tool used in the physical characterisation of raw materials prior to processing, as well as in the manufacturing of intermediate and final food products. This paper researches the effect of ingredients and processing parameters during homogenisation on rheological properties of salad mayonnaise with banana purée. Salad mayonnaise was prepared using various vegetable oils: sunflower, pumpkin seed and rice bran oil. The mechanical process of salad mayonnaise homogenisation was carried out at room temperature. The durability of salad mayonnaise in which oil phase amounted to 65 % was limited because it was prepared following the traditional recipe with no added preservatives. The rheological properties were measured using a rotating viscometer consisting of concentric cylinders, at 25 °C and 10 °C. The obtained results served as a basis for calculating rheological parameters: apparent viscosity, consistency coefficient and flow index. Research results demonstrated that basic ingredients affected the rheological properties of salad mayonnaise with banana purée. Greater rotor speed and longer homogenisation altered the rheological properties of salad mayonnaise.

Key words: salad mayonnaise, rheological properties, homogenisation, mayonnaise ingredients, banana purée

Auswirkung der Zusammensetzung und Homogenisierung auf die rheologischen Eigenschaften von Salatmayonnaise mit Bananenbrei

Zusammenfassung

Rheologische Messungen in der Lebensmittelindustrie sind bedeutende Verfahren für die physische Charakterisierung von Rohstoffen vor der Behandlung, für Halbprodukte während des Herstellungsverfahrens und für Fertigprodukte. In dieser Arbeit wurden die Auswirkungen des Eigelbs, der Milchkomponente, der Kohlenhydratsorte, der Rotorgeschwindigkeit und der Homogenisierungszeit auf die rheologischen Eigenschaften der Salatmayonnaise mit Bananenbrei untersucht. Für die Herstellung von Salatmayonnaise wurden diverse Pflanzenölsorten verwendet: Sonnenblumenöl, Kürbiskernöl und Reisöl. Das mechanische Verfahren der Homogenisierung der Salatmayonnaise wurde bei 10 000 o/min während 3 Minuten bei Raumtemperatur durchgeführt. Die Salatmayonnaise mit 65 % Öl wird nach traditioneller Rezeptur ohne Zugabe von Konservierungsstoffen hergestellt, wodurch die Haltbarkeit des Produkt eingeschränkt ist. Die Messungen der rheologischen Eigenschaften wurden in einem Rotationsviskosimeter mit konzentrischen Zylindern, bei Temperaturen von 25 °C und 10 °C durchgeführt. Aus den gewonnenen Parametern wurden die rheologischen Parameter errechnet: Scheinviskosität, Konzistenzkoeffizient und Fließindex. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass die Milchkomponente, das Eigelb und die Kohlenhydratsorte die rheologischen Eigenschaften der Salatmayonnaise mit Bananenbrei beeinflussen. Mit Steigerung der Rotorgeschwindigkeit und der Dauer des Homogenisierungsprozesses ändern sich die rheologischen Eigenschaften der Salatmayonnaise.

Schlüsselwörter: Salatmayonnaise, rheologische Eigenschaften, Homogenisierungsverfahren, Mayonnaiseinhaltsstoffe, Bananenbrei

La influencia de los ingredientes y de la homogeneización sobre las características reológicas de la mayonesa de ensalada con puré de plátano

Resumen

Las medidas reológicas son muy importantes en la industria alimentaria como un medio para la caracterización física de la materia prima antes del procesamiento, para los semiproductos durante la producción y para la comida preparada. En este trabajo fue investigada la influencia de los ingredientes y de los parámetros del proceso de la homogeneización sobre las características reológicas de la mayonesa de ensalada con puré de plátano. Para la preparación de la mayonesa de ensalada fueron usados diferentes tipos de aceites vegetales: el aceite de girasol, el aceite de semillas de calabaza y el aceite de arroz. El proceso mecánico de la homogeneización de la mayonesa de ensalada fue realizado a la temperatura ambiente. La mayonesa de ensalada con la fase dispersa de 65 % fue hecha según la receta tradicional sin conservante añadido, lo que limita la durabilidad del producto. Las mediciones reológicas fueron hechas en el viscosímetro rotacional de cilindros concéntricos, bajo las temperaturas de 25 °C y de 10 °C. De los resultados obtenidos fueron calculados los parámetros reológicos: la viscosidad aparente, el coeficiente de coherencia y el índice de flujo. Los resultados de la investigación muestran que los ingredientes básicos influyen sobre las características reológicas de la mayones de ensalada con puré de plátano. Al aumentar la velocidad de los cilindros y el tiempo de duración del proceso de la homogeneización, cambian las características de la mayonesa de ensalada.

Palabras claves: mayonesa de ensalada, características reológicas, proceso de homogeneización, ingredientes de mayonesa, puré de plátano

Impatto degli ingredienti e dell'omogeneizzazione sulle proprietà reologiche della maionese da insalata con purea di banana

Riassunto

Le misurazioni reologiche sono molto importanti nell'industria alimentare come strumento per la caratterizzazione fisica delle materie prime prima della loro lavorazione, per i semilavorati nel corso della produzione e per i prodotti alimentari finiti. Questa ricerca ha studiato l'impatto del tuorlo dell'uovo, dei componenti del latte, dei vari tipi di carboidrati, della velocità del rotore e del tempo dell'omogeneizzazione sulle proprietà reologiche della maionese da insalata con purea di banana. Per la produzione della maionese da insalata sono state impiegate diverse tipologie di oli vegetali: olio di semi di girasole, olio di semi di zucca e olio di riso. Il processo meccanico di omogeneizzazione della maionese da insalata s'è svolto a temperatura ambiente a 10.000 °/min e nel tempo di 3 minuti. La maionese da insalata con il 65 % di fase oleosa è stata prodotta in base a una ricetta tradizionale che non prevede l'aggiunta di conservanti, da cui discende che la durata del prodotto è limitata. Le misurazioni delle proprietà reologiche sono state eseguite su un rotoviscosimetro a cilindri concentrici alle temperature di 25 °C e 10 °C. Dai dati ottenuti sono stati calcolati i seguenti parametri reologici: viscosità apparente, coefficiente di consistenza e indice di fluidità. I risultati della ricerca mostrano che i componenti del latte, il tuorlo dell'uovo e i vari tipi di carboidrati incidono eccome sulle proprietà reologiche della maionese da insalata con purea di banana. Con l'aumento della velocità del rotore e del tempo di durata del processo di omogeneizzazione, mutano anche le proprietà reologiche della maionese da insalata.

Parole chiave: maionese da insalata, proprietà reologiche, processo di omogeneizzazione, ingredienti della maionese, purea di banana.