

Reološke karakteristike salatne majoneze izrađene s različitim rotor/stator sustavom

Tihomir Moslavac^{1*}, Antun Jozinović¹, Sandra Budžaki¹, Marta Ostojčić¹, Mirna Brekalo¹, Hrvoje Krajina²

Sažetak

Određivanje reoloških svojstava prehrambenih proizvoda postaje sve važnije za ocjenu sirovina i kvalitete gotovih proizvoda, kao i za predviđanje ponašanja poluproizvoda tijekom obrade. Reološka svojstva važan su parametar kvalitete salatne majoneze. Poznavanje reoloških karakteristika značajno je kod kreiranja željene konzistencije majoneze i kontroli kvalitete tijekom proizvodnje. U ovom radu istraživana je utjecaj brzine rotora, vremena homogenizacije, vrste ulja, udjela mliječne komponente na reološka svojstva salatne majoneze. Za ispitivanje korištene su razne vrste biljnih ulja: suncokretovo ulje (rafinirano, hladno prešano), repičino ulje (rafinirano, hladno prešano) i hladno prešano sezamovo ulje. Korišteno je sojino mlijeko u prahu različite koncentracije. Mehanički proces homogenizacije salatne majoneze (65 % uljna faza) proveden je kod različite brzine rotora (10000, 12000, 15000 o/min) i vremenu (1, 3, 5, 7 min). Ovaj proizvod izrađen je sa dva različita tipa rotor/stator sustava. Mjerenja reoloških karakteristika salatne majoneze provedena su na rotacijskom viskozimetru sa koncentričnim cilindrima pri temperaturi 25 °C. Iz dobivenih podataka izračunati su reološki parametri koeficijent konzistencije, indeks tečenja i prividna viskoznost salatne majoneze. Navedeni rezultati pokazuju da salatna majoneza izrađena sa hladno prešanim suncokretovim uljem ima veću viskoznost i konzistenciju u odnosu na druga ulja. Primjena sezamovog ulja dovodi do manjih reoloških parametara viskoznosti i konzistencije. Brzina rotora, vrijeme homogenizacije i tip rotor/stator sustava utječu na promjenu reoloških svojstava salatne majoneze.

Ključne riječi: salatna majoneza, reološke karakteristike, sastav, proces homogenizacije, tip rotor/stator sustava

Uvod

Prehrambeni proizvodi su komplicirane mješavine sastojaka koje se mogu znanstveno opisati reološkim mjerenjima. Reološka analiza hrane omogućuje određivanje strukture gotovog proizvoda s navedenim karakteristikama u skladu s tehničkim propisima za ovaj proizvod. Majoneza

je prehrambeni proizvod koji se sve više konzumira (Cristina, 2005.), jedan je od najkorištenijih umaka u svijetu, poželjan je umak među mlađim generacijama i često se koristi kao namaz za sendvič čime se postiže puniji okus. Majoneza potiče apetit i poboljšava probavu povećanjem hranjive vrijednosti i

¹ prof. dr. sc. Tihomir Moslavac; izv. prof. dr. sc. Antun Jozinović; prof. dr. sc. Sandra Budžaki; Marta Ostojčić, mag. ing. proc.; Mirna Brekalo, mag. ing. techn. aliment.; Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera Osijek, Franje Kuhača 18, 31000 Osijek

² Hrvoje Krajina, dr. med. Vet., Hrvatski veterinarski institut, Veterinarski zavod Vinkovci, Josipa Kozarca 24, 32100 Vinkovci

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

obogaćivanjem okusa hrane. Smatra se proizvodom visoke biološke i fiziološke vrijednosti (Taslikh i sur., 2022.). Boja majoneze često varira, obično od blijedo žute ili je ponekad prisutna u bijeloj boji što ovisi o prisutnosti/odsutnosti žumanjka jajeta do žute boje različite nijanse. Prema Pravilniku o temeljnim zahtjevima za jestiva ulja i masti, margarine i njima slične proizvode, majoneze, umake, preljeve, salate i ostale proizvode na bazi jestivih ulja i masti (NN 39/1999.), salatna majoneza mora sadržavati min. 50 % biljnog ulja koji čini uljnu fazu proizvoda. To je višekomponentni proizvod koji ima raznoliku konzistenciju, stabilan je u određenom temperaturnom intervalu, predstavlja polučvrstu emulziju tipa ulje/voda, a formuliran je finim dispergiranjem, emulgiranjem sitnih kapljica biljnog ulja sa žumanjkom jajeta, octom, ugljikohidratom, senfom i raznim začinima (Singla i sur., 2013.; Raikos i sur., 2016.; Gorji i sur., 2016.; Katsaros i sur., 2020.). McClements i Demetriades (1998.) utvrđuju da jestivo biljno ulje kao osnovni sastojak majoneze ima važnu ulogu u stvaranju ovog tipa emulzije ulje/voda, doprinosi okusu, teksturi, boji, a naročito oksidacijskoj stabilnosti. Udio ulja u majonezi ima značajan učinak na reološka svojstva ove emulzije. U proizvodnji majoneze korištenjem različitih vrsta biljnih ulja postiže se željeni sastav masnih kiselina i tokoferola koji imaju funkciju prirodnih antioksidanasa te se mogu poboljšati prehrambena i senzorska svojstva majoneze (Kostyra i Barylko-Pikielna, 2007.). Važan sastojak ovog proizvoda je žumanjak jajeta (Hasenhuettl, 2008; Narsimhan i Wang, 2008.). Emulzija majoneze stabilizira se žumanjkom koji sadrži različite sastojke poput lecitina (fosfolipida) i proteina (livetin, lipovitellin i lipovitellin). Huang i sur. (2016.) pokazuju da je hidrofobna interakcija s kapljicama uljne faze ostvarena uz pomoć sastojaka žumanjka. Ako se odaberu određeni procesni parametri kod proizvodnje i sastav (količina žumanjka, biljnog ulja, omjera ulja i vodene faze, postupka homogenizacije) tada će emulzija majoneze biti stabilna (Gorji i sur., 2016.). Žumanjak se koristi u proizvodnji majoneze kao emulgator, ali daje i željeni okus i boju (Baldwin, 1990.; Mine, 1998.). Emulgirajući kapacitet žumanjka jajeta uglavnom je određen zbog prisutnosti fosfolipida, lipoproteina visoke gustoće i niske gustoće (Bredikhin i sur., 2022.b). Ocat, sol, šećer i senf dodaju se majonezi kao arome. Čini se da ovi sastojci igraju važnu ulogu u osiguravanju fizičke stabilnosti emulzije (Santos Ferreira i sur., 2022.). McClements

i Decker (2000.) te De Leonardis i sur. (2022.) prikazuju da ocat, sol, šećer, senf i drugi sastojci koji se dodaju majonezi utječu na formiranje okusa, ali igraju važnu ulogu i u fizičkoj stabilnosti emulzije. Organske kiseline (octena i limunska) pospješuju probavu, osiguravaju potrebnu kiselost i baktericidnu čistoću te osiguravaju okus i miris (Patil & Benjakul, 2019.). 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. Danas možemo reći da je određivanje reoloških svojstava hrane jedan od značajnih čimbenika kvalitete sirovine i gotovih proizvoda (Mezger, 2002.) pa tako i proizvoda tipa emulzije ulje/voda (majoneze, umaci) (Rukke i Schuller, 2019.; Štern i sur., 2008.; Nogueira i sur., 2022.). Također, važno je i predviđanje ponašanja poluproizvoda tijekom obrade (Yildirim i sur., 2016.; Muadiad i Sirivongpaisal, 2022.). Poznavanje reoloških svojstava ovih proizvoda važno je kod kreiranja određene viskoznosti i konzistencije majoneze (Štern i sur., 2001.), ali i u kontroli kvalitete tijekom proizvodnje, skladištenja i transporta (Juszczak i sur., 2003.; Heydari i sur., 2021.). Wendin i Hall (2001.) ukazuju da su reološka svojstva majoneze uglavnom određena udjelom i sastavom uljne faze, prisutnošću emulgatora, stabilizatora i zgušnjivača. Kvaliteta ovih proizvoda, njihova stabilnost i viskoznost ovise o procesu homogeniziranja (Wendin i sur., 1999; Aganović i sur., 2018.), raspršenosti kapljica ulja u vodenoj fazi emulzije, žumanjku jajeta (Guilmineau i Kulozik, 2007.; Xiong i sur., 2000.; Laca i sur., 2010.; Yang i sur., 2020.), vrsti ugljikohidrata (Ruiling i sur., 2011.) te udjelu i vrsti mliječne komponente (Dybowska, 2008.; Saygili i sur., 2022.; Bredikhin i sur., 2022.a). Tijekom proizvodnje emulzije tipa ulje/voda vrlo važnu ulogu imaju procesni parametri homogenizacije (brzina rotora, vrijeme trajanja) te izbor sustava rotor/stator kojim se formiraju kapljice uljne faze manjeg promjera što doprinosi većoj stabilnosti ovih proizvoda (Kumar i sur., 2021.). Danas se reološka svojstva i ponašanje majoneze neprestano istražuje obzirom da na prihvatljivost potrošača utječu sastavom, konzistencijom, okusom, bojom, ali i primjenom na sendviče, pomfrit, pice i salate (Franco i sur., 1995; Akhtar i sur., 2005; Abu-Jdayil, 2003.; Gaikwad i sur., 2019.).

U ovom radu istraživao je utjecaj procesnih

parametara homogenizacije (brzina rotora, vrijeme homogenizacije, tip rotor/stator sustava) i sastava (vrsta ulja, udio sojinog mlijeka) na reološke karakteristike salatne majoneze.

Materijal i metode

Materijali korišteni za izradu salatne majoneze su:

- Uljna faza (hladno prešano i rafinirano suncokretovo ulje, hladno prešano i rafinirano repičino ulje, hladno prešano sezamovo ulje),
- Žumanjak jajeta kokoši (svježi),
- Ugljikohidrati (glukoza),
- Alkoholni ocat,
- Morska sol,
- Senf,
- Sojino mlijeko u prahu,
- Destilirana voda.

Uljnu fazu salatne majoneze čini pojedinačno biljno ulje koje je nabavljeno u trgovini. Žumanjak jajeta kokoši nabavljen je od privatnog dobavljača te je priređen kao svježi. Od ugljikohidrata korišten je monosaharid glukoza nabavljena iz firme Claro-prom d.o.o. Alkoholni ocat, morska sol i senf nabavljeni su u lokalnoj trgovini. Sojino mlijeko u prahu proizvedeno je u firmi Grano Vita GmbH, Njemačka.

Priprema salatne majoneze

Salatna majoneza pripremljena je u laboratorijskim uvjetima, pri sobnoj temperaturi u količini 200 g za pojedini uzorak. Proizvodnja salatne majoneze provedena je s laboratorijskim homoge-

nizatorom, model D-500 (Wiggenhauser, Njemačka-Malezija) s rasponom brzine rotora 10000-30000 o/min. Kod izrade majoneze korištena su dva različita tipa rotor/stator sustava: Tip 1 (rotor SR20, stator S20C), Tip 2 (rotor ER30, stator S30F). Standardni (kontrolni) uzorak salatne majoneze pripremljen je sa 65 % uljnom fazom koju čini hladno prešano suncokretovo ulje te navedenim ostalim sastojcima (Tablica 1). Uzorak salatne majoneze napravljen je tako da se 1/2 od ukupne količine ulja izvaže u čašu u kojoj se homogenizira uzorak, a drugu polovicu u manju čašicu. Ostali sastojci, svaki zasebno se izvažu u čašice, odnosno na satna stakla (sol, šećer, senf, žumanjak). Sve sastojke za izradu salatne majoneze potrebno je dodati u čašu s polovinom ulja i tijekom homogenizacije u prvih trideset sekundi dodaje se druga polovica pripremljenog biljnog ulja. Homogenizacija uzorka se nastavlja do isteka 3 minute kod konstantne brzine rotora 10000 o/min. Nakon isteka zadanog vremena izrađena je stabilna emulzija ulje/voda (salatna majoneza). Ostali uzorci salatne majoneze kod ispitivanja utjecaja sastava na promjenu reoloških svojstava pripremljeni su na isti način (10000 o/min, 3 min), samo što su se mijenjali pojedini sastojci (vrsta ulja, udio sojinog mlijeka u prahu) ovisno od recepture pojedinog uzorka. Kod ispitivanja utjecaja procesnog parametra vremena homogenizacije (1, 3, 5, 7 min) salatna majoneza proizvedena je kod brzine rotora 10000 o/min i standardnog sastava majoneze. Kod ispitivanja utjecaja brzine rotora homogenizatora (10000, 12000, 15000 o/min) salatna majoneza proizvedena je u vremenu homogeniza-

Tablica 1. Osnovna receptura za pripremu salatne majoneze (kontrolni uzorak)

Table 1 Basic recipe for the preparation of salad mayonnaise (control sample)

Sastojci / Ingredients	Uzorak / Sample	
	Udio / Share (%)	Masa / Mass (g)
Hladno prešano suncokretovo ulje/Cold pressed Sunflower oil	65	130
Glukoza /Glucose	5	10
Svježi žumanjak jajeta / Fresh egg yolk	5	10
Alkoholni ocat/Alcoholic vinegar	4	8
Morska sol / Sea salt	1	2
Senf / Mustard	1	2
Sojino mlijeko u prahu / Soy milk powder	3	6
Destilirana voda / Distilled water	16	32
Ukupno / Total	100	200

cije 3 min i standardnog sastava majoneze. Priprema uzoraka salatne majoneze napravljena je pri sobnoj temperaturi svih sastojaka, a nakon izrade provedeno je mjerenje reoloških svojstava.

Reološka svojstva

Na svježe izrađenim uzorcima salatne majoneze provedeno je mjerenje reoloških svojstava primjenom rotacijskog viskozimetra, model DV-III+ Digital Rheometer-Brookfield Engineering Laboratories (SAD), sa koncentričnim cilindrima tipa SC4-28 i SC4-29 pri sobnoj temperaturi 25 °C. Viskozimetar je povezan s računalom, opremljeno programom Rheocalc 3.2 koje upravlja mjerenjem reoloških svojstava te provodi obradu izmjerenih podataka. Održavanje konstantne temperature uzoraka tijekom mjerenja postignuto je primjenom termostata model TC-501P, firme Brookfield. Mjerenjem je ispitivana ovisnost smičnog napreznja (τ) 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 reoloških svojstava majoneze određena je vrsta i tip tekućine. Izračunate vrijednosti reoloških parametara koeficijenta konzistencije (k) i indeksa tečenja (n) dobivene su pomoću programa Microsoft Excel, 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 napreznje (Pa),
 D - brzina smicanja (s⁻¹),
 k - koeficijent konzistencije (Pa·sⁿ),
 n - indeks tečenja (-).

Izračun parametra prividne viskoznosti uzoraka salatne majoneze proveden je primjenom izraza:

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

μ - prividna viskoznost (Pa·s)

Određivanje boje instrumentalnom metodom

Boja uzorka salatne majoneze mjerena je pomoću tristimulusnog kolorimetra (Minolta CR-300). Reflektirana svjetlost sa površine uzorka salatne majoneze mjeri se pomoću ovog tipa kromometra. Mjerenje se provodi kroz otvor mjerne glave koja se nasloni na staklo posude u kojoj se nalazi uzorak salatne majoneze. U otvoru mjerne

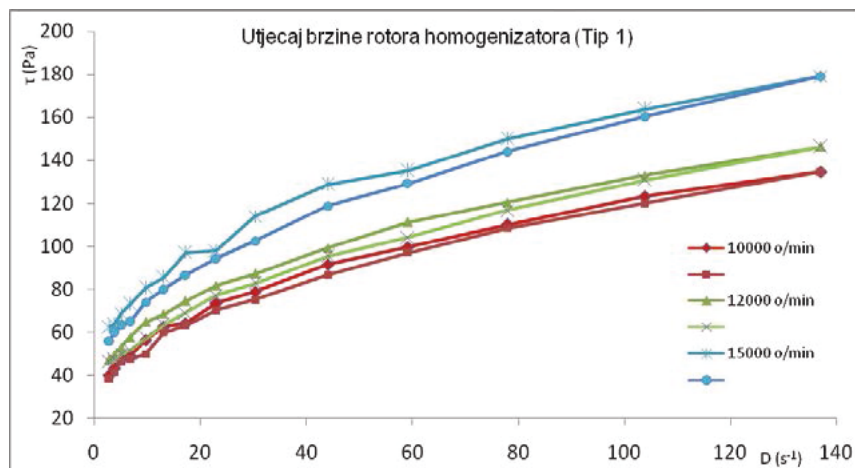
glave nalazi se ksenonska lučna svjetiljka koja pulsiranjem svjetlost baca okomito na površinu predmeta. Svjetlost se reflektira, a takvu svjetlost mjeri šest vrlo osvijetljenih silikonskih fotočelija. Računalo zapisuje izmjerene podatke i izražava ih u pet različitih sustava (XYZ, Yxy, L*a*b, Lch, hunter L*a*b). U radu su korištena dva sustava mjerenja boje (L*a*b i hunter L*a*b), a posebno je obrađen sustav L*a*b, koji daje približne vrijednosti kao ljudsko oko.

- L - vrijednost koja daje informaciju da li je nešto svijetlo ili tamno. Ako je vrijednost L=100 rezultat je bijela boja, a ako je L=0 predmet je crne boje.
- a - vrijednost koja može biti pozitivna ili negativna. Ako je pozitivna rezultat je crvena boja, a ako je negativna rezultat je zelena boja.
- b - vrijednost koja također može biti pozitivna ili negativna. Ako je pozitivna rezultat je žuta boja, a ako je negativna rezultat je plava boja.

Postupak: pojedini uzorci salatne majoneze, pripremljeni sa različitim vrstama ulja stavljeni su u kive tu instrumenta, pri tome pazeći da u masi uzorka ne nastanu mjehurići zraka. Boja salatne majoneze je izmjerena instrumentalno, a dobiveni ispisani podaci se prezentiraju kao rezultat mjerenja.

Rezultati i rasprava

Rezultati istraživanja utjecaja brzine rotacije rotora homogenizatora (10000, 12000, 15000 o/min) tijekom 3 minute pripreme uzorka na reološka svojstva i reološke parametre salatne majoneze prikazani su na slici 1 i u tablici 2. Na slici 1 prikazan je utjecaj brzine rotora homogenizatora primjenom sustava rotor/stator Tip 1 na reološka svojstva salatne majoneze, mjerena pri 25 °C. Prikaz ovisnosti smičnog napreznja (τ) o brzini smicanja (D) ukazuje na to da uzorci pripadaju nenenewtonovskim tekućinama sa pseudoplastičnim svojstvima. Zapaža se na slici da se primjenom veće brzine rotacije rotora homogenizatora, sa sustavom Tip 1, povećava vrijednost smičnog napreznja (τ) salatne majoneze. Autori Bredikhina i sur. (2022.b) potvrđuju da je majoneza nenenewtonska tekućina i pokazuje granicu tečenja, pseudoplastičnost i tiksotropiju. Autori Bredikhina i sur. (2022.a) ukazuju na pseudoplastično ponašanje majoneze sa reološkim svojstvima koja ovise o sastavu sirovine.



Slika 1. Utjecaj brzine rotora homogenizatora (sustav Tip 1, kod 3 min homogenizacije) na reološka svojstva salatne majoneze

Figure 1 Influence of homogenizer rotor speed (Type 1 system, at 3 min of homogenization) on the rheological properties of salad mayonnaise

U tablici 2 vidljivo je da porast brzine rotora homogenizatora kod sustava Tip 1 dovodi do porasta reoloških parametara salatne majoneze prividne viskoznosti (μ) i koeficijenta konzistencije (k) te smanjenja indeksa tečenja (n). Izradom majoneze kod 10000 o/min u trajanju 3 minute (standardni uzorak majoneze) dobivena je manja viskoznost (1,39 Pa·s), a kod 15000 o/min veća viskoznost (1,86 Pa·s). Također je i manja konzistencija majoneze izražena koeficijentom konzistencije (k) kod majoneze izrađene pri 10000 o/min u odnosu na 12000 i 15000 o/min. Vrijednost reološkog parametra indeksa tečenja (n) snižava se s porastom brzine rotacije rotora (Tip 1) homogenizatora. Bredikhin i sur. (2023) potvrđuju da se s porastom brzine roto-

ra tijekom homogenizacije povećavaju viskoznost i konzistencija majoneze izrađene s raznim vrstama meda. Pripremom salatne majoneze sa sustavom rotor/stator Tip 2 dobivene su neznatno veće vrijednosti reoloških parametara prividne viskoznosti (μ) i indeksa tečenja (n) korištenjem većih brzina rotora homogenizatora. Međutim porastom brzine rotora s 10000 o/min na 12000 i 15000 o/min snižava se konzistencija majoneze (koeficijent konzistencije). Razlog tome je taj što veće brzine rotora primjenom rotor/stator sustava Tip 2 dovode do razaranja sustava emulzije ulje/voda u odnosu na sustav Tip 1. Usporedbom rezultata utjecaja brzine rotora primjenom rotor/stator sustava Tip 1 i

Tablica 2. Utjecaj brzine rotacije rotora homogenizatora (o/min) tijekom 3 min pripreme uzorka na reološke parametre salatne majoneze, mjereno pri 25 °C

Table 2 Influence of rotation speed of homogenizer rotor (rpm) during 3 min sample preparation on rheological parameters of salad mayonnaise, measured at 25 °C

Uzorak / Sample	Tip 1 / Type 1				Tip 2 / Type 2			
	μ (77,92 s ⁻¹) (Pa·s)	k (Pa·s ⁿ)	n	R ²	μ (77,92 s ⁻¹) (Pa·s)	k (Pa·s ⁿ)	n	R ²
10 000 o/min	1,39	28,15	0,31	0,99447	1,99	43,90	0,29	0,98878
12 000 o/min	1,51	33,27	0,29	0,99529	2,07	40,03	0,32	0,99742
15 000 o/min	1,86	44,75	0,27	0,98548	2,05	38,03	0,33	0,99092

Tip 1, Tip 2 - tip sustava rotor/stator homogenizatora / Type 1, Type 2 - type of homogenizer rotor/stator system,
 μ - prividna viskoznost kod brzine smicanja 77,92 (s⁻¹), (Pa·s) / apparent viscosity at shear rate,
 k - koeficijent konzistencije (Pa·sⁿ) / consistency coefficient,
 n - indeks tečenja / flow behaviour indeks,
R² - koeficijent determinacije / coefficient of determination

Tip 2 na reološke parametre majoneze uočava se da sustav Tip 2 ostvaruje emulziju ulje/voda veće prividne viskoznosti (μ) u odnosu na emulziju dobivenu Tipom 1. Također primjenom sustava Tip 2 dobiva se veća konzistencija emulzije majoneze (10000 i 12000 o/min), ali kod 15000 o/min smanjuje se koeficijent konzistencije (k) u odnosu na primjenu sustava Tip 1.

Utjecaj vremena homogenizacije (1, 3, 5, 7 minuta) primjenom rotor/stator sustava Tip 1 i Tip 2 kod 10000 o/min, na reološka svojstva i parametre salatne majoneze, vidljiv je u tablici 3. U tablici rezultati reoloških parametara ukazuju na poja-

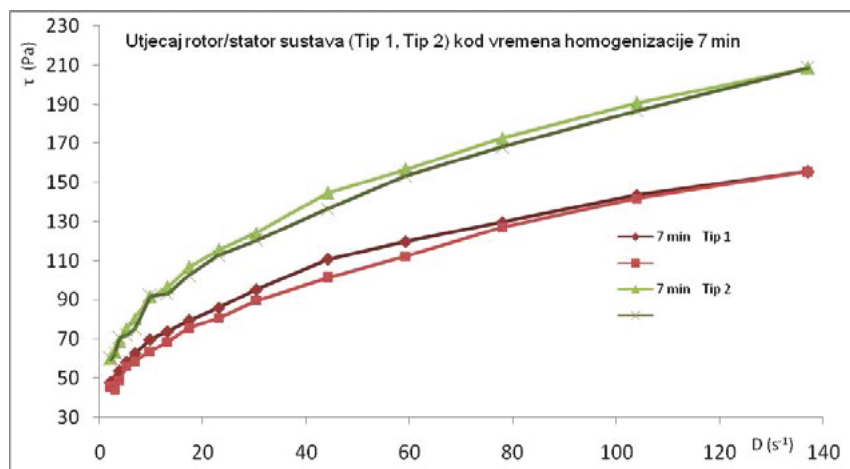
vu da se porastom vremena homogenizacije s 1 minute na 3, 5 i 7 minuta (kod brzine rotora 10000 o/min), povećava prividna viskoznost (μ) i koeficijent konzistencije (k) salatne majoneze izrađene s oba sustava rotor/stator (Tip 1 i Tip 2). Dakle, porastom vremena homogenizacije od 1 do 7 min dolazi do razvijanja stabilne emulzije ulje/voda što rezultira porastom konzistencije i viskoziteta. Bredikhin i sur. (2023) potvrđuju da se s vremenom trajanja homogenizacije povećavaju viskoznost i konzistencija majoneze izrađene s raznim vrstama meda. Usporedbom korištenja rotor/stator sustava Tip 1 i Tip 2 kod izrade salatne majoneze na reološke para-

Tablica 3. Utjecaj vremena homogenizacije na reološke parametre salatne majoneze, proizvedene kod 10000 o/min, mjereno pri 25 °C

Table 3 Influence of time of homogenization on rheological parameters of salad mayonnaise, produced at 10000 rpm, measured at 25 °C

Uzorak / Sample	Tip 1 / Type 1				Tip 2 / Type 2			
	μ (77,92 s ⁻¹) (Pa·s)	k (Pa·s ⁿ)	n	R ²	μ (77,92 s ⁻¹) (Pa·s)	k (Pa·s ⁿ)	n	R ²
1 min	1,04	23,01	0,29	0,99259	1,35	28,42	0,30	0,99336
3 min	1,39	28,15	0,31	0,99447	1,99	43,90	0,29	0,98878
5 min	1,44	34,72	0,27	0,96665	2,05	45,63	0,28	0,99511
7 min	1,63	35,84	0,29	0,99524	2,16	47,24	0,30	0,99734

Tip 1, Tip 2 - tip sustava rotor/stator homogenizatora / Type 1, Type 2 - type of homogenizer rotor/stator system,
 μ - prividna viskoznost kod brzine smicanja 77,92 (s⁻¹), (Pa·s) / apparent viscosity at shear rate,
 k - koeficijent konzistencije (Pa·sn) / consistency coefficient,
 n - indeks tečenja / flow behaviour indeks,
 R² - koeficijent determinacije / coefficient of determination



Slika 2. Utjecaj tipa rotor/stator sustava homogenizatora (Tip 1 i Tip 2), kod vremena homogenizacije 7 min pri brzini rotora 10000 o/min, na reološka svojstva salatne majoneze

Figure 2 Influence of the rotor/stator type of the homogenizer system (Type 1 and Type 2), with a homogenization time of 7 min at a rotor speed of 10,000 rpm, on the rheological properties of salad mayonnaise

metre ovih uzoraka možemo zaključiti da se primjenom Tipa 2 dobiva stabilnija emulzija ulje/voda s većim vrijednostima prividne viskoznosti i koeficijenta konzistencije. Ova pojava vidljiva je i na slici 2.

Utjecaj vrste ulja (uljna faza 65 %) na reološka svojstva i parametre salatne majoneze izrađene sustavom rotor/stator Tip 1 i Tip 2, pri 10000 o/min u vremenu 3 minute, prikazan je u tablici 4. Standardni (referentni) uzorak salatne majoneze izrađen je s hladno prešanim suncokretovim uljem. Dobiveni rezultati reoloških parametara salatne majoneze prikazani u tablici ukazuju da standardni uzorak napravljen sa hladno prešanim suncokretovim uljem ima veću prividnu viskoznost (μ) i koeficijent konzistencije (k) u odnosu na majoneze izrađene s drugim ispitivanim biljnim uljima. Najnižu vrijednost viskoznosti i konzistencije pokazuje majoneza izrađena s hladno prešanim sezamovim uljem. Ova pojava zapažena je kod izrade salatne majoneze s oba sustava rotor/stator (Tip 1 i Tip 2). Ako se promatra primjena suncokretovog ulja (rafinirano i hladno prešano) zapaža se da hladno prešano suncokretovo ulje dovodi do stabilnije emulzije ulje/voda (veća viskoznost i konzistencija) u odnosu na primjenu rafiniranog ulja. To se može objasniti tako što hladno prešano ulje ima veći udio fosfo-

lipida i voskova koji se procesom rafinacije uklanjaju iz sirovog ulja pa ih u rafiniranom ulju ima u vrlo malom udjelu, a utječu na viskoznost ulja (Dimić, 2005). Kod primjene repičinog ulja dobiven je suprotni učinak, ovdje je rafinirano ulje dovelo do veće viskoznosti i konzistencije salatne majoneze u odnosu na primjenu hladno prešanog repičinog ulja. Vjerojatni razlog tome je taj što se sirovo repičino ulje proizvodi ekstrakcijom s organskim otapalom pri čemu je dobiveno ulje sa većim udjelom negliceridnih sastojaka koji povećavaju viskoznost u odnosu na hladno prešano ulje gdje se sirovo ulje proizvodi hladnim prešanjem (manje je iskorištenje ulja i manji je udio negliceridnih sastojaka) (Čorbo, 2008). I kod ove serije ispitivanja vrste ulja na reološka svojstva salatne majoneze također je utvrđeno da se sustavom rotor/stator Tip 2 dobivaju emulzije veće stabilnosti (viskoznosti i konzistencije) u odnosu na primjenu sustava Tip 1. Alvarez-Sabatel i sur. (2018) također utvrđuju da uljna faza utječe na stabilnost i reološka svojstva majoneze izrađene rotor-stator sustavom homogenizacije.

Utjecaj udjela mliječne komponente (3, 5 i 10 % sojinog mlijeka u prahu) na reološka svojstva i parametre salatne majoneze izrađene sustavom Tip 1 i Tip 2 tijekom 3 minute homogenizacije i

Tablica 4. Utjecaj vrste ulja na reološke parametre salatne majoneze, proizvedene kod 10000 o/min i 3 min, mjereno pri 25 °C

Table 4 Influence of types of oil on rheological parameters of salad mayonnaise, produced at 10000 rpm and 3 min, measured at 25 °C

Uzorak / Sample	Tip 1 / Type 1				Tip 2 / Type 2			
	μ (77,92 s ⁻¹) (Pa·s)	k (Pa·s ⁿ)	n	R ²	μ (77,92 s ⁻¹) (Pa·s)	k (Pa·s ⁿ)	n	R ²
Rafinirano suncokretovo ulje / Refined sunflower oil	1,20	23,22	0,32	0,99647	1,79	41,20	0,28	0,99490
Hladno prešano suncokretovo ulje / Cold pressed sunflower oil ulje	1,39	28,15	0,31	0,99447	1,99	43,90	0,29	0,98878
Rafinirano repičino ulje / Refined rapeseed oil	0,95	16,79	0,33	0,99314	1,64	34,66	0,30	0,98782
Hladno prešano repičino ulje / Cold pressed rapeseed oil	0,91	16,10	0,35	0,97811	1,55	31,31	0,31	0,99185
Hladno prešano sezamovo ulje / Cold pressed sesame oil	0,55	11,67	0,30	0,96020	0,91	17,58	0,32	0,98698

Tip 1, Tip 2 - tip sustava rotor/stator homogenizatora / Type 1, Type 2 - type of homogenizer rotor/stator system,
 μ - prividna viskoznost kod brzine smicanja 77,92 (s⁻¹), (Pa·s) / apparent viscosity at shear rate,
 k - koeficijent konzistencije (Pa·sⁿ) / consistency coefficient,
 n - indeks tečenja / flow behaviour indeks,
 R² - koeficijent determinacije / coefficient of determination

Tablica 5. Utjecaj udjela mliječne komponente (sojino mlijeko u prahu) na reološke parametre salatne majoneze tijekom homogenizacije 3 min i brzine rotora 10 000 o/min, mjereno pri temperaturi 25 °C
Table 5 Influence of the proportion of milk component (soy milk powder) on the rheological parameters of salad mayonnaise during homogenization for 3 min and rotor speed of 10,000 rpm, measured at a temperature of 25 °C

Uzorak / Sample	Tip 1 / Type 1				Tip 2 / Type 2			
	μ (77,92 s ⁻¹) (Pa·s)	k (Pa·s ⁿ)	n	R ²	μ (77,92 s ⁻¹) (Pa·s)	k (Pa·s ⁿ)	n	R ²
3%	1,39	28,15	0,31	0,99447	1,99	43,90	0,29	0,98878
5%	1,78	34,32	0,32	0,98992	2,92	58,97	0,31	0,99572
10%	4,56	84,49	0,33	0,99438	4,60	85,09	0,32	0,98928

Tip 1, Tip 2 - tip sustava rotor/stator homogenizatora / Type 1, Type 2 - type of homogenizer rotor/stator system,
 μ - prividna viskoznost kod brzine smicanja 77,92 (s⁻¹), (Pa·s) / apparent viscosity at shear rate,
 k - koeficijent konzistencije (Pa·sⁿ) / consistency coefficient,
 n - indeks tečenja / flow behaviour indeks,
 R² - koeficijent determinacije / coefficient of determination

brzine rotora 10000 o/min prikazan je u tablici 5. Porast udjela sojinog mlijeka u prahu kod izrade salatne majoneze u navedenim uvjetima dovodi do porasta prividne viskoznosti (μ), koeficijenta konzistencije (k) i indeksa tečenja (n). Ova pojava zapažena je kod primjene oba sustava rotor/stator (Tip 1 i Tip 2). Također je i kod ove serije ispitivanja dobivena stabilnija salatna majoneza izrađena sustavom rotor/stator Tip 2 što je vidljivo iz većih vrijednosti viskoznosti i konzistencije. Rezultati ispitivanja utjecaja različitih vrsta ulja (rafinirano suncokretovo ulje, hladno prešano suncokretovo ulje, rafinirano repičino ulje, hladno

prešano repičino ulje, hladno prešano sezamovo ulje) na promjenu boje salatne majoneze prikazani su u tablici 6. Mjerenjem boje salatne majoneze kromometrom primjenom L*a*b sustava zapaženo je da uzorak majoneze izrađen s hladno prešanim repičinim uljem ima najveći utjecaj na promjenu boje, dolazi do većeg porasta mjerene žute boje (veća vrijednost parametra b), u odnosu na primjenu drugih ispitivanih vrsta ulja. Ova pojava uočena je kod primjene oba sustava rotor/stator (Tip 1 i Tip 2). Također tijekom izrade svih uzoraka primjenom sustava rotor/stator Tip 2 zapažena je veća nijansa žute boje u odnosu na sustav rotor/stator Tip 1.

Tablica 6. Utjecaj različitih vrsta biljnih ulja na promjenu boje salatne majoneze izrađene u sustavu rotor/stator Tip 1 i Tip 2
Table 6 The influence of different types of vegetable oils on the color change of salad mayonnaise made in the rotor/stator system Type 1 and Type 2

Uzorak salatne majoneze / Sample of salad mayonnaise	Tip 1 / Type 1		Tip 2 / Type 2	
	L	b	L	b
Rafinirano suncokretovo ulje / Refined sunflower oil	61,64	+11,69	60,68	+14,14
Hladno prešano suncokretovo ulje / Cold pressed sunflower oil ulje	61,74	+14,08	60,85	+16,75
Rafinirano repičino ulje / Refined rapeseed oil	62,06	+12,84	60,48	+14,52
Hladno prešano repičino ulje / Cold pressed rapeseed oil	59,80	+29,08	59,23	+30,69
Hladno prešano sezamovo ulje / Cold pressed sesame oil	60,46	+14,36	59,82	+16,87

L - vrijednost koja daje informaciju da li je nešto svijetlo ili tamno. Ako je vrijednost L=100 rezultat je bijela boja, a ako je L=0 predmet je crne boje / L - value that gives information about whether something is light or dark. If the value L=100 the result is white, and if L=0 the object is black.
 b - vrijednost koja također može biti pozitivna ili negativna. Ako je pozitivna rezultat je žuta boja, a ako je negativna rezultat je plava boja / b - value that can also be positive or negative. If it is positive, the result is yellow, and if it is negative, the result is blue.

Zaključak

Ispitivana salatna majoneza pripada nenev-tonovskim stacionarnim tekućinama, pseudoplas-tičnog tipa. Brzina rotora homogenizatora kod pripreme salatne majoneze utječe na reološka svojstva. Kod sustava rotor/stator Tip 1 porastom brzine rotora sa 10000 o/min na 12000 o/min i 15000 o/min i vremenom homogenizacije 3 min. dolazi do porasta smičnog naprezanja, prividne viskoznosti i koeficijenta konzistencije salatne majoneze te smanjenja indeksa tečenja. Primjenom sustava rotor/stator Tip 2 porastom brzine rotora dolazi do neznatnog porasta prividne viskoznosti, te smanjenja koeficijenta konzistencije i porasta indeksa tečenja. Vrijeme homogenizacije kod brzine rotora 10000 o/min utječe na reološka svojstva salatne majoneze. Porastom vremena homogenizacije s 1 minute na 3, 5 i 7 minuta (pri 10000 o/min) povećava se prividna viskoznost i koeficijent konzistencije salatne majoneze izrađene sustavom rotor/stator Tip 1 i Tip 2. Vrsta ispitivanog ulja utječe na reološka svojstva salatne majoneze izrađene kod brzine rotora 10000 o/min u trajanju od 3 minute. Salatna majoneza izrađena sa hladno prešanim suncokretovim uljem ima veću vrijednost prividne viskoznosti i koeficijenta konzistencije, a manji indeks tečenja u odnosu na

primjenu drugih ispitivanih vrsta biljnih ulja. Majoneza pripremljena sa hladno prešanim sezamovim uljem pokazuje manje vrijednosti reoloških parametara u odnosu na druga ispitivana biljna ulja. Udio mliječne komponente (sojino mlijeko u prahu) utječe na reološka svojstva salatne majoneze izrađene kod brzine rotora 10000 o/min u trajanju 3 minute. Izradom majoneze sa sustavom rotor/stator Tip 1 i Tip 2, porastom udjela sojinog mlijeka u prahu dolazi do porasta prividne viskoznosti, koeficijenta konzistencije i indeksa tečenja majoneze. Usporedbom korištenja sustava rotor/stator Tip 1 i Tip 2 na reološka svojstva salatne majoneze možemo zaključiti da se primjenom Tipa 2 dobiva stabilnija emulzija ulje/voda s većim vrijednostima viskoznosti i konzistencije. Mjerenjem boje salatne majoneze kolorimetrom primjenom L^*a^*b sustava, uzorak majoneze izrađen s hladno prešanim repičinim uljem ima najveće vrijednosti parametra b koji opisuje intenzitet žute boje u odnosu na uzorke koji su izrađeni s drugim ispitivanim uljima. Upotrebom sustava rotor/stator Tip 2 pri izradi uzoraka salatne majoneze dolazi do veće vrijednosti parametra b , u odnosu na sustav rotor/stator Tip 1 tijekom mjerenja boje.

Literatura

- [1] Abu-Jdayil, B. (2003): Modelling the time-dependent rheological behavior of semisolid foodstuffs. *J. Food Eng.* 57, 97-102. doi:10.1016/S0260-8774(02)00277-7
- [2] Aganović, K., Bindrich, U., & Heinz, V. (2018): Ultra-high pressure homogenisation process for production of reduced fat mayonnaise with similar rheological characteristics as its full fat counterpart. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 45, 208-214. doi.org/10.1016/j.ifset.2017.10.013.
- [3] 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. doi:10.1016/j.foodhyd.2004.10.017
- [4] Alvarez-Sabatel, S., I.M. Marañon, 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. doi: 10.1016/j.ifset.2018.06.014
- [5] 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.
- [6] 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. doi:10.1016/j.foodhyd.2005.02.009
- [7] Bredikhin, S. A., Martekha, A. N., Andreev, V. N., & Soldusova, E. A. (2022a): Investigation of the process of structure formation during ultrasonic homogenization of milk. *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science*, 954(1), 012014. doi.org/10.1088/1755-1315/954/1/012014.
- [8] Bredikhin, S. A., Martekha, A. N., Andreev, V. N., Soldusova, E. A., & Karpova, N. A. (2022b): Investigation of the structural and mechanical

- characteristics of mayonnaise with the addition of linseed oil. IOP Conference Series. Earth and Environmental Science, 979(1), 012089. doi.org/10.1088/1755-1315/979/1/012089.
- [9] **Bredikhin, S. A., Andreev, V. N., Martekha, A. N., & V. L. Toroptsev (2023):** Research of Rheological characteristics of mayonnaise with different varieties of honey added. Food Science and technology 43, e118722 doi. org/10.1590/fst.118722
- [10] **Cristina, I., M. Aizpurua, A. Tenuta-Filho (2005):** Oxidation of cholesterolin mayonnaise during storage. Food Chem. 89, 611-615. doi: 10.1016/j.foodchem.2004.03.016
- [11] **Čorbo, S. (2008):** Tehnologija ulja i masti. Poljoprivredno-prehrambeni fakultet, Univezitet u Sarajevu, Sarajevo: Bemust.
- [12] **De Leonardis, A., V. Macciola, A. Iftikhar, F. Lopez (2022):** Antioxidant effect of traditional and new vinegars on functional oil/vinegar dressing-based formulations. European Food Research and Technology 248 (2), 1573-1582. doi:10.1007/s00217-022-03986-0
- [13] **Dimić, E. (2005):** Hladno ceđena ulja. Tehnološki fakultet. Novi Sad: Feljton.
- [14] **Dybowska, B.E. (2008):** Properties of milk protein concentrate stabilized oil-in-water emulsions. Journal of Food Engineering 88, 507-513. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2008.03.010
- [15] **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.
- [16] **Gaikwad, M.P., B.M. Rathod, P.A. Pawase, A.G. Kukade (2019):** Studies on rheological properties of flavoured mayonnaise. The Pharma Innovation Journal 8(4), 963-965.
- [17] **Gorji, S. G., Smyth, H. E., Sharma, M., Fitzgerald, M. (2016):** Lipid oxidation in mayonnaise and the role of natural antioxidants: a review. Trends in Food Science and Technology, 56, 88-102. doi: 10.1016/j.tifs.2016.08.002
- [18] **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. doi:10.1016/j.jfoodeng.2005.11.002
- [19] **Hasenhuettl, G. L., R. W. Hartel (2008):** Food emulsifiers and their applications. Springer Science.
- [20] **Heydari, A., Razavi, S. M. A., & Farahnaky, A. (2021):** Effect of high pressure-treated wheat starch as a fat replacer on the physical and rheological properties of reduced-fat O/W emulsions. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 70, 102702. doi. org/10.1016/j.ifset.2021.102702.
- [21] **Huang, L., Wang, T., Han, Z., Meng, Y., Lu, X. (2016):** Effect of egg yolk freezing on properties of mayonnaise. Food Hydrocolloids, 56, 311-317. doi:10.1016/j.foodhyd.2015.12.027
- [22] **Juszczak, L., T. Fortuna, A. Kosla (2003):** Sensory and rheological propoerties of Polish commercial mayonnaise. Nahrung/Food 47, 232-235. doi:10.1002/food.200390054
- [23] **Katsaros, G., Tsoukala, M., Giannoglou, M., & Taoukis, P. (2020):** Effect of storage on the rheological and viscoelastic properties of mayonnaise emulsions of different oil droplet size. Heliyon, 6(12), e05788. doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05788.
- [24] **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. doi:10.1016/j.foodqual.2007.02.002
- [25] **Kumar, Y., Roy, S., Devra, A., Dhiman, A., & Prabhakar, P. K. (2021):** Ultrasonication of mayonnaise formulated with xanthan and guar gums: rheological modeling, effects on optical properties and emulsion stability. Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie, 149, 111632. doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111632.
- [26] **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. doi:10.1016/j.jfoodeng.2009.10.017
- [27] **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. doi:10.1111/j.1365-2621.2000.tb10596.x
- [28] **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. doi:10.1080/10408699891274291
- [29] **Mezger T. G. (2002):** The rheology handbook. Vincentz, Hannover, Germany.
- [30] **Mine, Y. (1998):** Emulsifying characterization of hens egg yolk proteins in oil-in-water emulsions. Food Hydrocolloids 12, 409-415. doi:10.1016/S0268-005X(98)00054-X
- [31] **Muadiad, K., & Sirivongpaisal, P. (2022):** Effect of frozen storage and hydrocolloids on structural and rheological properties of frozen roti dough supplemented with rice bran. Food Science and Technology, 42, e44620. doi.org/10.1590/fst.44620
- [32] **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.
- [33] **Nogueira, A., Aquino, R., & Steel, C. (2022):** Empirical rheology of wheat flour doughs with pea, soybean and whey protein isolates. Food Science and Technology, 42, e23921. doi.org/10.1590/fst.23921.
- [34] **Patil, U., & Benjakul, S. (2019):** Physical and textural properties of mayonnaise prepared using virgin coconut oil/fish oil blend. Food Biophysics, 14(3), 260-268. doi.org/10.1007/s11483-019-09579-x.
- [35] **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. doi:10.1016/j.fshw.2016.10.002
- [36] **Rukke, E.O., R.B. Schüller (2019):** Rheological properties of different types of mayonnaise. Annual Transactions of the Nordic Rheology Society 27, 165-171.
- [37] **Ruiling, S., L. Shuangqun, D. Jilin (2011):** Application of oat dextrine for fat substitute in mayonnaise. Food Chemistry 126, 65-71. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.10.072
- [38] **Santos Ferreira, L., Carvalho Brito-Oliveira, T., & De Pinho, S. C. (2022):** Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) oil emulsions stabilized with thermally treated soy protein isolate for vitamin D3. Food Science and Technology, 42, e17521. doi.org/10.1590/fst.17521
- [39] **Saygili, D., Döner, D., İcier, F., & Karagözlü, C. (2022):** Rheological properties and microbiological characteristics of kefir produced from different milk types. Food Science and Technology, 42, e32520. doi.org/10.1590/fst.32520.
- [40] **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.

- [41] Štern, P., J. Pokorný, A. Šedivá, Z. Panovská (2008): Rheological and sensory characteristics of yoghurt-modified mayonnaise. Czech Journal of Food Sciences 26(3), 190-198. doi:10.17221/2566-CJFS
- [42] Štern, P., K. Mikova, J. Pokorny, H. Valentova (2007): Effect of oil content on the rheological and textural properties of mayonnaise. Journal of Food and Nutrition Research 46 (1), 1-8.
- [43] Štern, P., H. Valentova, J. Pokorny (2001): Rheological properties and sensory texture of mayonnaise. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 103, 23-28. doi: 10.1002/1438-9312(200101)103:1<23::AID-EJLT23>3.0.CO;2-P
- [44] Taslikh, M., Mollakhalili-Meybodi, N., Alizadeh, A. M., Mousavi, M., Nayebzadeh, K., & Mortazavian, A. M. (2022): Mayonnaise main ingredients influence on its structure as an emulsion. Journal of Food Science and Technology, 59(6), 2108-2116. doi.org/10.1007/s13197-021-05133-1.
- [45] Yang, X., Li, A., Yu, W., Li, X., Sun, L., Xue, J., & Guo, Y. (2020): Structuring oil-in-water emulsion by forming egg yolk/alginate complexes: Their potential application in fabricating low-fat mayonnaise-like emulsion gels and redispersible solid emulsions. International Journal of Biological Macromolecules, 147, 595-606. doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.106.
- [46] Yildirim, M., Sumnu, G., & Sahin, S. (2016): Rheology, particle-size distribution, and stability of low-fat mayonnaise produced via double emulsions. Food Science and Biotechnology, 25(6), 1613-1618. doi.org/10.1007/s10068-016-0248-7.
- [47] 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. doi: 10.1006/fstl.2001.0757
- [48] 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.
- [49] 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. doi:10.1016/S0956-7135(99)00064-X

Dostavljeno/Received: 03.04.2024.

Prihvaćeno/Accepted: 14.05.2024.

Rheological Characteristics of Salad Mayonnaise Produced with Different Rotor/stator Systems

Abstract

Determination of food products' rheological properties is becoming more and more important for assessing raw materials and finished products' quality, as well as for predicting a semi-finished products' behavior during processing. Rheological properties are important quality parameters of salad mayonnaise. Knowing the rheological characteristics is important when creating the desired mayonnaise consistency and quality control during production. In this paper, the influence of rotor speed, homogenization time, type of oil and milk component share on the rheological properties of salad mayonnaise was investigated. Different types of vegetable oils were used for testing: sunflower seed oil (refined, cold pressed), rape seed oil (refined, cold pressed) and sesame oil (cold pressed). Soy milk powder of different concentrations was used. The mechanical process of homogenisation of salad mayonnaise was conducted under various rotor velocities (10 000, 12 000, 15 000 rpm) and in different time period (1, 3, 5, 7 min). This product is made with two different types of rotor/stator systems. The measurements of rheological characteristics of salad mayonnaise were conducted on the rotational viscosimeter with the concentric cylinder on the temperature of 25°C. Rheological parameters coefficient of consistency, flow index and the apparent viscosity of salad mayonnaise were calculated from the obtained data. The aforementioned results indicate that salad mayonnaise produced from cold pressed sunflower seed oil has greater viscosity and consistency compared to other oils. The use of sesame oil leads to lower rheological parameters of viscosity and consistency. Rotor speed, homogenization time and type of rotor/stator system affect the change in the rheological properties of salad mayonnaise.

Keywords: salad mayonnaise, rheological characteristics, composition, homogenization process, type of rotor/stator system

Rheologische Eigenschaften von Salatmayonnaise, hergestellt mit verschiedenen Rotor/Stator-Systemen

Zusammenfassung

Die Bestimmung der rheologischen Eigenschaften von Lebensmitteln wird immer wichtiger, um die Qualität von Rohstoffen und Fertigerzeugnissen zu beurteilen und das Verhalten eines Halbfertigprodukts während der Verarbeitung vorherzusagen. Rheologische Eigenschaften sind ein wichtiger Qualitätsparameter von Salatmayonnaise. Die Kenntnis der rheologischen Eigenschaften ist wichtig, um die gewünschte Konsistenz der Mayonnaise zu erreichen und die Qualität während der Produktion zu kontrollieren. In dieser Arbeit wurde der Einfluss der Rotordrehzahl, der Homogenisierungszeit, der Ölart und des Milchanteils auf die rheologischen Eigenschaften von Salatmayonnaise untersucht. Für die Tests wurden verschiedene Arten von Pflanzenölen verwendet: Sonnenblumenkernöl (raffiniert, kaltgepresst), Rapsöl (raffiniert, kaltgepresst) und Sesamöl (kaltgepresst). Es wurde Sojamilchpulver in verschiedenen Konzentrationen verwendet. Der mechanische Prozess der Homogenisierung von Salatmayonnaise wurde bei verschiedenen Rotorgeschwindigkeiten (10 000, 12 000, 15 000 U/min) und in verschiedenen Zeiträumen (1, 3, 5, 7 min) durchgeführt. Dieses Produkt wird mit zwei verschiedenen Arten von Rotor/Stator-Systemen hergestellt. Die Messungen der rheologischen Eigenschaften der Salatmayonnaise wurden mit dem Rotationsviskosimeter mit konzentrischem Zylinder bei einer Temperatur von 25 °C durchgeführt. Aus den erhaltenen Daten wurden die rheologischen Parameter Konsistenzkoeffizient, Fließindex und die scheinbare Viskosität der Salatmayonnaise berechnet. Die oben genannten Ergebnisse zeigen, dass die aus kaltgepresstem Sonnenblumenöl hergestellte Salatmayonnaise im Vergleich zu anderen Ölen eine höhere Viskosität und Konsistenz aufweist. Die Verwendung von Sesamöl führt zu niedrigeren rheologischen Parametern für Viskosität und Konsistenz. Die Rotordrehzahl, die Homogenisierungszeit und die Art des Rotor/Stator-Systems beeinflussen die Veränderung der rheologischen Eigenschaften der Salatmayonnaise.

Schlüsselwörter: Salatmayonnaise, rheologische Eigenschaften, Zusammensetzung, Homogenisierungsprozess, Art des Rotor/Stator-Systems

Características reológicas de la mayonesa para ensaladas elaborada con diferentes sistemas de rotor/estator

Resumen

La determinación de las propiedades reológicas de los productos alimenticios se vuelve cada vez más importante para evaluar las materias primas y la calidad de los productos terminados, así como para predecir el comportamiento de los productos semielaborados durante el procesamiento. Las propiedades reológicas son un parámetro de calidad importante de la mayonesa para ensaladas. Comprender las características reológicas es significativo para lograr la consistencia deseada de la mayonesa y controlar la calidad durante la producción. Este estudio investigó la influencia de la velocidad del rotor, el tiempo de homogeneización, el tipo de aceite y la proporción de componentes lácteos en las propiedades reológicas de la mayonesa para ensaladas. Se utilizaron varios tipos de aceites vegetales para las pruebas: aceite de girasol refinado y prensado en frío, aceite de colza refinado y prensado en frío, y aceite de sésamo prensado en frío. Se utilizó leche de soja en polvo de diferentes concentraciones. El proceso de homogeneización mecánica de la mayonesa para ensaladas (65% fase de aceite) se realizó a diferentes velocidades de rotor (10000, 12000, 15000 rpm) y tiempos (1, 3, 5, 7 minutos). Este producto se elaboró con dos tipos diferentes de sistemas de rotor/estator. Las mediciones de las características reológicas de la mayonesa para ensaladas se realizaron en un viscosímetro rotacional con cilindros concéntricos a una temperatura de 25 °C. Se calcularon los parámetros reológicos, incluyendo el coeficiente de consistencia, el índice de flujo y la viscosidad aparente de la mayonesa para ensaladas, a partir de los datos obte-

nidos. Los resultados muestran que la mayonesa para ensaladas elaborada con aceite de girasol prensado en frío tiene una mayor viscosidad y consistencia en comparación con otros aceites. El uso de aceite de sésamo resulta en parámetros reológicos más bajos de viscosidad y consistencia. La velocidad del rotor, el tiempo de homogeneización y el tipo de sistema de rotor/estator afectan el cambio en las propiedades reológicas de la mayonesa para ensaladas.

Palabras claves: mayonesa para ensaladas, características reológicas, composición, proceso de homogeneización, tipo de sistema de rotor/estator

Caratteristiche reologiche della maionese da insalata prodotta con diversi sistemi rotore/statore

Riassunto

La determinazione delle proprietà reologiche dei prodotti alimentari sta diventando sempre più importante per la valutazione delle materie prime e della qualità dei prodotti finiti, nonché per prevedere il comportamento dei prodotti semilavorati durante la lavorazione. Le proprietà reologiche sono un importante parametro di qualità della maionese da insalata. Conoscere le caratteristiche reologiche di un prodotto è importante in fase di determinazione della consistenza della maionese desiderata e di controllo della qualità durante la produzione. In questo articolo è stata studiata l'influenza sulle proprietà reologiche della maionese da insalata della velocità del rotore, del tempo di omogeneizzazione, del tipo di olio e della percentuale di componente del latte. Per i test sono stati utilizzati vari tipi di oli vegetali: olio di girasole (raffinato, spremuto a freddo), olio di colza (raffinato, spremuto a freddo) e olio di sesamo spremuto a freddo. È stato utilizzato latte di soia in polvere a diverse concentrazioni. Il processo meccanico di omogeneizzazione della maionese da insalata (fase oleosa al 65%) è stato effettuato a diverse velocità del rotore (10000, 12000, 15000 giri al minuto) e tempi (1, 3, 5, 7 minuti). Questo prodotto è stato realizzato con due diversi tipi di sistemi rotore/statore. Le misurazioni delle caratteristiche reologiche della maionese da insalata sono state effettuate con un viscosimetro rotativo a cilindri concentrici ad una temperatura di 25 °C. Dai dati ottenuti sono stati calcolati i seguenti parametri reologici della maionese da insalata: coefficiente di consistenza, indice di flusso e viscosità apparente. I risultati di cui sopra mostrano che la maionese da insalata preparata con olio di girasole spremuto a freddo ha una viscosità e una consistenza più elevate rispetto ad altri oli. L'uso dell'olio di sesamo porta ad abbassare i parametri reologici di viscosità e consistenza. La velocità del rotore, il tempo di omogeneizzazione e il tipo di sistema rotore/statore influenzano il cambiamento delle proprietà reologiche della maionese da insalata.

Parole chiave: maionese da insalata, caratteristiche reologiche, composizione, processo di omogeneizzazione, tipo di sistema rotore/statore

