

Ivana Lončarević, dipl. inž.

**UTICAJ LECITINA RAZLIČITOG POREKLA NA
KRISTALIZACIONA SVOJSTVA MASNE FAZE I KVALITET
MAZIVOG KREM PROIZVODA SA DODATKOM
FUNKCIONALNIH BILJNIH ULJA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Novi Sad, 2013.

Neizmerno se zahvaljujem svom mentoru dr Biljani Pajin na realizaciji ove doktorske disertacije i velikoj stručnoj pomoći tokom eksperimentalnog rada i pisanja, kao i na prenosu znanja i apsolutnoj podršci tokom svih godina naše saradnje

Posebnu zahvalnost dugujem Vesni Relić Veličkovski za pomoć i moralnu podršku u svakodnevnom radu

Najsrdajnije se zahvaljujem firmi Peter Thems iz Reutlingena i Inženjering kompaniji d.o.o iz Smedereva na donatorstvu

Iskreno se zahvaljujem fabrikama ulja "Dijamant" iz Zrenjanina i "Victoria Oil" iz Šida na obezbeđivanju sirovina potrebnih za eksperimentalni rad i pomoći oko specifičnih analiza

Mojoj porodici se zahvaljujem na ljubavi, razumevanju i podršci

Univerzitet u Novom Sadu
Tehnološki fakultet

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:

RBR

Identifikacioni broj:

IBR

Tip dokumentacije:

TD

Monografska publikacija

Tip zapisa:

TZ

Tekstualni štampani materijal

Vrsta rada:

VR

Doktorska disertacija

Autor:

AU

Ivana Lončarević, dipl. inž.

Mentor:

MN

dr Biljana Pajin, vanredni profesor

Naslov rada:

NR

Uticaj lecitina različitog porekla na kristalizaciona svojstva masne faze i kvalitet mazivog krem proizvoda sa dodatkom funkcionalnih biljnih ulja

Jezik publikacije:

JP

Srpski, latinica

Jezik izvoda:

JI

Srpski / Engleski

Zemlja publikovanja:

ZP

Srbija

Uže geografsko područje:

UGP

Vojvodina

Godina:

GO

2013.

Izdavač: IZ	Tekst autora
Mesto i adresa: MA	21000 Novi Sad, Srbija, Bulevar cara Lazara 1
Fizički opis rada: FO	140 strana / 7 poglavlja / 46 slika / 53 tabele
Naučna oblast: NO	Prehrambena tehnologija
Naučna disciplina: ND	Inženjerstvo ugljenohidratne hrane
Predmetma odrednica / Ključne reči	Lecitin, masna faza, mazivi kakao-krem proizvod, kvalitet
UDK:	
Čuva se: ČU	U biblioteci Tehnološkog fakulteta u Novom Sadu, 21000 Novi Sad, Srbija, Bulevar cara Lazara 1
Važna napomena: VN	Nema
Izvod: IZ:	<p>Konditorska industrija Srbije za proizvodnju mazivog krem proizvoda isključivo koristi sojin lecitin. Veliki obim proizvodnje ulja iz semena suncokreta i uljane repice u Srbiji uticao je na proizvodnju suncokretovog i repičinog lecitina, kao nusproizvoda postupka degumiranja u fazi rafinacije ovih ulja.</p> <p>Masna faza mazivog krem proizvoda sadrži biljne masti dobijene metodama hidrogenacije, koje kao nusprodukte imaju visok udeo nepoželjnih <i>trans</i>-masnih kiselina. U cilju poboljšanja mazivosti ovog proizvoda dodaje se i rafinisano suncokretovo ulje, koje sadrži veliki udeo linolne esencijalne masne kiseline, kao i α-tokoferol (E vitamin), ima prosečan sadržaj sterola, nizak sadržaj skvalena i karotenoida, ali gotovo da ne sadrži esencijalnu α-linolensku masnu kiselinu i antioksidante δ- i</p>

γ -tokoferol.

U prvoj fazi doktorske teze ispitana je mogućnost zamene sojinog lecitina u proizvodnji mazivog kakao-krem proizvoda sa suncokretovim i repičinim lecitinom u smislu optimizacije koncentracije dodatog lecitina i vremena mlevenja u laboratorijskom kugličnom mlinu.

U drugoj fazi ispitana je mogućnost poboljšanja nutritivne vrednosti mazivog kakao-krem proizvoda zamenom dela i celokupne količine suncokretovog ulja funkcionalnim uljima iz semena soje, uljane repice i susama.

Gasnom hromatografijom ispitan je sastav masnih kiselina u masti, biljnim uljima i lecitinima različitog porekla, gde je u lecitinima određen i sastav fosfolipida primenom kvantitativne fosforne nuklearno-magnetno-rezonantne tehnike. Kristalizacione osobine masne faze mazivog kakao-krem proizvoda ispitane su pulsnom nuklearno-magnetnom-rezonantnom spektroskopijom, dok je kinetika kristalizacije definisana primenom Gompertz-ovog matematičkog modela.

Reološke karakteristike mazivog kakao-krem proizvoda ispitane su rotacionom viskozimetrijom, određene su teksturalne karakteristike proizvoda na teksturometru i toplotne osobine primenom diferencijalne skenirajuće kalorimetrije. Boja proizvoda definisana je tristimulusnom kolorimetrijom, a senzorna analiza određena je metodom skale u vremenskom intervalu od šest meseci čuvanja uzorka na tamnom mestu i sobnoj temperaturi. Ispitivanje održivosti mazivog kakao-krem proizvoda obuhvatilo je određivanje nastalih aldehida, kao proizvoda oksidacije lipida, gasnom hromatografijom.

Datum prihvatanja teme:
DP

20.12.2012.

Datum odbrane:
DO

26.12.2013.

Članovi komisije:
KO

Dr Radovan Omorjan, redovni profesor, predsednik

Dr Biljana Pajin, vanredni profesor, mentor

Dr Aleksandra Torbica, naučni savetnik, član

Dr Zita Šereš, docent, član

University of Novi Sad
Faculty of Technology

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type:

DT

Monographic publication

Type of record:

TR

Textual printed material

Content code:

CC

Ph.D. Thesis

Author:

AU

Ivana Lončarević, M.Sc.

Menthor:

MN

Biljana Pajin, Ph.D., Associate Professor

Title:

TI

Influence of lecithin from different sources on crystallization properties of fat phase and quality of spread cream with the addition of functional vegetable oils

Language of text:

LT

Serbian, Latin

Language of abstract:

LA

Serbian / English

Country of publication:

CP

Serbia

Locality of publication:

LP

Vojvodina

Publication year:

PY

2013.

Publisher: Author's reprint
PB

Publication place: 21000 Novi Sad, Serbia, Bulevar cara Lazara
PP 1

Physical description: 140 pages / 7 chapters / 46 figures / 53
PD tables

Science field: Food Technology
SF

Scientific discipline: Carbohydrate Food Engineering
SF

Subject / Key words: Lecithin, fat phase, cocoa spread cream,
quality

UDC:

Holding data: Library of Faculty of Technology, 21000 Novi
HD Sad, Serbia, Bulevar cara Lazara 1

Note: None
N

Abstract: Soy lecithin is widely used emulsifier in
AB confectionery industry of Serbia. On the other hand, there is a large production of sunflower and rapeseed oil, which contributed the production of sunflower and rapeseed lecithin as a by-product of degumming of crude oil during refining process.

Another issue is a high level of undesirable trans-fatty acids in hydrogenated vegetable fats that are being used in the production of cream spread. Beside hydrogenated fats, cream product contains sunflower oil with essential fatty acids (oleic and linoleic) and α -tocopherol (E vitamin), has an average content of sterols, squalene and a low content of carotenoids, but almost does not contain the essential α -linolenic acid and antioxidants, δ -and γ -tocopherol.

The first phase of this work investigates

the possibility of soy lecithin replacement in cocoa spread cream production with sunflower and rapeseed lecithin, in terms of optimizing the amount of lecithin and milling time in laboratory ball mill.

The second phase investigates nutrition value improvement of cocoa spread cream, with partly or completely replacing sunflower oil with functional soybean, rapeseed and sesame oil.

Gas chromatography was used in order to examine the fatty acid composition in edible non trans-fat and vegetable oils, as well as in lecithin from different sources. Phospholipid composition in soy, sunflower and rapeseed lecithin was determined using quantitative phosphorus nuclear magnetic resonance technique. Crystallization properties of fat phase of cocoa spread cream were examined by pulsed nuclear magnetic resonance spectroscopy, while crystallization kinetics was defined using the Gompertz's mathematical model.

Rheological properties of cocoa spread cream were analyzed by rotational viscosity, certain textural characteristics were determined using texture analyser and also thermal properties using differential scanning calorimetry. The color on the surface of cocoa spread cream was defined using tristimulus colorimetric method, and sensory analysis was determined by the scale over a period of six months of storage in the dark and room temperature. Shelf-life of cocoa spread cream was determined applying gas chromatographic analyses of the formed aldehydes as secondary products of lipid oxidation.

Accepted by Science Board on:
ASB

20th December 2012

Defended on:
DE

26th December 2013

Thesis defended board:
DB

Radovan Omorjan, PhD, Full Professor, president

Biljana Pajin, PhD, Associate Professor, mentor

Dr Aleksandra Torbica, PhD, Research Fellow, member

Dr Zita Šereš, PhD, Assistant Professor, member

SADRŽAJ

UVOD	1
I TEORIJSKI DEO	3
1.1. NAMENSKJE MASTI	3
1.1.1. Hemijska struktura masti	3
1.1.2. Kristalizacione osobine masti	5
1.1.3. Promena sastava masti i ulja	6
1.1.4. Emulgatori	7
1.2. BILJNA ULJA	8
1.2.1. Fosfolipidni sastav biljnih ulja – lecitin	8
1.2.1.1. <i>Specifične karakteristike lecitina</i>	13
1.2.1.2. <i>Kvalitativne karakteristike lecitina i njihovo značenje</i>	13
1.2.1.3. <i>Fizičko – hemijske karakteristike lecitina</i>	14
1.2.2. Neosapunjive komponente biljnih ulja	15
1.2.3. Oksidativna i termička nestabilnost biljnih ulja	18
1.2.4. Funkcionalna svojstva biljnih ulja	19
1.2.5. Ulje iz semena suncokreta	22
1.2.6. Ulje iz semena soje	23
1.2.7. Ulje iz semena uljane repice	23
1.2.8. Ulje iz semena susama	24
1.3. SASTAV I OSNOVNE KARAKTERISTIKE MAZIVOG KAKAO-KREM PROIZVODA	25
1.3.1. Proizvodnja mazivog kakao-krem proizvoda	25
1.4. NAUČNE DISCIPLINE I METODE ODREĐIVANJA KRISTALIZACIONIH SVOJSTAVA MASNE FAZE I KVALITETA MAZIVOG KAKAO-KREM PROIZVODA	27

1.4.1. Pulsna nuklearna-magnetno-rezonantna spektroskopija (NMR)	27
1.4.2. Reologija	28
1.4.3. Tekstuometrija	30
1.4.4. Diferencijalna skenirajuća kalorimetrija (DSC)	31
1.4.5. Kolorimetrija	32
1.4.6. Senzorna analiza	33
II EKSPERIMENTALNI DEO	34
2.1. MATERIJAL	34
2.1.1. Specifikacija non trans masti	34
2.1.2. Specifikacija sojinog, suncokretovog i repičinog lecitina	34
2.2. PLAN EKSPERIMENTA	35
2.3. METODE RADA	36
2.3.1. Priprema uzoraka masti i masne faze mazivog kakao-krem proizvoda	36
2.3.2. Određivanje sastava masnih kiselina u uzorcima masti, lecitina i ulja	36
2.3.3. Određivanje sastava fosfolipida u lecitinima	36
2.3.4. Određivanje kristalizacionih karakteristika uzoraka masti i masne faze mazivog kakao-krem proizvoda	36
2.3.5. Proizvodnja mazivog kakao-krem proizvoda u kugličnom mlinu	37
2.3.6. Određivanje reoloških karakteristika uzoraka masti, masne faze kakao-krem proizvoda i mazivog kakao-krem proizvoda	37
2.3.7. Određivanje teksturalnih karakteristika masti, masne faze kakao-krem proizvoda i mazivog kakao-krem proizvoda	38
2.3.8. Određivanje toplotnih karakteristika masti, masne faze kakao-krem proizvoda i mazivog kakao-krem proizvoda	39
2.3.9. Određivanje hemijskog sastava i energetske vrednosti mazivog kakao-krem proizvoda	39
2.3.10. Određivanje boje na površini mazivog kakao-krem proizvoda	40
2.3.11. Senzorna analiza mazivog kakao-krem proizvoda	40
2.3.12. Određivanje trajnosti mazivog kakao-krem proizvoda	40

2.3.13. Statistička obrada podataka	41
III REZULTATI I DISKUSIJA	42
3.1. KARAKTERISTIKE NON TRANS BILJNE MASTI SA DODATKOM LECITINA RAZLIČITOG POREKLA	42
3.1.1. Sastav masnih kiselina masti i lecitina različitog porekla	42
3.1.2. Sadržaj fosfolipida u lecitinima različitog porekla	43
3.1.3. Sadržaj čvrstih triglicerida (SFC) masti sa dodatkom lecitina različitog porekla	44
3.1.4. Reološke karakteristike lecitina različitog porekla	46
3.1.5. Reološke karakteristike masti sa dodatkom lecitina različitog porekla	47
3.1.6. Teksturalne karakteristike masti sa dodatkom lecitina različitog porekla	49
3.1.7. Toplotne karakteristike masti sa dodatkom lecitina različitog porekla	50
3.2. KARAKTERISTIKE MASNE FAZE MAZIVOG KAKAO-KREM PROIZVODA SA DODATKOM LECITINA RAZLIČITOG POREKLA	52
3.2.1. Sadržaj čvrstih triglicerida (SFC) masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla	52
3.2.2. Reološke karakteristike masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla	54
3.2.3. Teksturalne osobine masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla	56
3.2.4. Toplotne karakteristika masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla	57
3.3. KARAKTERISTIKE MAZIVOG KAKAO-KREM PROIZVODA SA DODATKOM LECITINA RAZLIČITOG POREKLA	58
3.3.1. Hemijski sastav mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla	58
3.3.2. Reološke karakteristike mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla	58
3.3.2.1. <i>Uticaj sojinog lecitina na reološke osobine mazivog kakao-krem proizvoda</i>	<i>61</i>
3.3.2.2. <i>Uticaj suncokretovog lecitina na reološke osobine mazivog kakao-krem proizvoda</i>	<i>62</i>

3.3.2.3. <i>Uticaj repičinog lecitina na reološke osobine mazivog kakao-krem proizvoda</i>	62
3.3.2.4. <i>Poređenje reoloških karakteristika komercijalnih kakao-krem proizvoda i uzoraka kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla</i>	63
3.3.2.5. <i>Statistički uticaj nezavisnih promenljivih na reološke parametre uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla</i>	64
3.3.2.6. <i>Regresiona analiza uticaja koncentracije i vremena mlevenja na reološke parametre uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina uz soje, suncokreta i uljane repice</i>	65
3.3.3. <i>Teksturalne karakteristike mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla</i>	67
3.3.3.1. <i>Statistički uticaj nezavisnih promenljivih na teksturalne parametre uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla</i>	68
3.3.3.2. <i>Regresiona analiza uticaja koncentracije i vremena mlevenja na teksturalne parametre uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla</i>	68
3.3.4. <i>Toplotne karakteristike mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla</i>	71
3.3.4.1. <i>Regresiona analiza uticaja koncentracije i vremena mlevenja na toplotne parametre mazivog kakao-krem proizvoda</i>	73
3.3.5. <i>Boja na površini uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla</i>	75
3.3.5.1. <i>Statistički uticaj nezavisnih promenljivih na parametre boje mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla u prvoj nedelji proizvodnje</i>	77
3.3.5.2. <i>Boja na površini mazivog kakao-krem proizvoda u vremenskom intervalu od šest meseci čuvanja</i>	78
3.3.5.3. <i>Statistički uticaj vrste lecitina i vremena čuvanja na parametre boje uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda u vremenskom intervalu od šest meseci</i>	80
3.3.6. <i>Senzorne karakteristike mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla u vremenskom intervalu od šest meseci</i>	81

3.3.6.1. Statistički uticaj nezavisnih promenljivih na senzorne karakteristike uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla u prvoj nedelji proizvodnje	87
3.3.6.2. Statistički uticaj vrste lecitina i vremena čuvanja na senzorne parametre uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda u vremenskom intervalu od šest meseci čuvanja	89
3.3.7. Održivost uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla u vremenskom intervalu od šest meseci čuvanja	90
3.4. KARAKTERISTIKE MASNE FAZE MAZIVOG KAKAO-KREM PROIZVODA SA ZAMENOM 50, 70 I 100% SUNCOKRETOVOG ULJA ULJIMA IZ SEMENA SOJE, ULJANE REPICE I SUSAMA	91
3.4.1. Sastav masnih kiselina ulja iz semena suncokreta, soje, uljane repice i susama	91
3.4.2. Sadržaj čvrstih triglicerida (SFC) masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz soje, uljane repice i susama	92
3.4.3. Viskozitet ulja iz semena suncokreta, soje, uljane repice i susama	93
3.4.4. Reološke karakteristike masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz soje, uljane repice i susama	94
3.5. KARAKTERISTIKE MAZIVOG KAKAO-KREM PROIZVODA SA ZAMENOM 50, 70 I 100% SUNCOKRETOVOG ULJA ULJIMA IZ SEMENA SOJE, ULJANE REPICE I SUSAMA	96
3.5.1. Reološke karakteristike mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i susama	96
3.5.2. Teksturalne karakteristike mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i susama	98
3.5.3. Boja na površini mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i susama u vremenskom intervalu od šest meseci čuvanja uzoraka	99
3.5.4. Senzorne karakteristike mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i susama u vremenskom intervalu od šest meseci čuvanja	101

3.5.5. Održivost uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i susama u vremenskom intervalu od šest meseci čuvanja	104
IV ZAKLJUČAK	106
V PRILOG	109
VI LITERATURA	131

UVOD

Mazivi kakao-krem proizvod predstavlja suspenziju šećera, čvrstih kakao čestica i mleka u prahu u masnoj fazi. Sirovine se najpre sjedinjuju u homogenizeru, uz dodavanje emulgatora i aroma. Zatim se krem masa sitni na petovaljku, a po potrebi se može i končirati. Uvođenjem kugličnog mlina u proizvodnju krem proizvoda, sve operacije od sastavljanja preko sitnjenja i mešanja do dobijanja homogene suspenzije odvijaju se u kugličnom mlinu.

Osnovne karakteristike mazivog krem proizvoda su dobra mazivost, kremast ukus, homogena glatka struktura bez izdvajanja ulja na površini i odgovarajuća trajnost, odnosno, dobra oksidativna stabilnost.

Visok sadržaj kontinualne masne faze diktira konzistenciju i ponašanje mazivog krem proizvoda. Zbog toga izbor masti za ovu vrstu proizvoda zahteva dobro poznavanje karakteristika kako same masti tako i složenih procesa koji se javljaju u toku proizvodnje i kasnije pri čuvanju proizvoda. U mazivom krem proizvodu se često javlja tehnološka greška razdvajanja masne faze i migracija ulja prema površini, što utiče na promenu teksture i pogoršanje senzornih osobina. Da bi se sprečilo razdvajanje faza, koje je sa tehnološkog aspekta veoma nepoželjno, od presudnog je značaja upotreba pravilno izabranog emulgatora.

Lecitin se koristi kao emulgator u proizvodnji mazivog krem proizvoda u cilju poboljšanja reoloških karakteristika krem mase, a takođe i otpornosti mazivog krem proizvoda na vlagu i temperaturu. Površinski aktivne komponente lecitina su amfifilni molekuli, gde se hidrofilni deo, odnosno fosfatidil grupa, orijentiše ka hidrofilnoj površini čvrstih čestica dok su dva lanca masnih kiselina lipofilnog karaktera i usmereni su ka kontinualnoj masnoj fazi. Na ovaj način lecitin obezbeđuje lakše proklizavanje čestica, odnosno smanjuje se trenje pri čemu se smanjuje i viskozitet sistema. U proizvodnji krem proizvoda konditorska industrija Srbije isključivo koristi sojin lecitin. S druge strane, veliki obim proizvodnje ulja iz semena suncokreta i uljane repice u Srbiji uticao je na proizvodnju suncokretovog i repičinog lecitina, kao nusproizvoda postupka degumiranja u fazi rafinacije ovih ulja.

Savremeni trend proizvodnje funkcionalne hrane nameće poboljšanje kvaliteta svih proizvoda, uključujući i mazive krem proizvode. Masnu fazu mazivog krem proizvoda čine biljne masti dobijene metodama hidrogenacije, uz prisutan visok udeo nepoželjnih *trans*-masnih kiselina, što je u potpunoj koliziji sa trendom razvoja funkcionalnih proizvoda. Danas se sve više razvijaju postupci dobijanja masti promenjenog sastava, sa optimalnim udelom esencijalnih mono- i polinezasićenih masnih kiselina. U sirovinski sastav mazivog krem proizvoda ulazi i rafinisano suncokretovo ulje koje sadrži esencijalnu linolnu masnu kiselinu, kao i α -tokoferol (E vitamin), ima prosečan sadržaj sterola, nizak sadržaj skvalena i karotenoida, ali gotovo da ne sadrži esencijalnu α -linolensku masnu kiselinu i antioksidante δ - i γ -tokoferol. Pored upotrebe isključivo namenskih masti bez *trans*-masnih kiselina, zamenom dela ili celokupne količine suncokretovog ulja biljnim uljima koja sadrže α -linolensku kiselinu i antioksidante, moguće je poboljšati nutritivna svojstva ove vrste proizvoda.

Iz svega navedenog može se postaviti teza da se na bazi izučavanja kristalizacionih, reoloških i toplotnih karakteristika masne faze mazivog kakao-krem proizvoda, kao i reoloških, toplotnih i senzornih osobina finalnog proizvoda mogu predvideti složeni procesi koji se javljaju u toku proizvodnje i tokom čuvanja proizvoda i da će se analizom ovih pokazatelja moći objasniti uticaj lecitina različitog porekla, odnosno, uticaj promene sastava masne faze, na fizičke i senzorne osobine mazivog kakao-krem proizvoda.

U skladu sa navedenim činjenicama definisan je cilj istraživanja ovog rada:

- da se ispita mogućnost zamene sojinog lecitina u proizvodnji mazivog kakao-krem proizvoda sa suncokretovim i repičinim lecitinom u smislu optimizacije koncentracije dodatog lecitina i vremena mlevenja u laboratorijskom kugličnom mlinu;
- da se poboljša nutritivna vrednost mazivog kakao-krem proizvoda upotrebom non trans namenske masti, kao i zamenom dela i celokupne količine ulja iz semena suncokreta uljima iz semena soje, uljane repice i susama, uz postizanje odgovarajućih fizičkih i senzornih osobina proizvoda u vremenskom intervalu od šest meseci čuvanja.

Masnokiselinski sastav non trans masti, biljnih ulja i lecitina različitog porekla određen je gasnom hromatografijom, dok je kvantitativna fosforna nuklearno-magnetno-rezonantna tehnika primenjena u analizi sastava fosfolipida u lecitinima iz soje, suncokreta i uljane repice. Kristalizacione, reološke i toplotne karakteristike masne faze mazivog kakao-krem proizvoda, kao i fizičke osobine finalnog proizvoda praćene su pulsnom nuklearno-magnetnom-rezonantnom spektroskopijom, rotacionom viskozimetrijom, teksturometrijom, diferencijalnom skenirajućom kalorimetrijom, tristimulusnom kolorimetrijom. Održivost mazivog kakao-krem proizvoda praćena je senzornom analizom, kao i gasnom hromatografijom - određivanjem nastalih aldehida, kao sekundarnih produkata oksidacije lipida.

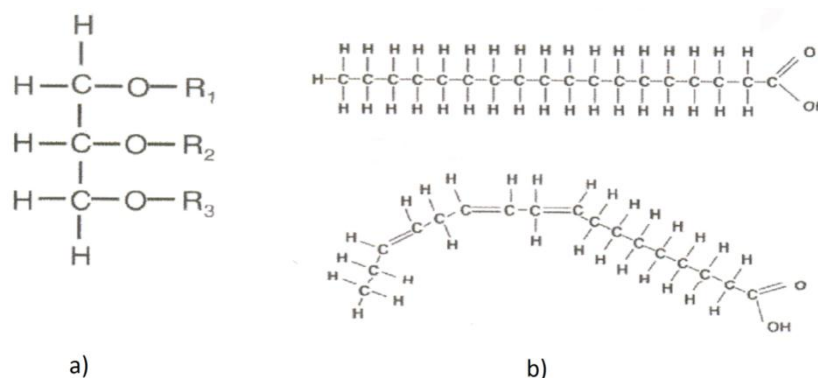
I TEORIJSKI DEO

1.1. NAMENSKJE MASTI

Masti obezbeđuju osnovne strukturalne karakteristike velikog broja prehrambenih proizvoda, uključujući i konditorske. Proizvodi koji sadrže značajnu količinu masti moraju imati određenu teksturu koja u potpunosti odgovara senzornim zahtevima za kvalitet i zadovoljava potrebe i ukus potrošača. Iz tog razloga je u današnje vreme došlo do naglog porasta istraživanja usmerenih na ispitivanje fizičkih osobina masti, naročito kristalizacionih i reoloških (Geoffrey i sar., 2005). S druge strane, u današnje vreme zahtevi potrošača usmereni su ka funkcionalnoj hrani koja ima pozitivni uticaj na njihovo zdravlje. Pored toga što služe kao izvor energije, namirnice moraju da obezbede potrebne hranljive materije, ali i da spreče bolesti vezane za ishranu i poboljšaju fizičko i psihičko stanje ljudi (Betoret i sar., 2011).

1.1.1. Hemijska struktura masti

Masti predstavljaju smešu triglicerida, čiji udeo iznosi oko 98%, dok preostalih 2% čine digliceridi, monogliceridi, slobodne masne kiseline, fosfolipidi, glikolipidi, steroli i ostale minorne komponente. Prirodne masti i ulja predstavljaju smešu velikog broja različitih triglicerida koji se sastoje iz molekula glicerola čije su sve tri hidrosilne grupe esterifikovane sa po jednom masnom kiselinom, koje se bitno mogu razlikovati po stepenu zasićenosti i dužini ugljovodoničnog lanca (Metin & Hartel, 2005). Masne kiseline se sastoje od ugljovodoničnog lanca sa parnim brojem ugljenikovih atoma, najčešće između 12 i 24, i karboksilnom grupom (COOH) na kraju lanca. Lanac prirodnih masnih kiselina se obično sastoji od parnog broja ugljenikovih atoma i linearan je ukoliko ne poseduje dvostruke veze kada postaje uvijen (Slika 1) (Himawan i sar., 2006).



Slika 1. Struktura triglicerida: a) Opšta molekularna struktura triglicerida, gde su R₁, R₂ i R₃ masne kiseline; b) Hemijska struktura zasićene i nezasićene masne kiseline

Zasićene masne kiseline (saturated fatty acids, SFA) imaju svaku slobodnu valentnu vezu ugljenika zasićenu vodonikom i nalaze se u zasićenim mastima, dok mononezasićene

(monounsaturated fatty acids, MUFA) i polinezasićene (polyunsaturated fatty acids, PUFA) sadrže jednu, odnosno dve ili više dvostrukih veza u molekulu, većinom se nalaze u biljnim uljima i nestabilnije su. Najrasprostranjenije masne kiseline u prirodi date su u Tabeli 1 (Gavrilović, 2003).

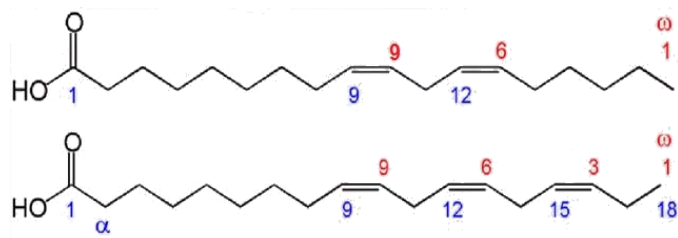
Tabela 1. Najrasprostranjenije masne kiseline

Zasićene masne kiseline		Nezasićene masne kiseline	
Broj C-atoma	Naziv	Broj C-atoma	Naziv
C4:0	Buterna	C16:1	Palmitoleinska
C6:0	Kaprinska	C18:1	Oleinska
C8:0	Kaprilna	C18:2	Linolna
C10:0	Kaprinska	C18:3	Linolenska
C12:0	Laurinska	C20:1	Gadolenska
C14:0	Miristinska	C22:1	Eruka
C16:0	Palmitinska	C22:4	Arahidonska
C18:0	Stearinska		
C20:0	Arahinska		
C22:0	Behenska		

Dvostruke veze u lancima nezasićenih masnih kiselina mogu biti formirane u *cis*- ili *trans*- konfiguraciji. U molekulu triglicerida nezasićene masne kiseline prirodno se nalaze u *cis*- položaju, odnosno atomi vodonika se nalaze na istoj strani dvostruke veze, što uzrokuje da se lanac presavija. Što je veći broj dvostrukih veza i *cis*- položaja vodonika, to je i uvijenost veća, te se molekuli nalaze na međusobno većim rastojanjima. S druge strane, izomerna *trans*- konfiguracija ima dva susedna atoma vodonika vezana na suprotnim stranama dvostruke veze. Rezultat toga je oblik sličan ravnom lancu, kao što je u zasićenim masnim kiselinama. Izomerni *trans*- položaj je karakterističan za trigliceride mlečnih proizvoda i proizvode koji sadrže industrijski modifikovana ulja – margarine i druge čvrste biljne masti, nastale tokom katalitičke hidrogenacije (Lidefelt, 2002).

Masne kiseline se najčešće klasifikuju IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*) sistemom, gde se položaj dvostruke veze računa sa strane karboksilne grupe. Postoji i prihvatljiviji, " ω -x" ili "n-x" sistem, gde x predstavlja položaj prve dvostruke veze od ugljenikovog atoma najbližeg metil grupi, odnosno najudaljenijeg od karboksilne grupe (Lidefelt, 2002). Na primer, linolna kiselina se po IUPAC-u obeležava kao C18:2 *cis* 9,12, a po " ω -x" ili "n-x" sistemu kao C18:2 ω -6 ili C18:2 n-6 masna kiselina jer ima dvostruku vezu na šestom ugljenikovom atomu od "omega" ugljenikovog atoma. Slično tome, α -linolenska kiselina je C18:3 *cis* 9,12,15 po IUPAC-u, odnosno C18:3 ω -3 masna kiselina budući da ima dvostruku vezu na trećem ugljenikovom atomu od "omega" ugljenikovog atoma (Slika 2) (Rabrenović, 2011).

Nedostatak " ω -x" terminologije je što se pomoću iste ne može definisati *cis*- i *trans*- položaj masne kiseline, kao i broj dvostrukih veza u molekulu. Uprkos tome, ovaj sistem klasifikovanja je veoma popularan zbog svoje jednostavnosti i odgovarajuće primene na sve nutritivno važne masne kiseline (O'Keefe, 2008).



Slika 2. Linolna (ω -6) i linolenska (ω -3) masna kiselina

1.1.2. Kristalizacione osobine masti

Masti predstavljaju smešu velikog broja različitih triglicerida čije kristalizacione osobine direktno utiču na reološko ponašanje sirovina tokom tehnološkog procesa proizvodnje, kao i na senzorne osobine gotovih proizvoda koji sadrže kontinualnu masnu fazu. Spoljašnji izgled, tekstura, mazivost i žvakljivost u velikoj meri zavise od sadržaja čvrstih triglicerida i mehaničke čvrstoće kristalne rešetke koju obrazuju kristali masti (De Graef i sar., 2006). Prilikom očvršćavanja masti zahteva se formiranje sitnih i ujednačenih kristala koji povoljno utiču na izgled i strukturu masti. Uslov za nastanak velikog broja malih kristala uniformne veličine je da se nastanak jezgara odigrava istovremeno u čitavoj masi. To znači da procesni uslovi moraju biti tako podešeni da čitava zapremina kristališuce masti dostigne željenu temperaturu i koncentraciju u isto vreme. U suprotnom, ako je trajanje nukleacije produženo, nastaje širi opseg kristalnih veličina. Tako kristali koji prvi nastaju mogu da rastu u većoj meri nego oni koji se formiraju kasnije (Campos i sar., 2002).

Trigliceridi imaju svojstvo polimorfizma za koji je karakteristično da svaki od kristalizacionih oblika ima svojstvenu kristalnu strukturu. Molekuli triglicerida imaju sposobnost pakovanja u različite kristalne oblike tj. polimorfe koji se značajno razlikuju po temperaturi topljenja. Polimorfizam se u većini masti ispoljava u tri glavna oblika: α , β' i β , i ako neke masti poseduju i više. α -polimorf ima heksagonalni oblik i formira se na niskim temperaturama i pri velikim brzinama hlađenja. Usled odvođenja toplote kristalizacije i povećanja viskoziteta sredine nastaju sitniji, ortorombični kristali β' - polimorfa i, na kraju, sabijeni triklinični kristali β -polimorfa (Lidefelt, 2002). U proizvodnji konditorskih namaza i masnih punjenja najpoželjniji su sitni β' kristali jer obezbeđuju glatku površinu i homogenu strukturu finalnog proizvoda. S druge strane, kristali β -oblika su najstabilniji, ali nisu poželjni u velikom udelu jer dovode do grube i zrnaste strukture proizvoda (Zarubova i sar., 2010). Svaki kristalni oblik ima svojstvene fizičke karakteristike koje različito utiču na proizvod u kome se nalaze. Tekstura, čvrstoća, mazivost i ostale reološke karakteristike kristališuce masti u mnogome zavise od uslova vođenja procesa kristalizacije te je neophodan preduslov poznavanje ponašanja i ispravno kontrolisanje kristališućih sistema (Foubert i sar., 2002).

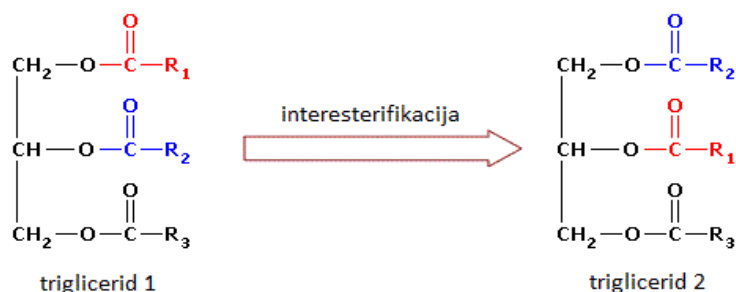
Da bi se kristalizacija kontrolisala u potpunosti, potrebno je poznavati uslove njenog vođenja sa aspekta kristalizacione kinetike. Kinetika nastajanja kristalizacionih jezgara i rasta kristala mora se poznavati kako bi se kontrolisalo formiranje odgovarajućeg broja, veličine, oblika i polimorfa kristala. Brzina prenosa toplote i mase tokom procesa kristalizacije su te koje utiču na uslove pri kojima se kristalizacija odigrava i koji bitno rezultuju u stukturi kristalne faze. Kinetika procesa kristalizacije masti zavisi od hemijske strukture masti i primenjenih postupaka promene sastava masti, koji su od presudnog značaja za dobijanje proizvoda željenih karakteristika (Hartel, 2002).

1.1.3. Promena sastava masti i ulja

Pored postupka mešanja, u cilju dobijanja masti sa specifičnim fizičkim osobinama i većom trajnosti primenjuju se tehnike modifikacije masti i ulja: hidrogenacija, hemijska i enzimaska interesterifikacija i frakciona kristalizacija (Rodrigues & Gioielli, 2003).

Hidrogenacija biljnih ulja je veoma rasprostranjen postupak u modifikaciji masti i ulja. Adicijom vodonika uklanja se deo dvostrukih veza u molekulu triglicerida dok se veći deo preostalih dvostrukih veza izomerizuje putem *cis/trans* konverzije na drugim mestima u lancu masne kiseline. Dobijene masti imaju višu tačku topljenja, poboljšanu konzistenciju i oksidativno su stabilnije. Sastav i osobine finalnog proizvoda zavise od tipa i koncentracije katalizatora koji se primenjuje, pritiska i temperature. Aktivni nikl je najčešće korišćen komercijalni katalizator za hidrogenaciju jestivih ulja. *Trans*-masne kiseline, koje nastaju postupkom hidrogenacije biljnih ulja, imaju višu tačku topljenja u poređenju sa *cis*- oblikom, te pojava *trans*-oblika pomaže održavanju čvrstoće proizvoda. S druge strane, *trans*-izomeri masnih kiselina su štetni po ljudsko zdravlje jer povećavaju rizik od nastanka kardiovaskularnih bolesti (Karabulut i sar., 2003).

U današnje vreme pooštreni su regulacioni standardi u konditorskoj industriji i, umesto dosadašnjih konvencionalnih metoda hidrogenacije gde kao nus produkti nastaju *trans*-masne kiseline, sve više se razvijaju postupci interesterifikacije i frakcionisanja kako bi se dobile masti promenjenog sastava (Sato, 2001). Interesterifikacijom, pod određenim uslovima, dolazi do izmene položaja masnih kiselina u molekulu triglicerida, pri čemu se formira novi triglicerid, a struktura masnih kiselina ostaje nepromenjena (Slika 3).



Slika 3. Izmena masnih kiselina unutar triglicerida

Ovaj proces nudi mogućnost menjanja fizičkih karakteristika masti i ulja, naročito kristalizacionih karakteristika, pri čemu ne nastaju *trans*-masne kiseline (Piska i sar., 2006). Interesterifikacija je metoda primenom koje se uspešno modifikuju fizičke karakteristike namenskih masti i decenijama je korišćena u cilju modifikacije teksturalnih karakteristika goveđeg loja. Za razliku od hemijske interesterifikacije, koja se zasniva na sposobnosti triglicerida da pod određenim uslovima reaguju sa određenim hemijskim jedinjenjima, pri čemu se odvija nasumična migracija masnih kiselina, enzimaska interesterifikacija nudi mogućnost nasumične, selektivne i specifične izmene masnih kiselina, u zavisnosti od primenjenog enzima lipaze (Rousseau & Marangoni, 1999).

Frakciona kristalizacija predstavlja kontrolisano zagrevanje i hlađenje pri čemu nastaje tečna (olein) i čvrsta (stearin) frakcija. Palmin stearin je prirodna i jeftina frakcija sa visokom tačkom topljenja, dobija se iz palminog ulja i ne zahteva proces hidrogenacije.

Upravo zbog visoke tačke topljenja u opsegu 44-56°C palmin stearin ne može neposredno da se koristi za proizvodnju namenskih masti jer nije plastičan i nema odgovarajuću topivost. S druge strane, ulje iz palminih koštica sadrži trigliceride kratkog i srednjeg lanca slične onima u masti iz butera, te ima odlične osobine topljenja i omogućava formiranje stabilnih β' kristalnih formi, neophodnih za finu strukturu proizvoda. Današnji trend propagira i unos što više tečnog ulja u proizvode kako bi se deklarirao najveći mogući sadržaj polinezasićenih masnih kiselina (Fauzi i sar., 2013).

Fauzi i sar. (2013) izvršili su hemijsku interesterifikaciju smeše različitog odnosa rafinisanog, izbeljenog i deodorisanog palminog stearina, palminog i sojinog ulja u cilju proizvodnje namenske biljne masti odgovarajućih teksturalnih karakteristika, sa minimalnim sadržajem *trans*-masnih kiselina. Primenjen je određen temperaturni režim pri čemu je kao katalizator dodat natrijum metoksid u prahu, koji je nakon određenog vremena mešanja inaktiviran limunskom kiselinom. Smeša je zatim mešana sa agitatorom, nakon čega su toplom vodom isprani natrijum metoksid i višak limunske kiseline, a interesterifikovana mast filtrirana kroz filter papir.

U cilju smanjenja sadržaja zasićenih masnih kiselina i poboljšanja mazivosti butera, Nunes i sar. (2011) izvršili su enzimsku interesterifikaciju smeše butera i sojinog ulja, kao odličnog izvora ω -3 masnih kiselina. Primenjena je *Aspergillus niger* lipaza koja je zatim inaktivirana SiO₂-polivinil alkoholom. Najbolja tekstura krajnjeg proizvoda dobijena je interesterifikacijom smeše mlečne masti i sojinog ulja u odnosu 67:33 pri čemu je takođe došlo do inkorporacije adekvatne količine polinezasićenih masnih kiselina.

1.1.4. Emulgatori

Pored pravilnog izbora masti u konditorskoj industriji, neophodna je i upotreba emulgatora, kao stabilizujućih komponenta sistema. Kao površinski aktivne materije, emulgatori su funkcionalni aditivi koji se koriste u prehrambenoj industriji za poboljšanje teksture, stabilnosti, zapremine, mekoće, zapremine i roka trajanja različitih proizvoda. U proizvodima koji sadrže značajnu količinu masti emulgatori mogu da se koriste, između ostalog, kao modifikatori kristalne strukture i polimorfizma, budući da mogu da kristališu zajedno sa mastima i time spreče ili uspore polimorfne transformacije. Pored toga, emulgatori mogu imati uticaja i na kinetiku kristalizacije masti jer deluju kao "seed" kristali, odnosno kristališu pre triglicerida masti i smanjuju vreme nukleacije, čime ubrzavaju nastanak kristalizacionih centara (Garbolino i sar., 2005). Emulgatori smanjuju površinski napon između dve faze koje se međusobno ne mešaju omogućavajući njihovu homogenizaciju, a takođe se i apsorbuju na površini kapljica ili čestica formirajući zaštitni sloj koji sprečava agregaciju (Sakiyan i sar., 2004). Svi emulgatori koji se koriste u konditorskoj industriji imaju lipofilna i hidrofилna svojstva, čiji odnos se često izražava kao hidrofилno-lipofilni bilans ili HLB. Ovaj broj može imati vrednosti od 0 do 20. Broj i polaritet funkcionalnih grupa određuje da li će površinski aktivan molekul biti rastvoran u vodi ili u ulju (ili dispergovan). Visoka HLB vrednost je povezana sa lakom dispergovanošću u vodi, tako da se emulgatori sa visokom HLB vrednošću koriste za pripremanje i stabilizovanje emulzija ulje u vodi (U/V). Emulgatori niske HLB vrednosti se koriste za emulzije tipa voda u ulju (V/U), kao što je margarin. U konditorskoj industriji se često kombinuju dva emulgatora niske i visoke HLB vrednosti, dajući optimalna emulgujuća svojstva (Hasenhuettl & Hartel, 2008).

1.2. BILJNA ULJA

Biljna ulja se mogu dobiti iz raznovrsnih biljaka, u kojima predstavljaju rezervnu energiju i nalaze se u velikom udelu od 10-50%. Najveći deo biljnih ulja čini smeša različitih triglicerida. Ostale, minorne komponente, kao što su steroli, tokoferoli, pigmenti itd., prisutni su u znatno manjem udelu. Većina ovih komponenata su biološki aktivne supstance koje povećavaju nutritivnu vrednost ulja ili se koriste kao prirodni aditivi u farmaceutskim proizvodima (Sovova i sar., 2010). Sadržaj najzastupljenijih masnih kiselina u odabranim biljnim uljima dat je u Tabeli 2 (Beardsell i sar., 2001; Przybylsky, 2005).

Tabela 2. Masnokiselinski sastav pojedinih biljnih ulja

Ulje	Masna kiselina (%)				
	C16:0	C18:0	C18:1 (ω -9)	C18:2 (ω -6)	C18:3 (ω -3)
Laneno	5	3	18	14	60
Susamovo	13	-	45	41	1
Sojino	15	-	23	54	8
Kikirikijevo	19	-	45	34	-
Repičino	4	3	63	20	10
Suncokretovo	11	-	23	66	-
Pamukovo	26	-	16	58	-
Maslinovo	12	2	76	10	0,7
Palmino	42	-	40	6	12

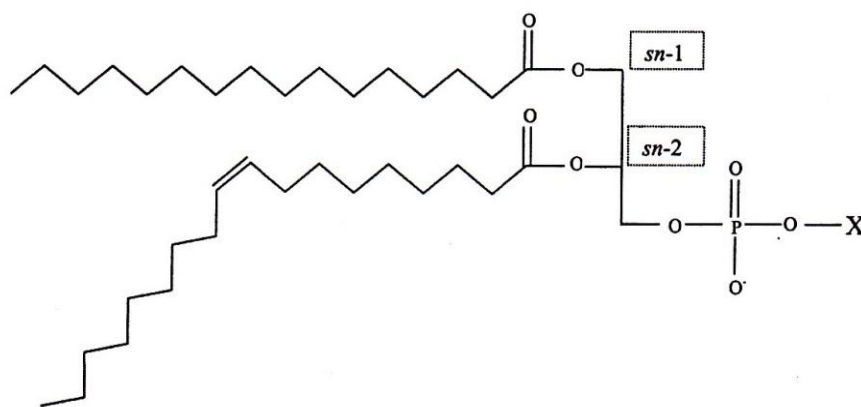
1.2.1. Fosfolipidni kompleks biljnih ulja - lecitin

Fosfolipidi su lipidi koji sadrže ostatke fosforne kiseline i predstavljaju prirodne površinski aktivne materije. Nalaze se u najvećoj koncentraciji u proizvodima životinjskog porekla kao što su iznutrice, meso, riba, jaja, mleko/sir, a u biljkama ih najviše ima u semenima, jezgrastom voću i žitaricama. Kao gradivni elementi ćelijske membrane i aktivni učesnici u metaboličkim procesima, fosfolipidi su neophodni za život (Szuhaj, 2005). Pri preradi semena uljarica presovanjem ili ekstrakcijom, pod uticajem toplote, vlage ili rastvarača, fosfolipidi prelaze u ulja. Njihov sadržaj u sirovom ulju zavisi od količine fosfolipida u semenu, od stepena zrelosti i uslova čuvanja semena, kao i načina tehnološkog postupka izdvajanja ulja. Fosfolipidi se pojavljuju samo kod sirovih – nerafinisanih ulja. Veći sadržaj fosfolipida, cenjenih nutritivnih svojstava, povećava biološku vrednost ulja (Dimić, 2005).

1846. godine francuski hemičar Maurice Gobley izolovao je narandžastu supstancu iz žumanca jajeta i nazvao je 'lecitin', po grčkoj reči 'lekitos' – žumance (Whitehurs, 2004). Lecitin ima veoma dugu istoriju primene. 1930. godine razvijene su komercijalne tehnike za proizvodnju biljnih ulja ekstrakcijom iz uljarica. Neophodnost procesa degumiranja sirovog ulja uzrokovalo je proizvodnju velike količine lecitina, koji je ubrzo počeo da se proizvodi u komercijalne svrhe. U narednim godinama sprovedena su obimna istraživanja u vezi sa razvojem novih aplikacija lecitina, poboljšanja kvaliteta i modifikacije. U prehrambenoj industriji lecitin se prvobitno koristio kao emulgator u proizvodnji margarina i čokoladne mase, a ubrzo i u proizvodnji pekarskih proizvoda, gde i danas ima svoju primenu (Szuhaj, 2005).

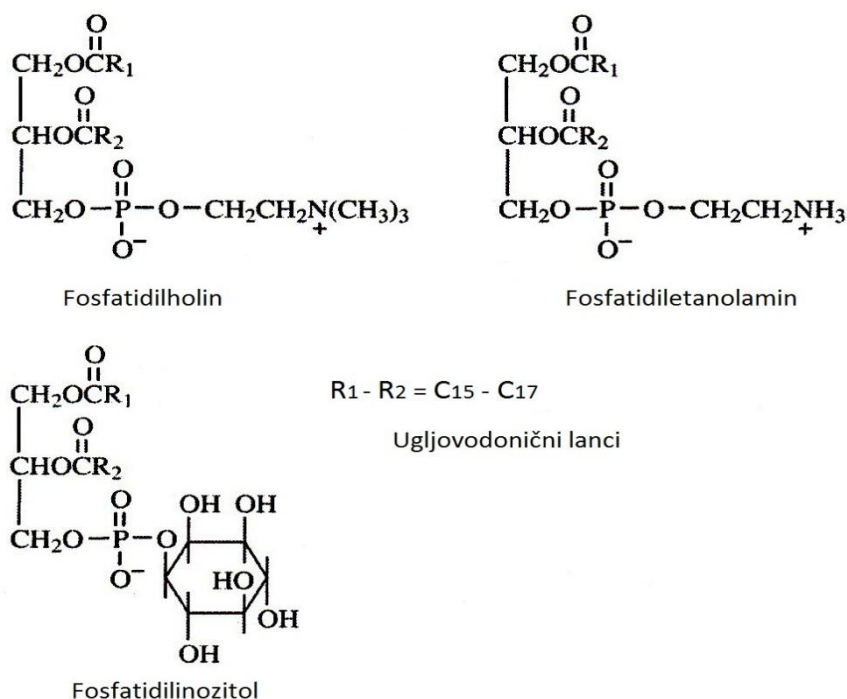
Lecitin je sporedni proizvod koji se dobija pri proizvodnji sojinog, suncokretovog i repičinog ulja – predstavlja nusproizvod koji se uklanja postupkom degumiranja u fazi rafinacije ulja. Može se definisati kao mešavina u acetonu nerastvorljivih polarnih lipida i triglicerida ulja, sa primesama ostalih minornih komponenti (Doig & Diks, 2003; Cabezas i sar., 2009). Tehnološko-funkcionalne osobine lecitina potiču od površinski aktivne frakcije polarnih lipida, odnosno fosfolipida. Fosfolipidne komponente biljnih ulja se sastoje od trohidroksilnog alkohola glicerola čije su dve hidroksilne grupe esterifikovane sa po jednom masnom kiselinom, a na treću alkoholnu grupu glicerola estarski je vezana fosforna kiselina, za koju su vezani monovalentni alkoholi – holin ili etanolamin ili polivalentni alkoholi – glicerol ili inozitol (Arnold i sar., 2013).

Komercijalni lecitin predstavlja kompleksnu smešu fosfolipida (oko 65%), triglicerida (oko 35% ulja) i mali udeo glikolipida, fitosterola, tokoferola i masnih kiselina. Sojin lecitin predstavlja mešavinu prirodnih fosfolipida – fosfatidilholina (PC), fosfatidiletanolamina (PE) i fosfatidilinozitola (PI) i koristi se kao emulgator širom sveta u prehrambenim i farmaceutskim proizvodima. Pored toga, odličan je izvor holina, u vodi rastvornog esencijalnog nutrijenta. Hemijska struktura lecitina prikazana je na Slici 4 dok je hemijska struktura fosfolipida koji se najčešće javljaju u komercijalnom sojinom lecitinu prikazana na Slici 5 (Ramadan, 2008).



Slika 4. Struktura lecitina sa palmitinskom kiselinom u položaju sn-1 i oleinskom u položaju sn-2. X predstavlja polarnu grupu

PE i PC su amfoternog karaktera, dok je PI anjonskog. HBL vrednost ovih derivata varira, PC ima visoku HBL vrednost, PI nisku dok PE ima HBL vrednost između prva dva derivata. HLB vrednost prirodnih mešavina je u opsegu 9-10, što znači da emulgatori koji imaju vrednosti u ovom opsegu teže da formiraju emulzije U/V ili V/U iako nije jedna od ovih emulzija nije stabilna. S druge strane, emulgatori sa srednjom HBL vrednošću su idealni za snižavanje površinskog napona u prirodnim mešavinama, gde je lecitin najzastupljeniji (Szuhaj, 2005).



Slika 5. Hemijska struktura fosfolipida u komercijalnom sojinom lecitinu

Nekada je jaje, koje sadrži relativno visok sadržaj fosfolipida, služilo kao glavni komercijalni izvor lecitina. Međutim, nagli porast uzgoja i proizvodnje soje ubrzo ga je načinilo neekonomičnim za proizvodnju. Fosfolipidi su prvenstveno skoncentrisani u žumancetu jaja, gde je deo njih u kombinovan sa proteinima i ugljenim hidratima. Pored velike razlike u sastavu fosfolipida, bitna je činjenica da biljni lecitini imaju znatno veći sadržaj nezasićenih masnih kiselina i ne sadrže holesterol (Tabela 3) (Szuhaaj, 2005).

Tabela 3. Poređenje sastava lecitina iz soje i jaja

Polarni lipidi (%)	Sojin lecitin	Lecitin iz jaja
Fosfatidilholin (PC)	20-22	68-72
Fosfatidiletanolamin (PE)	21-23	12-16
Fosfatidilinozitol (PI)	18-20	0-2
Fosfatidna kiselina	4-8	-
Sfingomijelin	-	2-4
Ostali fosfolipidi	15	10
Glikolipidi	9-12	-
Masna kiselina (%)	Sojin lecitin	Lecitin iz jaja
Palmitinska	15-18	27-29
Stearinska	3-6	14-17
Oleinska	9-11	35-38
Linolna	56-60	15-18
Linoleinska	6-9	0-1
Arahidonska	0	3-5

Sirovo sojino ulje sadrži do 4% fosfolipida (Hammond i sar., 2005). Iako je procenat fosfolipida u suncokretovom ulju u granicama od 0,02-1,5%, najčešće oko 0,75%, masovna proizvodnja suncokretovog ulja otvara mogućnost proizvodnje i primene suncokretovog lecitina kao emulgatora u prehrambenoj industriji. Lecitin suncokreta ima blag ukus i slične emulgacione sposobnosti kao sojin lecitin. S druge strane, sirovo ulje iz semena uljane repice sadrži do 3,5% fosfolipida (Przybylski i sar., 2005). Različite sorte uljane repice, kao što je Canola, postale su veoma dostupne, tako da je izdvajanje lecitina iz uljane repice u stalnom porastu (Szuhaj, 2005).

Približan sastav fosfolipida komercijalnih lecitina dat je u Tabeli 4 (Doig & Diks, 2003).

Tabela 4. Hemijski sastav prirodnog, komercijalnog lecitina različitog porekla

Lecitin	Frakcija (%)			
	Fosfatidilholin (PC)	Fosfatidiletanolamin (PE)	Fosfatidilinozitol (PI)	Fosforna kiselina
Sojin	21	22	19	5-10
Suncokretov	41	17	23	3
Repičin	37	30	14	0

Sastav masnih kiselina diglicerida sličan je onom kod triglicerida sadržanih u ulju iz kojeg je dobijen lecitin (Tabela 5) (Nieuwenhuyzen & Tomas, 2008).

Tabela 5. Masnokiselinski sastav lecitina različitog porekla

Lecitin	Masna kiselina (%)					
	C16:0	C18:0	C18:1 (ω -9)	C18:2 (ω -6)	C18:3 (ω -3)	Ostale
Sojin	16	4	17	55	7	1
Suncokretov	11	4	18	63	-	4
Repičin	7	1	56	25	6	5

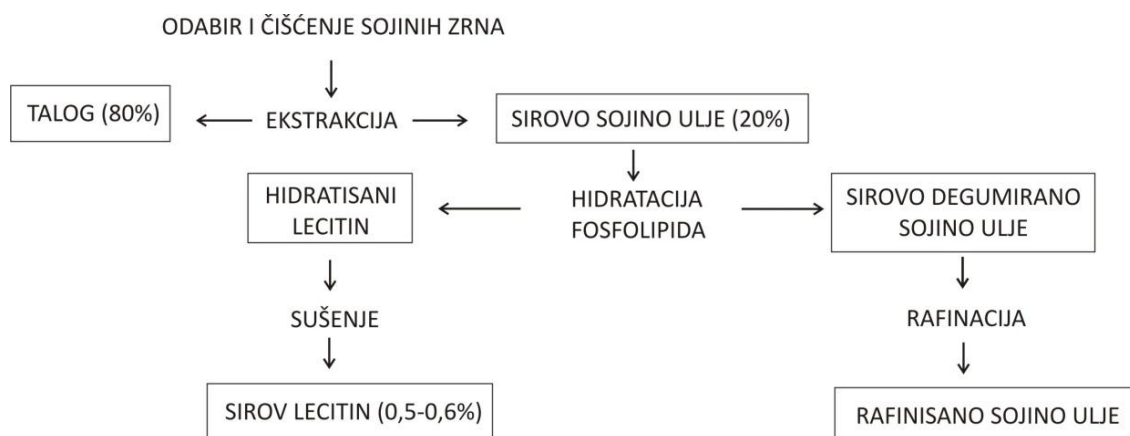
Lecitin je rastvorljiv u mineralnim kiselinama, alifatičnim i aromatičnim ugljovodonicima, delimično rastvorljiv u etil-alkoholu (uglavnom inozitol frakcija), praktično nerastvorljiv u alifatičnim alkoholima i acetonu (manje od 0,003% na 5°C), kao i u vodi. U heterogenim sistemima kao što su ulje i voda, molekuli fosfolipida organizovani su u mononuklearnim slojevima od kojih su masne kiseline usmerene ka površini ulja, a fosfatidil grupa usmerena je ka površini vode. Ovakav sastav snižava napon na granici ulje-voda što rezultira pogodnostima kao što su brzo kvašenje, snižavanje viskoziteta i veća stabilnost emulzija i suspenzija (Joshi i sar., 2006).

Emulgacione sposobnosti lecitina mogu se poboljšati frakcionisanjem sa etanolom. PC je rastvorljiv u etanolu, PI je nerastvorljiv, a PE je delimično rastvorljiv. Frakcionisanjem sa etanolom dobija se rastvorljiva i nerastvorljiva frakcija. Rastvorljiva frakcija sadrži 60% PC, 30% PE i 2% PI dok nerastvorljiva sadrži 4% PC, 29% PE i 55% PI. Rastvorljiva frakcija je

pogodnija za stabilizaciju U/V emulzija dok je nerastvorljiva pogodnija za stabilizaciju V/U emulzija.

Sirov lecitin se tretira određenim postupcima prečišćavanja pri čemu se dobijaju razni komercijalni proizvodi na bazi lecitina koji se dalje mogu koristiti u prehrambenoj industriji. Lecitin koji je potpuno odvojen od ulja je plastičan, lepljiv i veoma viskozozan. Međutim, dodatak ulja dovodi do drastičnog smanjenja viskoziteta pri čemu se dobija komercijalni lecitin. Sirov lecitin je tamne boje, skoro crn, zbog visokih temperatura tokom proizvodnje, pri čemu se postupkom izbeljivanja dobija prihvatljivija svetlo braon boja. Tretiranjem lecitina sa 1,5% vodonik peroksida dobija se jednostruko izbeljen lecitin, a dodatnim dodavanjem 0,5% benzoil peroksida dobija se dvostruko izbeljen lecitin (Stauffer, 2005).

Na Slici 6 prikazana je šema proizvodnje sojinog ulja i sirovog lecitina, kao nusproizvoda prerade ulja.



Slika 6. Postupak dobijanja sirovog lecitina

1.2.1.1. Specifične karakteristike lecitina

Lecitin je prehrambeni aditiv, zakonski regulisan u Evropskoj Uniji pod direktivom 95/2/EG (primene) i 96/77/EG (kvalitet) pod brojem E 322, na osnovu kojih nemodifikovan lecitin mora zadovoljiti sledeće zahteve:

Izgled: lecitini mogu biti veoma viskozni, manje viskozni ili u obliku praha braon boje

Sadržaj fosfolipida: minimalno 60% supstanci nerastvorljivih u acetonu

Čistoća: manje od 0,3% supstanci nerastvorljivih u toluenu

Isparljive supstance: manje od 2% nakon 1 sata sušenja na 105°C

Kiselinski broj: manje od 35 mg KOH/g

Peroksidni broj: 10 ili manje, izražen kao mmol/kg

1.2.1.2. Kvalitativne karakteristike lecitina i njihovo značenje

Materije nerastvorljive u acetonu (AI – Acetone insoluble matter)

Emulgacione sposobnosti lecitina potiču od sadržaja polarnih lipida, odnosno fosfolipida. Budući da su polarni lipidi nerastvorljivi u acetonu, materija nerastvorljiva u acetonu služi kao standard za određivanje sadržaja komponenti lecitina. Princip se sastoji u uklanjanju ulja gnječenjem lecitina u acetonu i gravimetrijskim određivanjem ostatka.

Materije nerastvorljive u toluenu (TI – Toluene insoluble)

Nečistoće u lecitinu, koje potiču od procesa ekstrakcije (delovi semena), zamućenja tokom prerade, i sastojaka koji su postali nerastvorljivi tokom skladištenja, mogu smanjiti funkcionalnost lecitina i negativno uticati na ukus.

Sadržaj vode

Kao amfifilne supstance, fosfolipidi i lecitini uvek imaju malu količinu vode. Pošto je bakterijski rast zavistan od vode, količina vode u lecitinu je ograničena na maksimum 2%.

Kiselinski broj (AV – Acid Value)

Usled nepropisnog skladištenja sirovina, može doći do hidrolize triglicerida i pojave slobodnih masnih kiselina koje dospevaju i u sirovi lecitin. Sa druge strane, finalni lecitin mora imati određenu kiselost koja sprečava razdvajanje sastojaka i ovo se može postići upravo dodavanjem čistih masnih kiselina. Kiselinski broj pokazuje kvalitet lecitina tokom vremena, u zavisnosti da li su analizirane sirovine ili finalni proizvod.

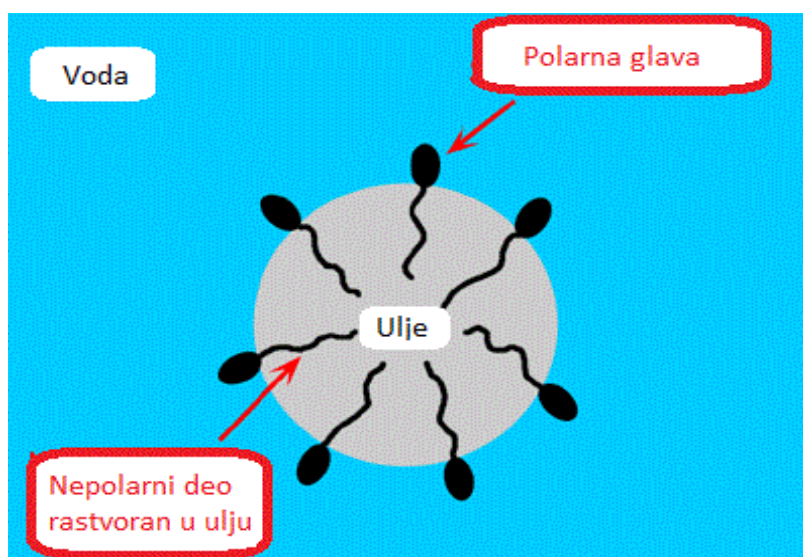
Peroksidni broj (PV - Peroxide Value)

Peroksidni broj takođe obezbeđuje kriterijum za procenu svežine lecitina, odnosno odsustvo kvarenja. Prvi korak u procesu autooksidacije lipida je stvaranje hidroperoksida kao rezultat adicije kiseonika na dvostruke veze nezasićenih masnih kiselina.

1.2.1.3. Fizičko – hemijske karakteristike lecitina

Površinska aktivnost

Lecitin je amfifilna supstanca i pokazuje površinski aktivno dejstvo koje mu obezbeđuje ulogu emulgatora. Priroda i struktura ovih molekula je dipolarna, odnosno sastoje se od lipofilnog (hidrofobnog) dela molekula koji se rastvara u lipidima (nepolarna faza) i hidrofilnog (lipofobnog) dela koji se orijentiše ka vodenoj (polarnoj) fazi (Slika 7).



Slika 7. Orijehtacija PAM u sistemu ulje-voda

Rastvorljivost u organskim rastvaračima

Rastvorljivost komponenti lecitina u različitim organskim rastvaračima pre svega potiče od polarnih krajeva grupa i zavisi od sastava masnih kiselina. Rastvorljivost fosfatidilholina u etanolu se, recimo, smanjuje sa povećanjem dužine ugljovodoničnih lanaca. Iako se fosfolipidi obično ne rastvaraju u acetonu, fosfolipidi sa ugljovodoničnim lancima manjim od C:10 su rastvorljivi u acetonu. Međutim, potpuno odvajanje pojedinačnih fosfolipida na bazi njihove različite rastvorljivosti u određenim rastvaračima nije moguće jer svaki utiče na rastvorljivost onog drugog. Rastvorljivost pojedinih fosfolipida u organskim rastvaračima prikazana je u Tabeli 6.

Tabela 6. Rastvorljivost fosfolipida u organskim rastvaračima

Fosfolipid	Heksan	Etanol	Aceton
Fosfatidilholin (PC)	+	+	-
Fosfatidiletanolamin (PE)	+	+/-	-
Fosfatidilinozitol (PI)	+	-	-
Lizo-fosfolipidi	+/-	+	-

Ponašanje u vodi

Fosfolipidi su supstance koje se rastvaraju u vodi putem formiranja brojnih visoko uređenih mezofaza tečnih kristala. Po analogiji sa njihovim termalnim karakteristikama, ovaj fenomen je poznat kao liotropni polimorfizam. Formacija i struktura ovih faza povezani su sa koncentracijom i temperaturom, i takođe indukovani promenama u pH. Poznate su strukture poput inverznih micela (globularne i cevaste), mono i višelamelarnih sistema, lipozoma iz jednog i više slojeva.

Tačka topljenja

Tačke topljenja fosfolipida imaju ograničen značaj po njihove osobine. Obično se karakteristike topljenja menjaju procesom hemijskog razlaganja. Ponašanje fosfolipida pri topljenju se može bolje odrediti strukturom polarnih krajeva grupa, nego dužinom i nivoom zasićenosti ugljovodoničnog lanca. Prosečne tačke topljenja fosfolipida prikazane su u Tabeli 7 (Whitehurs, 2004).

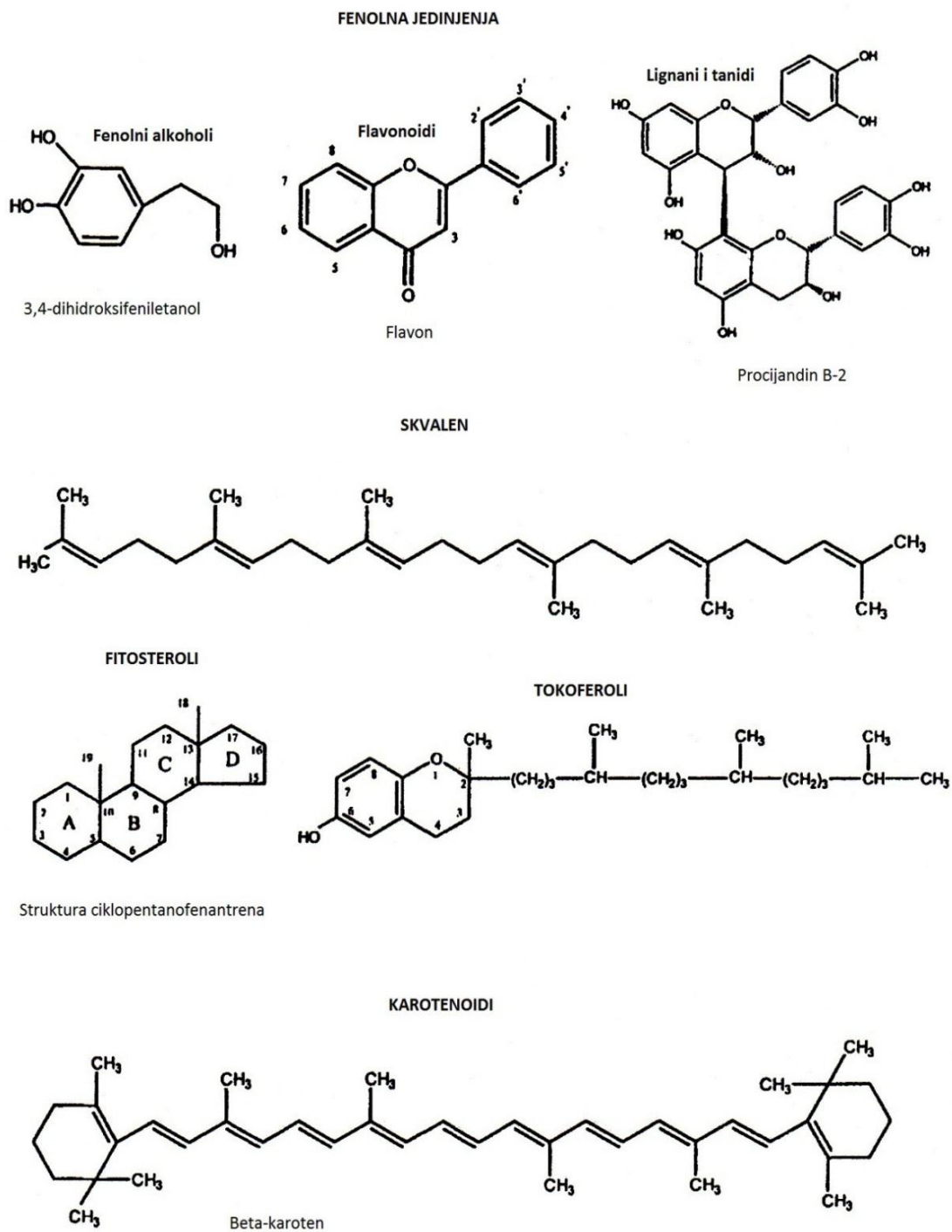
Tabela 7. Prosečne tačke topljenja fosfolipida

Fosfolipid	Tačka topljenja (°C)
Fosfatidilholin (PC)	230
Fosfatidiletanolamin (PE)	196
Fosfatidilinozitol (PI)	136
Lizo-fosfolipidi	240
Fosforna kiselina	71

1.2.2. Neosapunjive komponente biljnih ulja

Minorni sastojci biljnih ulja (Slika 8) obuhvataju antioksidante - fenolna jedinjenja, skvalen, fitosterole, tokoferole i karotenoide. Pored toga što kao prirodni antioksidanti produžavaju rok trajanja biljnih ulja, ove komponente u velikoj meri sprečavaju nastanak kardiovaskularnih bolesti i poseduju antikancerogena svojstva (Beardsell i sar., 2001).

Pri reakciji sa alkalijama, neosapunjive materije biljnih ulja ne formiraju sapune (soli viših masnih kiselina) i mogu se ekstrahovati iz saponifikacionih smeša lipofilnim rastvaračima, kao što su dietil etar, heksan ili cikloheksan. Neosapunjive materije su od velikog značaja budući da mnoge od njih povećavaju antioksidativna svojstva biljnih ulja i obezbeđuju im autentičnost. Takođe, istraživanja se trenutno vode u pravcu određivanja biološke i fiziološke aktivnosti različitih neosapunjivih sastojaka i njihovom mogućem pozitivnom delovanju na zdravlje ljudi. Pored karotenoida, vitamin E i fitosteroli su po tom pitanju najvažniji minorni sastojci biljnih ulja. Dobijen iz tokoferola i tokotrienola, vitamin E se može konzumirati inkapsuliran ili dodavati hrani kao aditiv, dok se fitosteroli dodaju u neke nove funkcionalne proizvode (margarine i sl.) u cilju snižavanja nivoa holesterola u krvi. Proces rafinacije, koji je neophodan da bi se uklonili nepoželjni pigmenti i produkti oksidacije biljnih ulja nosi posledice gubitka prirodnih antioksidanata i nutritivno vrednih komponenti. Danas se postupci ekstrakcije i rafinacije razvijaju u smeru proizvodnje biljnih ulja koja su maksimalno zadržala funkcionalna i nutritivna svojstva.



Slika 8. Struktura fenolnih jedinjenja, skvalena, fitosterola, tokoferola i karotenoida

U Tabeli 8 dat je sadržaj neosapunjivih materija u odabranim biljnim uljima (Kamal-Eldin, 2005).

Tabela 8. Sadržaj neosapunjivih materija u pojedinim biljnim uljima (%)

Ulje	Neosapunjive materije (%)	Ulje	Neosapunjive materije (%)
Laneno	0,9	Pamukovo	0,7
Susamovo	1,4	Maslinovo	0,7
Sojino	0,6	Palmino	0,1
Kikirikijevo	0,4	Iz klica pirinča	4,2-5,2
Repičino	1,0	Iz klica pšenice	4,8
Suncokretovo	0,7	Iz klica kukuruza	1,5

Fenolna jedinjenja predstavljaju široko rasprostranjenu grupu biljnih metabolita (flavonoidi, lignani, tanidi itd.) koja imaju veliki uticaj na stabilnost, senzorna i nutritivna svojstva proizvoda koji ih sadrže. Hladno ceđena ulja, koja nisu tretirana toplotom i hemikalijama, zadržavaju fenolna jedinjenja iz semena biljaka koja sprečavaju oksidaciju polinezasićenih masnih kiselina. Konzumirani putem hrane, ovi antioksidanti u velikoj meri mogu poboljšati zdravlje ljudi i sprečiti određene bolesti nastale dejstvom slobodnih radikala (Siger i sar., 2007).

Skvalen je polinezasićeni ugljovodonik izoprenoidne strukture sa 30 ugljenikovih atoma koji se stvara tokom normalnih fizioloških procesa. Prisutan je u biljnom i životinjskom svetu. Najbolji izvor skvalena je jetra morskog psa (60%), a u biljnim uljima se nalazi najviše u maslinovom (7 mg/g ulja) i u malim količinama u drugim biljnim uljima. Skvalen je vrlo snažan prirodni endogeni antioksidant i prirodni regulator koji štiti ćelije od različitih oštećenja koja nastaju oksidacijom. Takođe, koristi se u kozmetici za negu i hidrataciju kože (Spanova & Daum, 2011).

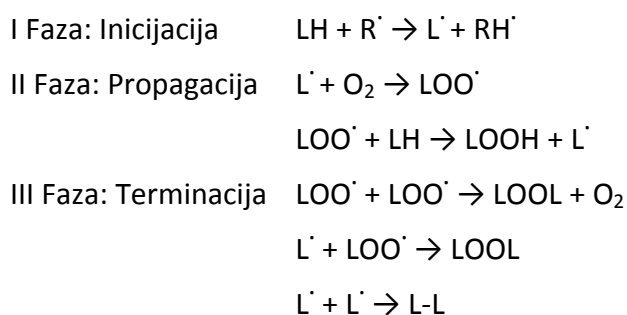
Tokoferoli i srodna jedinjenja *tokotrienoli* pripadaju grupi prirodnih antioksidanata rastvorljivih u ulju, čiju osnovu čini hromonolni prsten tokola sa hidrofobnim bočnim lancem, koji je kod tokoferola zasićen, a kod tokotrienola su u lancu prisutne tri dvostruke veze. Pojedini tokoferoli (α -, β -, γ - i δ -) i tokotrienoli se međusobno razlikuju prema broju i položaju metil grupa na hromonolnom prstenu (Schwartz i sar., 2008). Pokazalo se da, pored toga što imaju različite osobine u odnosu na tokoferole, tokotrienoli imaju jače antioksidativno dejstvo (El-Hadad i sar., 2011). Biološko i antioksidativno delovanje tokoferola zavise od tipa izomera. Vitaminsko dejstvo najbolje pokazuje α -tokoferol (vitamin E), zatim $\beta > \gamma > \delta$, dok najsnažnije antioksidativno delovanje imaju δ - i γ -tokoferol (Grompone, 2005).

Biljni steroli (fitosteroli) imaju sličnu strukturu kao holesterol, sa osnovnom strukturom ciklopentanofenantrena, cikličnog alkohola koji se sastoji od četiri kondenzovana prstena sa 17 ugljenikovih atoma i alifatičnog lanca sa 8-10 ugljenikovih atoma. Najnovija istraživanja pokazuju da fitosteroli snižavaju nivo ukupnog i lošeg (LDL) holesterola u krvi, kao i da smanjuju rizik od određenih vrsta kancera i povećavaju imunitet. Semena uljarica su bogat izvor fitosterola, te se njihovim konzumiranjem redukuje apsorpcija holesterola i smanjuje mogućnost nastanka kardiovaskularnih bolesti (Phillips i sar., 2005). Najznačajniji fitosteroli biljnih ulja su kampesterol, stigmasterol i β -sitosterol (Lin & Koseoglu, 2003).

Biljni pigmenti obuhvataju veliki broj obojenih molekula koji se, na osnovu svoje strukture, mogu klasifikovati u 5 velikih grupa: tetrapiroli (od kojih je najpoznatiji hlorofil), karotenoidi (β -karoten), flavonoidi, fenolna jedinjenja i N-heterociklična jedinjenja (Schoefs, 2002). Karotenoidi su dugolančani ugljovodonici sastavljeni od 40 ugljenikovih atoma i nalaze se u svim biljnim vrstama. Ljudski organizam ne može da ih sintetizuje te se moraju uzimati preko hrane (Kuhnen i sar., 2009). β -karoten, likopen i lutein pokazuju antioksidativno delovanje, pri čemu je likopen najsnažniji antioksidant (Viljanen i sr., 2002). Jedan od najznačajnijih karotenoida je β -karoten, crveno-narandžasto organsko jedinjenje koje je dobar izvor provitamina A (Zeb & Murkovic, 2011). Klinička ispitivanja su pokazala pozitivan uticaj β -karotena na prevenciju i suzbijanje raka i srčanih bolesti. S druge strane, β -karoten je podložan izomerizaciji i oksidaciji tokom prerade i skladištenja namirnica, pri čemu se smanjuje njegova vitaminska i antioksidativna vrednost, uz gubitak karakteristične boje (Jia i sar., 2007).

1.2.3. Oksidativna i termička nestabilnost biljnih ulja

Oksidacija oduvek predstavlja najveći problem održivosti biljnih ulja. Nezasićene masne kiseline sa dve ili tri nezasićene veze u molekulu podložne su adiciji kiseonika, pri čemu nastaju hidroperoksidi kao primarni produkti oksidacije. Oni su veoma nestabilni i razlažu se na aldehide, ketone, alkohole i kiseline, čije prisustvo već u tragovima doprinosi neprijatnom mirisu. S druge strane, većina sekundarnih produkata oksidacije mogu međusobno reagovati i uzrokovati lančane procese oksidacije *in vivo*, što može doprineti razvoju mnogih bolesti. Iz tih razloga, visoka oksidativna stabilnost lipida je veoma važna za ljudsko zdravlje, a takođe i ekonomski isplativija (Yanishlieva & Marinova, 2001). Ukoliko se oksidacija odvija u prisustvu atmosferskog kiseonika naziva se autooksidacija. Mehanizam kompleksne lančane reakcije oksidacije lipida odvija se u tri faze (Shahidi & Zhong, 2005):



U I Fazi oksidacije, inicijaciji, dolazi do eliminisanja vodonikovih atoma iz metilenske grupe molekula nezasićene masne kiseline (LH). Inicijacija može biti uzrokovana iradijacijom ili prisustvom prooksidativnih vrsta: hidroksil radikala, gvožđe/kiseonik kompleksa, peroksinitrita, superoksid anjon radikala, vodonik peroksida, singletnih oblika kiseonika, ozona i toksičnih vrsta (CCl_4). II Faza oksidacije, propagacija, odvija se tako što slobodni alkil radikali (L^{\cdot}) reaguju sa molekulom kiseonika, pri čemu nastaju peroksil radikali (LOO^{\cdot}), koji se potom stabilizuju oduzimanjem atoma vodonika od polazne supstance, stvarajući hidroperokside (LOOH) i alkil radikale (L^{\cdot}). III Faza oksidacije lipida, terminacija, podrazumeva reakcije koje se odigravaju između slobodnih radikala, pri čemu nastaju stabilni i nereaktivni dimeri i polimeri (Sedej, 2011).

Proces oksidacije predstavlja veliki problem jer dovodi do promene strukture masti i ulja, kao i njihovih senzornih i nutritivnih svojstava. Produkti oksidacije predstavljaju potencijalnu opasnost po zdravlje ljudi - ubrzavaju proces starenja, oštećuju membrane, dovode do srčanih oboljenja i kancera. Autooksidacija lipida se može zaustaviti antioksidantima koji predaju elektron slobodnom radikalu i redukuju ga. Dodavanje sintetičkih antioksidanata usporava oksidaciju masti i ulja koja se nalaze u hrani, međutim, i oni mogu imati negativne efekte na ljudsko zdravlje. Iz tog razloga se u današnje vreme sve više teži ka upotrebi prirodnih antioksidanata, koji se upravo mogu dobiti kao ekstrakt iz pojedinih biljnih ulja, kao što je npr. susamovo (Konsoula, 2010).

Termička nestabilnost biljnih ulja zavisi od masnokiselinskog sastava i sadržaja antioksidanata. Prilikom zagrevanja, ulja sa visokim sadržajem polinezasićenih masnih kiselina podložna su oksidaciji, razgradnji i formiranju *trans*- masnih kiselina. Brojne studije su pokazale da je linolenska kiselina 13-14 puta podložnija izomerizaciji od linolne kiseline (Beardesell i sar., 2001). Istraživanja Santos i sar. (2005) pokazala su da viskozitet ulja može biti korišćen kao parameter kojim se može utvrditi termička razgradnja biljnih ulja. Ispitivanja su pokazala da su reološke karakteristike biljnih ulja iz semena soje, suncokreta, uljane repice, iz klica kukuruza i pirinča veoma slične u temperaturnom intervalu 10-80°C, kako pri zagrevanju tako i pri hlađenju. Nakon zagrevanja ulja na 190°C došlo je do povećanja viskoziteta, najverovatnije zbog nastanka nepoželjnih komponenata, uzrokovanih reakcijama oksidacije i polimerizacije. Povećanje viskoziteta praćeno je tamnom bojom i pojavom neprijatnog mirisa.

Trans- masne kiseline, nastale termičkim tretmanom biljnih ulja, kao i zasićene masne kiseline, povećavaju rizik od kardiovaskularnih bolesti jer podižu nivo lošeg holesterola u krvi (Low Density Lipoprotein – LDL), ali za razliku od zasićenih masnih kiselina, mogu da snize nivo dobrog holesterola (High Density Lipoprotein – HDL). *Trans*- masne kiseline takođe povećavaju nivo triglicerida u krvnoj plazmi, nagomilavanje trombocita u krvi i stvaraju ugruške u arterijama. Administracija za hranu i lekove (FDA - Food and Drugs Administration) zahtevala je obelodanjivanje *trans*- masti na deklaraciji proizvoda počev od januara 2006, što je dovelo do svesti potrošača i zabrinutosti oko velikog unosa *trans*-masnih kiselina u ishrani (Hack i sar, 2009).

Važno je napomenuti da su slobodne masne kiseline (Free Faty Acids - FFA) minorne komponente jestivih ulja čiji se udeo povećava tokom skladištenja ili zagrevanjem ulja. Dokazano je da povišen nivo FFA u krvotoku uzrokuje gojaznost i hipertenziju, ali još uvek nije utvrđeno da li je prekomerni unos FFA štetan po zdravlje (Beardesell i sar., 2001).

1.2.4. Funkcionalna svojstva biljnih ulja

Iako ne postoji tačna i precizna definicija termina "*funkcionalne hrane*", prema Američkom dijetetskom udruženju (American Dietetic Association) funkcionalna hrana se definiše kao modifikovana hrana ili hrana obogaćena nutritivno vrednim komponentama, koja ima pozitivan efekat na zdravlje ljudi (El Hadad i sar., 2011). Seme biljaka uljarica je među prvima bilo korišćeno u ishrani kao preventiva i lek za mnoge bolesti. Lan i susam, na primer, bili su blagotvorni lek protiv kašlja i disfunkcije jetre. Lekovito seme uljarica (oilseed medicinal) je novi termin koji se koristi kako bi se opisala aktivnost komponenti koje se nalaze u samom jestivom ulju ili kao inkorporirani aktivni sastojci u farmaceutskim proizvodima (Reichert, 2002). Usled visoke cene i malih količina pojedinih biljnih ulja na

tržištu se mogu naći i razne mešavine prirodnih ulja koja sadrže neophodne nutritivne, a pri tome imaju nižu cenu (Park i sar., 2010).

Biljna ulja su izvor esencijalnih masnih kiselina. Naziv "esencijalne" nose iz razloga što ne mogu biti sintetisane u ljudskom organizmu, već se unose isključivo preko hrane, najčešće preko biljnih ulja. To su linolna, α -linolenska i arahidonska kiselina. Pripadaju grupi polinezasićenih masnih kiselina koje na delu alkilnog lanca od desetog ugljenikovitog atoma, računajući od karboksilne grupe, imaju nezasićene veze. Ova jedinjenja su naročito važna u regulaciji funkcije membrane, a posebno za funkciju mozga, jetre, bubrega i adrenalina žlezda. Omega-3 masne kiseline takođe utiču preventivno na neke bolesti savremenog društva, kao što su bolesti srca i krvnih sudova, raka dojke, creva i prostate, kao i reumatoidnog artritisa. Prema tome, hrana koja sadrži ove masne kiseline može biti klasifikovana kao funkcionalna i može da doprinese smanjenju rizika od kardiovaskularnih bolesti i arterijske tromboze (Radočaj, 2011). Istraživanja su pokazala da ishrana bogata mononezasićenim i omega-3 polinezasićenim masnim kiselinama sprečava srčana oboljenja. Omega-3 masne kiseline takođe smanjuju nivo triglicerida u krvi, bitnog uzročnika kardiovaskularnih bolesti. Polinezasićene masne kiseline su efikasnije od mononezasićenih u snižavanju holesterola u ukupnom krvnom serumu bez uticaja dobar (High Density Lipoprotein – HDL) holesterol. S druge strane, linolna i α -linolenska kiselina, utiču na oksidaciju lošeg (Low Density Lipoprotein – LDL) holesterola što može dovesti do razvoja ateroskleroze (Beardesell i sar., 2001). Sadržaj zasićenih, mononezasićenih i polinezasićenih (linolne i α -linolenske) masnih kiselina u pojedinim biljnim uljima prikazan je u Tabeli 9 (Barth, 2009).

Tabela 9. Sadržaj zasićenih, mononezasićenih i polinezasićenih masnih kiselina u pojedinim biljnim uljima

Ulje	Masne kiseline (g/100g ukupnih masnih kiselina)			
	Zasićene	Mononezasićene	Polinezasićene	
			Linolna	α -linolenska
Kokosovo	90	7	2	0
Iz klica kukuruza	17	30	50	2
Maslinovo	14	72	11	1
Palmino	47	43	8	u tragovima
Repičino	5	54	23	10
Sojino	14	25	52	7
Suncokretovo	12	33	52	u tragovima

Dugolančane ω -3 masne kiseline (C20-22), poreklom iz ribe i morskih plodova, kao i masne kiseline kraćeg lanca (C18), poreklom iz biljnih ulja, imaju specifične nutritivne karakteristike, a posebno su efikasne u prevenciji kardiovaskularnih bolesti. Iz tog razloga Američki institut medicine (US Institute of medicine) i Nemačko udruženje nutricionista (German Nutrition Society) preporučuju niži odnos ω -6/ ω -3 masnih kiselina u ishrani. Odnos ω -3/ ω -6 masnih kiselina u morskoj ribi i pojedinim biljnim uljima prikazan je u Tabeli 10 (Barth, 2009).

Tabela 10. Odnos ω -6/ ω -3 masnih kiselina u uljima različitog porekla

Izvor ulja	ω -3 masne kiseline (g/100 g)	Odnos ω -6/ ω -3
Morska riba (haringa)	30	0,1
Orasi	3	10,0
Seme uljane repice	9	2,0
Seme lana	57	0,28
Seme soje	7	7,7
Masline	<1	13,2
Seme suncokreta	<1	>70

Fitosteroli, prisutni u biljnim vrstama u slobodnoj i esterifikovanoj formi, inhibiraju apsorpciju holesterola u krvi i snižavaju nivo ukupnog i lošeg (LDL) holesterola za 10-15%. Semena uljarica su bogat izvor fitosterola, te se njihovim konzumiranjem redukuje apsorpcija holesterola i smanjuje mogućnost nastanka kardiovaskularnih bolesti (Beardesell i sar., 2001). Prema Codex Alimentarius-u, biljna ulja sa najvišim sadržajem fitosterola su ulje iz semena uljane repice niskog sadržaja eruke kiseline (4800-11300 ppm), ulje iz klica kukuruza (8000-22100 ppm) i ulje iz semena susama (4500-19000 ppm) (Grompone, 2005). Sadržaj najznačajnijih sterola (mg/100g) u odabranim biljnim uljima prikazan je u Tabeli 11 (Kamal-Eldin A., 2005).

Tabela 11. Sadržaj najznačajnijih i ukupnih sterola u pojedinim biljnim uljima

Ulje	Steroli (mg/100g)				Ukupni steroli
	Holesterol	Kampesterol	Stigmasterol	β -Sitosterol	
Laneno	4	122	38	193	710
Susamovo	-	117	62	382	1199
Sojino	-	74	72	191	502
Kikirikijevo	-	36	216	154	482
Repičino	-	153	-	355	690
Suncokretovo	-	31	31	235	571
Maslinovo	-	2	1	131	293
Palmino	4	12	14	92	230
Iz klica pirinča	-	505	271	885	3055
Iz klica pšenice	-	570	-	1734	2910
Iz klica kukuruza	-	269	70	772	1194

Antioksidanti iz biljnih ulja mogu da spreče oksidaciju polinezasićenih masnih kiselina u krvotoku i time zaštite LDL holesterol od oksidacije. Pored svog antioksidativnog delovanja, ovi prirodni antioksidansi služe kao prevencija mnogih bolesti i imaju blagotvorno dejstvo (Lee, 2008). Tokoferoli i tokotrienoli su lipofilni antioksidanti koji služe kao "skevindžeri" radikala, odnosno predaju elektron slobodnom radikalu i redukuju ga. Još od 1940. godine je poznato da je α -tokoferol (vitamin E) glavni lipofilni antioksidant koji štiti polinezasićene masne kiseline od oksidacije. Iako γ -tokoferol ima najsnažnije oksidativno delovanje u hrani, pokazalo se da ima slabiji antioksidativni efekat od α -tokoferola u ljudskom i životinjskom organizmu. Istraživanja su pokazala da je količina tokoferola u hrani obrnuto srazmerna sa smrtnošću od kardiovaskularnih bolesti. Kao antioksidanti, tokoferoli

igraju ulogu u sprečavanju Alchajmerove bolesti i kancera. Sadržaj tokoferola i tokotrienola u odabranim biljnim uljima prikazan je u Tabeli 12 (Kamal-Eldin, 2005).

Tabela 12. Sadržaj tokoferola i tokotrienola u pojedinim biljnim uljima

Ulje	Tokoferoli (T) i tokotrienoli (T3) (mg/100g)								Ukupno
	α -T	β -T	γ -T	δ -T	α -T3	β -T3	γ -T3	δ -T3	
Laneno	-	-	57	1	-	-	-	-	58
Susamovo	-	-	58	1	-	-	-	-	59
Sojino	9	1	69	24	-	-	-	-	103
Kikirikijevo	14	2	13	1	-	-	-	-	30
Repičino	19	-	49	1	-	-	-	-	69
Suncokretovo	62	2	3	-	-	-	-	-	67
Maslinovo	12	-	1	-	-	-	-	-	13
Palmino	38	-	-	-	-	-	13	-	56
Iz klica pirinča	59	2	6	-	45	1	44	3	159
Iz klica pšenice	151	31	53	-	4	-	2	-	241
Iz klica kukuruza	22	-	57	2	5	-	6	-	93

Polifenoli su višefunkcionalni antioksidanti koji deluju kao redukujući agenti, pokazuju antikarcenogeno dejstvo, štite od degenerativnih procesa u mozgu, sprečavaju zapaljenja i angiogenezu (Arab-Tehrany i sar., 2012). Karotenoidi imaju antioksidantna svojstva i antikancerogeni efekat u ishrani dok fitosteroli inhibiraju apsorpciju holesterola u krvi i mogu da smanje nivo ukupnog i LDL holesterola za 10-15% (Beardesell i sar., 2001).

Iako upotreba jestivog rafinisanog suncokretovog ulja prevladuje u ishrani ljudi ovog podneblja, sve više prostora i na našoj trpezi dobijaju specifična, delikatesna, hladno presovana ulja koja pored toga što obogaćuju, upotpunjuju i harmonizuju ukus hrane imaju i povoljne zdravstvene efekte u organizmu (Rabrenović, 2011).

1.2.5. Ulje iz semena suncokreta

Suncokret (*Heliantus annuus* L.) je uljana kultura koja zbog svog hemijskog sastava i hranljive vrednosti semenki predstavlja odličan izvor ulja i proteina. Uglavnom se koristi u proizvodnji jestivog ulja i hrane za životinje. Suncokretovo ulje ima visok sadržaj vitamina E i oksidativno je stabilnije u poređenju sa drugim jestivim uljima (Nimet i sar., 2011). Standardno suncokretovo ulje sadrži najveći udeo linolne kiseline (40-74%), zatim oleinske (13-40%), dok je sadržaj linolenske izuzetno nizak (<0,3%). Sa nutritivnog aspekta, masnokiselinski sastav suncokretovog ulja ima dve prednosti – izvor je esencijalne linolne kiseline i sadrži nizak udeo palmitinske kiseline, koja povećava sadržaj LDL holesterola u krvi. U poređenju sa drugim biljnim uljima, suncokretovo ulje sadrži prosečan sadržaj ukupnih sterola (2400-4600 ppm ili 2,4-4,6 g/kg ulja). Od ostalih neosapunjivih materija, prisutni su tokoferoli i tokotrienoli (0,4-105 g/kg ulja), dok je sadržaj skvalena i karotenoida veoma nizak (Grompone, 2005).

1.2.6. Ulje iz semena soje

Soja (*Glycine maxima* L.) je jedna od najdominantnijih uljarica širom sveta. Najčešće se koristi u proizvodnji ulja, koje sadrži 12-15% zasićenih masnih kiselina (uglavnom palmitinske) i 85-88% nezasićenih masnih kiselina (oleinske, linolne, linolenske). Sojino ulje, bogato nezasićenim masnim kiselinama ima blagotvorne nutritivne sastojke, veoma poželjne u ishrani (Chen i sar., 2012). Oksidativna nestabilnost sojinog ulja direktno zavisi od sadržaja α -linolenske kiseline, koja je prisutna u znatnom udelu od 6-10%. Konzumiranje sojinog ulja obezbeđuje optimalan unos esencijalnih masnih kiselina i daje mu funkcionalna svojstva (Yanishlieva & Marinova, 2001). Nerafinisano sojino ulje je izuzetno bogato neosapunjivim materijama od kojih su 16% steroli, 8,5% tokoferoli i 26% ugljovodonici. Ostalih 50% neosapunjivih materija sastoji se od drugih manjih i neidentifikovanih produkata. Kod sterola, 52% čini β -sitosterol, 25% kampesterol i 23% stigmasterol. Od tokoferola, oko 7,6% sastava čini α -tokoferol, 1,5% β -tokoferol, 67,8% γ -tokoferol i 23,6% δ -tokoferol, koji mu obezbeđuju odgovarajuću oksidativnu stabilnost. Sadržaj fosfolipida u sojinom zrnu je čak 3,7%, za razliku od ostalih biljnih ulja dobijenih ekstrakcijom heksanom, gde su fosfolipidi prisutni u udelu 1,85-2,75%. Sirovo sojino ulje sadrži oko 1,9 ppm vitamina K1 ili filokinona. Ovaj vitamin ima ulogu u koagulaciji krvi i metabolizmu kostiju (Hammond i sar., 2005).

1.2.7. Ulje iz semena uljane repice

Uljana repica (*Brassica napus oleifera* L.), poznata kao Canola u Americi i kao Rapeseed u Evropi, spada u najstarije uljane kulture i predstavlja najvažniju sirovinu za proizvodnju biodizela na svetu (Calisir i sar., 2005). S druge strane, u poslednjih nekoliko godina, ulje iz uljane repice zauzima treće mesto u svetskoj proizvodnji biljnih ulja, posle palminog i sojinog ulja. Sa zdravstvenog aspekta, ovo ulje takođe spada u najzdravija jestiva ulja, prvenstveno zbog masnokiselinskog sastava, gde je odnos između linolne (ω -6) i α -linoleinske (ω -3) kiseline 2:1 (Tynek i sar., 2012). Ulje uljane repice se često poredi sa maslinovim uljem, koje se smatra jednim od najzdravijih ulja. Oba ulja su izuzetno bogata linolnom kiselinom, dok ulje uljane repice sadrži veći sadržaj α -linolenske masne kiseline u odnosu na maslinovo ulje (Wei i sar., 2012). Ulje iz semena uljane repice ima nizak sadržaj zasićenih masnih kiselina (5-10%), visok sadržaj mononezasićenih masnih kiselina (44-75%), 18-22% linolne kiseline i 9-13% α -linolenske kiseline (Yang i sar., 2013). Ranije su kulture uljane repice sadržavale eruka masnu kiselinu, bez hranljive vrednosti i veoma štetnu za zdravlje. Selekcijom su dobijene sorte sa minimalnom količinom eruka kiseline. Neke sorte uopšte ne sadrže eruku kiselinu, što ih, pored visokohranljive vrednosti, čini jednom od najvažnijih uljanih kultura. Ulje iz semena uljane repice niskog sadržaja eruke kiseline sadrži velike količine bioaktivnih jedinjenja, kao što su polifenoli, fitosteroli, tokoferoli i drugi antioksidanati, koji igraju važnu ulogu u prevenciji i lečenju hroničnih bolesti srca, neurodegenerativnih bolesti, starenja, raka i reumatoidnog artritisa. Najvažniji antioksidanti u ulju uljane repice su tokoferoli koji čine 287-753 mg/g ulja (Fernández i sar., 2012). Uljana repica sadrži znatnu količinu fenolnih jedinjenja, od kojih su najzastupljeniji estri fenola i glikozidi (Amarowicz i sar., 2003). Različiti su podaci o sadržaju fenolnih jedinjenja u ulju iz semena uljane repice. Prema istraživanjima Koski i sar. (2003) sadržaj ukupnih fenolnih jedinjenja u rafinisanom ulju iz semena uljane repice iznosi 16 mg/kg dok istraživanja Harbaum-Piayda i sar. (2010) pokazuju 0,9-19,4 mg/kg ukupnih fenolnih jedinjenja u hladno presovanom ulju iz semena uljane repice. Ulje iz semena uljane repice je odličan izvor fitosterola, od kojih su najdominantniji β -sitosterol (358-300 mg/100g), kampesterol (164-

300 mg/100 g), brazikasterol (0-16 mg/100 g) i Δ^5 -avensterol (14-56 mg/ 100g). Sadržaj fitosterola zavisi od sorte, kultivacije, uslova gajenja, načina proizvodnje ulja i rafinacije, kao i uslova skladištenja. Sirovo ulje iz semena uljane repice može sadržati i do 95 mg/kg ukupnih karotenoida, od kojih je najdominantniji ksantofil (oko 85-90%), kojeg čine lutein (50%), 13-cis-lutein (15%) i 9- cis-lutein (20%). Približno 7-10% karotenoida čine karoteni. Istraživanja su pokazala da β -karoten deluje kao antioksidant pri čemu reaguje sa peroksil radikalima i prekida lanac autooksidacije ulja. Prisustvo hlorofila u ulju iz semena uljane repice doprinosi nepoželjnoj zelenoj boji ulja, ali ovaj pigment je neophodan biljci u procesu fotosinteze. U prisustvu svetla hlorofil ima pro-oksidativni efekat i pokazalo se da u mraku deluje kao antioksidant (Yang i sar., 2013).

1.2.8. Ulje iz semena susama

Veruje se da je susam (*Sesamum indicum L.*) najstarija uljarica uzgajana od strane ljudi. Iako je proizvodnja susama kao uljarice daleko manja od većine poznatih uljarica, seme susama ima za oko 50% veći sadržaj ulja od soje i uljane repice. Seme susama sadrži oko 50% ulja i 25% visokokvalitetnih proteina. Susamovo ulje spada u oleinsko-linolnu grupu, odnosno, sadrži oko 80% oleinske i linolne kiseline, dok je sadržaj drugih nezasićenih masnih kiselina ispod 1% (Hwang, 2005). Iako sadrži preko 80% nezasićenih masnih kiselina, susamovo ulje spada u visokokvalitetna jestiva ulja odlične oksidativne stabilnosti budući da sadrži jedinstvene neosapunjive materije – lignane i tokoferole, koji antioksidativnom aktivnošću sprečavaju nastanak hidroperoksida i sekundarnih produkata oksidacije, direktno sprečavajući i oksidacione procese u ćelijama (Abou-Gharbia i sar., 2000; Graça Costa do Nascimento, 2012). Istraživanja Konsoula & Liakopoulou-Kyriakides pokazala su da ekstrakt susamovog ulja i susamovog semena mogu da se koriste kao alternativni antioksidanti za zaštitu biljnih ulja od oksidacije, pri čemu se pokazalo da je ekstrakt susamovog semena efektivniji. Prema Codex Standard-u, susamovo ulje može sadržati i do 1,9% ukupnih sterola što ga čini jednim od najbogatijih izvora fitosterola, dok je količina holesterola je prisutna u tragovima (<0,5%) (Hwang, 2005). Yoshida i sar. (2007) ispitivali su sadržaj tokoferola u susamovom ulju dobijenom iz tri sorte susama, različite boje omotača – bele, braon i crne. Rezultati su u sva tri slučaja pokazali da je u najvećem udelu zastupljen γ -tokoferol (468,5-517,9 mg/kg ulja), dok su α - i β -tokoferol zastupljeni u veoma malim količinama. Antioksidativna aktivnost i lekovita svojstva susamovog ulja pripisuje se i prisustvu endogenih antioksidanata – lignana, kao što su sesamin, sesamolin, sesaminol, sesangolin, 2-episalatin i drugi. Rangkadilok i sar. (2010) odredili su sadržaj sesamina i sesamola u količini od 0,93–2,89 mg/g ulja and 0,30–0,74 mg/g ulja. Susamovo ulje sadrži i srodne komponente, koji su takođe jaki antioksidanti - sesamol i sesamol dimer (Boskou, 2006). Kilinička ispitivanja Wu (2007) su pokazala da unos 7 g susamovog ulja dnevno (65 mg sesamina) tokom četiri nedelje smanjuje nivo holesterola u krvi, kao i da unos 10 g susamovog ulja dnevno (100 mg) pojačava biološku aktivnost γ -tokoferola za 43%. Upotreba susamovog ulja je, međutim, u velikoj meri ograničena zbog visoke cene semena. Razlog tome su niski prinosi useva, velike poteškoće pri mehanizovanoj berbi zbog neravnomernog zrenja i otežani proces ljuštenja (Mirghania i sar., 2003). Susamovo ulje ima blag miris i prijatan ukus, koristi se kao preliv za salate, za kuvanje, kao i za proizvodnju margarina i šorteninga (Döker, 2010).

1.3. SASTAV I OSNOVNE KARAKTERISTIKE MAZIVOG KAKAO-KREM PROIZVODA

Prema Pravilniku o kvalitetu i drugim zahtevima za kakao-proizvode, čokoladne proizvode, proizvode slične čokoladnim i krem-proizvode (Službeni list SCG, br. 1/2005, 2005), krem-proizvodi su proizvodi dobijeni obradom šećera, mleka i mlečnih proizvoda, biljnih masti i drugih namirnica. Prema konzistenciji krem-proizvodi mogu biti: mazivi krem-proizvodi, krem-proizvodi u tablama, krem-proizvodi u pločicama, krem-proizvodi u granulama ili "crispy" krem-proizvodi. Kakao-krem proizvod je proizvod koji sadrži: najmanje 5% suvih nemasnih kakao-delova, računato na gotov proizvod; najmanje 5% bezmasne suve materije mleka, računato na gotov proizvod; najmanje 25% ukupne masti, računato na gotov proizvod.

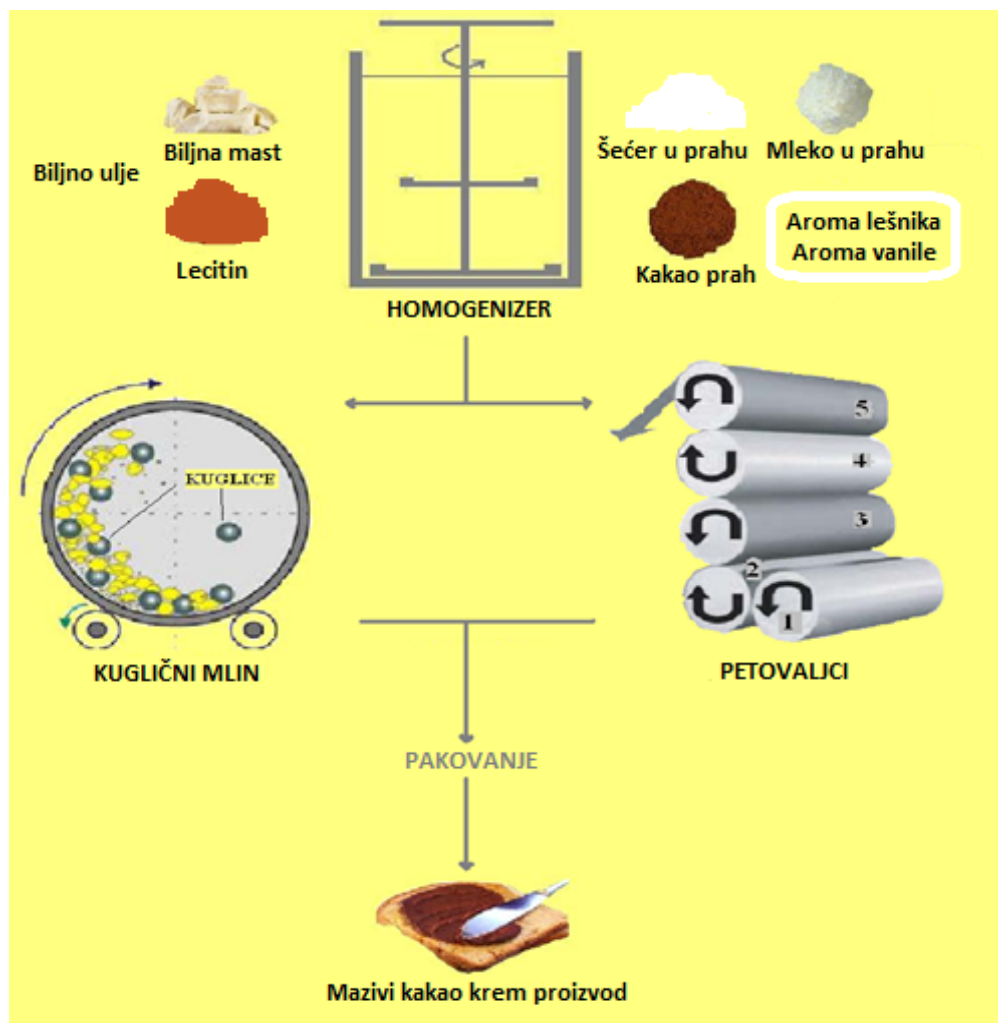
Kakao-krem proizvodi, za razliku od čokolade, ne sadrže kakao maslac (koji zahteva fazu končiranja i temperiranja), već namenske biljne masti, tako da je njihova proizvodnja jeftinija i manje zahtevna. Za mazive kakao-krem proizvode koriste se specijalne (namenske) masti sa naglašenim plastičnim osobinama. Kao deo masne likvidne faze može se dodati i rafinisano suncokretovo ulje, čineći mazivi krem proizvod termorezistentnijim i pogodnim za punjenja (Gavrilović, 2003). Visok sadržaj masti, koji predstavlja kontinualnu fazu mazivog kakao-krem proizvoda, diktira konzistenciju i ponašanje ove vrste proizvoda (Wennermark, 1992). Osnovne karakteristike mazivog kakao-krem proizvoda su: dobra mazivost u širokom temperaturnom intervalu – od sobne do temperature hladnjaka; bogat kremast ukus; homogena glatka struktura bez izdvajanja ulja na površini; odgovarajuća trajnost, odnosno, dobra oksidativna stabilnost (Pajin i sar., 2006). U mazivom krem proizvodu se često javlja tehnološka greška razdvajanja masne faze i migracija ulja prema površini. Da bi se sprečilo razdvajanje faza, koje je sa tehnološkog aspekta veoma nepoželjno, od presudnog je značaja upotreba pravilno izabranog emulgatora (Whitehurs, 2004).

1.3.1. Proizvodnja mazivog kakao-krem proizvoda

Šema proizvodnje mazivog kakao-krem proizvoda prikazana je na Slici 9. Prva faza u proizvodnji mazivog krem proizvoda je priprema sirovina. Tu se podrazumeva otapanje masti u homogenizatoru iznad temperature topljenja, uz dodavanje lecitina. Tako otopljenoj masti postepeno se dodaju praškaste materije i aroma. Homogenizator je sistemom cevovoda i odgovarajućom pumpom povezan sa petovaljcima ili kugličnim mlinom. Krem masa se može se po potrebi i končirati (2-8 h, na 40°C). Sitnjenje mase u kugličnom mlinu, u odnosu na vreme sitnjenja mase na petovaljku i končiranje, dosta je kraće (2-3h). Samlevena krem masa vodi se na oblikovanje (doziranje i pakovanje) (Gavrilović, 2003).

Izbor opreme za mlevenje zavisi od količine mase i željene veličine čestica, kao i vrste materijala koji se sitni. Čokoladna i krem masa se najčešće sitne na petovaljcima, gde su četiri valjka vertikalno postavljena, a prihvatni valjak je pod uglom u odnosu na najniži valjak. Od količine unosa zavisi propusna moć, a stepen sitnjenja se podešava smanjivanjem zazora između valjaka pri konstantnoj brzini ili promenom brzine okretanja valjaka pri konstantnom zazoru. Manji proizvođači čokolade i mazivog krem proizvoda sve više teže za kompaktnim pogonom za proizvodnju, znatno manjim od tradicionalnog sa petovaljcima i končama. Razvijeno je više vrsta uređaja od kojih je najpoznatiji kuglični mlin sa recirkulacijom mase. Kuglični mlin je horizontalni ili vertikalni cilindar, sa duplim zidom i dnom, gde se u centralnom delu nalazi osovina sa mešačem i lopaticama. Unutrašnjost mlina ispunjena je kuglicama, odnosno medijumom za mlevenje. Kuglice su najčešće od

nerđajućeg čelika ili keramike. Kroz duple zidove struji voda za termoregulaciju koja omogućava otapanje masti i sprečava termičko oštećenje mase (arome i proteina mleka), zamenjujući aktivnost tradicionalnog končiranja (Alamprese i sar., 2007).



Slika 9. Tehnološki postupak proizvodnje mazivog krem proizvoda

Proizvodnja krem mase u kugličnom mlinu počela je paralelno sa proizvodnjom čokoladne mase. Međutim, sam tehnološki proces proizvodnje krem mase, pogotovo sa razvojem i primenom kugličnog mlina, je jednostavniji u odnosu na proizvodnju čokoladne mase budući da ne iziskuje potrebu sa fazom temperiranja (Hartel, 1999). Materijal kuglica i mlina ne sme da ulazi u hemijske reakcije sa masom koja se melje. Rotiranjem osovine mešača masa prolazi između kuglica koje se sudaraju i na taj način mehanički sitne čvrste čestice. Dimenzije (prečnik) kuglica su 2-15 mm (Beckett, 2008). Finalni kvalitet samlevene mase zavisi od: veličine dijametra kuglica; broja i mase kuglica, tj. procenta ispunjenosti unutrašnje zapremine mlina; frekvencije tj. brzine rotiranja osovine mešača; dužine vremena mlevenja; definisanih temperaturnih uslova mlevenja; brzine recirkulacije mase (jačine pumpe za recirkulaciju mase); siroviniskig sastava (udela i vrste masne faze i emulgatora, kao i ostalih praškastih sirovina) (Zarić, 2011).

1.4. NAUČNE DISCIPLINE I METODE ODREĐIVANJA KRISTALIZACIONIH SVOJSTAVA MASNE FAZE I KVALITETA MAZIVOG KAKAO-KREM PROIZVODA

1.4.1. Pulsna nuklearna-magnetno-rezonantna spektroskopija (NMR)

Tokom poslednje četiri decenije pulsna NMR spektroskopija je postala dominantna tehnika za određivanje sadržaja čvrstih triglicerida masti. Analiza se bazira na činjenici da je moguće meriti razliku između osobine protona u čvrstoj i protona u tečnoj masti (Shukla i sar., 1999). Sadržaj čvrstih triglicerida (Solid Fat Content - SFC) u namenskim mastima u velikoj meri utiče na njihove fizičke karakteristike, kao što su izgled, senzorna svojstva i tekstura. SFC takođe utiče i na toplotna svojstva masti, odnosno ponašanje masti na različitim temperaturama, budući da SFC u određenom temperaturnom intervalu definiše plastičnost masti (Santana i sar., 2008).

U cilju dobijanja željenih karakteristika gotovog proizvoda neophodno je definisati i kinetiku kristalizacije masti, koja zavisi od sastava masti i procesnih uslova. Kinetika kristalizacije se najčešće određuje određivanjem sadržaja čvrstih triglicerida u funkciji vremena, u izotermkim uslovima. Može se odrediti NMR i DSC metodom (Foubert i sar., 2008).

Pri određivanju kinetike kristalizacije metodom NMR najpre se zagrevanjem masti otope svi kristali, a zatim se u izotermkim uslovima očitava sadržaj čvrstih triglicerida u određenim vremenskim intervalima. Ova zavisnost se matematički može opisati različitim metodama, najčešće Avrami-jevom i Gompertz-ovom. Gompertz-ov model daje zavisnost sadržaja čvrste faze pri kristalizaciji od vremena na konstantnoj temperaturi:

$$S(t) = a \cdot \exp\left(-\exp\left(\frac{\mu \cdot e}{a}(\lambda - t) + 1\right)\right)$$

gde je:

S - sadržaj čvrste faze (%) u vremenu t (min),

a - vrednost za S kada t teži beskonačnosti (%),

μ - maksimalna brzina kristalizacije (%/min),

λ - parametar proporcionalan indukcijom vremenu (min).

Parametri Gompertz-ovog modela (a , μ , λ) se određuju na osnovu eksperimentalnih podataka određivanja SFC tokom vremena u izotermkim uslovima, primenom nelinearne regresije. Jačina veze između ovih parametara se određuje koeficijentom determinacije (R^2). Gompertz-ov model ima prednost u odnosu na druge matematičke modele jer njegovi parametri imaju fizički smisao, odnosno, na osnovu ovih parametara mogu se porediti kristalizaciona svojstva različitih masti (Pajin i sar., 2007).

1.4.2. Reologija

Reologija je nauka koja proučava deformaciju i proticanje materije u definisanim uslovima. U prehrambenoj industriji reološki podaci su neophodni iz više razloga: radi pravilnog projektovanja uređaja (cevi, pumpi, itd.), kontrole kvaliteta namirnica (sirovina i gotovih proizvoda u različitim fazama proizvodnje), određivanja senzornih karakteristika, određivanja strukture i međusobnih interakcija sastojaka u gotovim proizvodima, itd. (McKenna i sar., 2003).

Mazivi krem proizvod je reološki sistem u kome je čvrsta faza (čestice saharoze, kakao praha i mleka u prahu) dispergovana u likvidnoj masnoj fazi. Reološka svojstva mazive krem mase formiraju se mešanjem i sitnjenjem, pri čemu površina svake čestice biva obavijena masnom fazom (Petković, 2012). Krem masa, kao i čokoladna, je nenjutnovski fluid što znači da njen viskozitet zavisi od brzine smicanja (brzinski gradijent upravan na pravac proticanja) i vremena dejstva spoljašnje sile, kao i napona smicanja (tangencijalna sila unutrašnjeg trenja po jedinici površine) koji nastaju između slojeva (Pajin, 2009). Reološko ponašanje nenjutnovskih fluida može se opisati prinosnim naponom, koji predstavlja neophodnu silu koja mora biti primenjena da bi masa počela da protiče ili plastičnim viskozitetom koji predstavlja unutrašnji otpor sistema pri daljem proticanju, odnosno silu koja mora biti primenjena da bi sistem nastavio da protiče (De Graf i sar., 2011). Povećavanje brzine smicanja dovodi do postepenog narušavanja strukture sistema usled cepanja veza između fino upakovanih kristala šećera i kakao čestica. Površina tiksotropne petlje je mera gubitka energije usled cepanja veza usled primene smicanja, kao i mera tiksotropnih promena u sistemu (Pajin i sar., 2013).

Na viskozitet mazivog krem proizvoda, osim procesnih parametara utiču:

Sadržaj vode. Voda migrira ka površini kristala saharoze, formirajući tanak film koji povećava viskozitet mase. Prosečan udeo vlage u čokoladnim i krem proizvodima je 0,5-1,5%. Porast vlage na 0,3% uslovljava proizvođače za dodatnih 1% masne faze.

Sadržaj masne faze. Porast udela masne faze pre svega utiče na smanjenje viskoziteta mase. Ukoliko se doda 1% masti na ukupnu količinu masne faze (koja je veća od 28%) vrednosti plastičnog viskoziteta se prepola. Zavisnost redukovanja viskoziteta sa povećanjem masne faze je eksponencijalna (Petković, 2012). Separacija masne faze je najčešći uzrok gubitka kvaliteta čokoladnih i kakao krem proizvoda jer utiče na smanjenje čvrstoće čokolade i povećanje čvrstoće masnih punjenja i mazivog krem proizvoda (Lee i sar., 2010).

Vrsta i količina prisutnih emulgatora. Emulgatori se koriste kao aditivi u proizvodnji čokolade i mazivog krem proizvoda u cilju poboljšanja reoloških karakteristika čokoladne i krem mase, a takođe i osetljivosti čokolade i mazivog krem proizvoda na vlagu i temperaturu. Zbog svoje jedinstvene molekularne strukture, ove površinski aktivne materije smanjuju površinski napon između kontinualne masne faze i dispergovanih čvrstih čestica (Schantz & Rohm, 2005). Arnold i sar. (2013) ispitali su uticaj lecitina na reološke i sedimentacione osobine suspenzije saharoze u sojinom ulju. Dodatak lecitina uticao je na redukciju adhezije između čestica saharoze, smanjujući sedimentaciju, a ujedno i prinosni napon i viskozitet suspenzije. U ovom slučaju važnu ulogu ima kompatibilnost sojinog ulja i lecitina iz soje usled veoma približnog masnokiselinskog sastava, budući da uticaj lecitina na reološke osobine suspenzija na bazi ulja zavisi kako od dispergovane tako i od kontinualne faze (Arnold i sar., 2013). Pri proizvodnji mazivog krem proizvoda, hidrofilni deo, odnosno

fosfatidil grupa lecitina, orijentiraju se ka hidrofilnoj površini kristala šećera dok su dva lanca masnih kiselina lipofilnog karaktera i usmereni su ka kontinualnoj masnoj fazi. Na ovaj način lecitin obezbeđuje lakše proklizavanje čestica, odnosno smanjuje se trenje pri čemu se smanjuje prinosni napon i viskozitet sistema (Rousset i sar., 2002). Međutim, povećanjem količine lecitina iznad optimalne koncentracije dolazi do suprotne pojave odnosno do porasta prinosnog napona i viskoziteta. Objašnjenje za ovo je fazno ponašanje fosfolipida i njihova tendencija da grade laminarne strukture. Kada je površina kristala šećera prekrivena dovoljnom količinom fosfolipida i lecitin dodat u višku, tada se dodatna količina fosfolipida ne rastvara u uljnoj fazi nego se rasprostire duž drugih fosfolipida kako bi gradili lamele, što se odražava na povećavanje viskoziteta sistema (Whitehurs, 2004).

Raspodela veličina čvrstih čestica. Uz nepromenjeni sadržaj vlage, raspodela veličine čestica znatno utiče na viskozitet čokoladne i krem mase. Veći stepen usitnjenosti čestica pozitivno utiče na senzorne karakteristike, ali, s druge strane, povećava se granična vrednost plastičnog viskoziteta zbog veće dodirne površine između čestica koje su u kontaktu sa masnom fazom (Sokmen & Gunes, 2006). Viskoзитet i prinosni napon se znatno smanjuju sa povećanjem prosečne veličine čestica u rasponu od 2 na 50 μm , pri konstantnom sadržaju masti i emulgatora. Veće dimenzije čestica od optimalnih direktno utiče na teksturu proizvoda izazivajući osećaj peskovitosti prilikom njegovog konzumiranja čime postaje neprihvatljiv od strane potrošača (Petković i sar., 2012).

Za definisanje reoloških osobina sistema koriste se:

Nedestruktivna merenja - merenja pri dinamičkom oscilatornom režimu, gde se primenjuju dovoljno niske amplitude napona, koje ne dovode do razrušavanja unutrašnje strukture sistema. Viskoelastične osobine utvrđuju se merenjem viskoelastičnih funkcija (G' – elastična komponenta i G'' – viskozna komponenta) u funkciji frekvencije.

Destruktivna merenja - merenja pri većim brzinama smicanja, gde dolazi do razrušavanja unutrašnje strukture. Merenjem napona smicanja pri postepenom povećanju brzine smicanja do maksimalno postignute vrednosti i zatim pri postepenom smanjivanju brzine smicanja dobijaju se bitni podaci o proticanju mase, pokazatelji ponašanja u tehnološkom procesu proizvodnje (Mezger, 2002). Viskoзитet se izražava Casson-ovom jednačinom viskoziteta koja predstavlja matematičku funkciju viskoziteta i brzine smicanja (Pajin, 2009):

$$\eta^n = \frac{\tau_0^n}{\gamma^n} + \eta_p^n$$

gde je:

η – Viskoзитet, (Pas)

τ_0 – Prinosni napon (napon kojim se sistem mora izložiti da bi počeo da protiče), (Pa)

γ – Brzina smicanja, (s^{-1})

η_p – Viskoзитet po Casson-u (konstantna veličina koja se dobija ekstrapolacijom za velike brzine smicanja), (Pas)

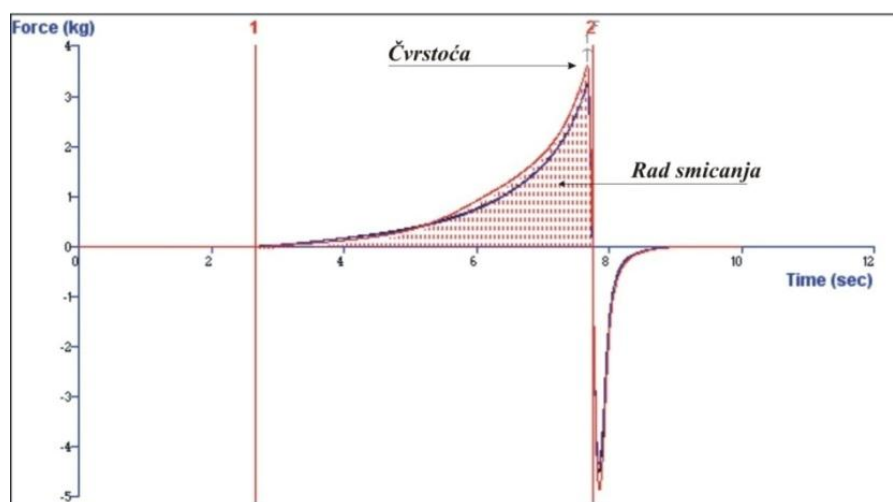
n – eksponent

1.4.3. Tekstuometrija

Važi jedinstvena definicija da je tekstura senzorna i funkcionalna manifestacija strukturalnih, mehaničkih i površinskih osobina hrane utvrđenih čulom vida, sluha, dodira i ukusa. Iz ove definicije proističe da tekstura:

- Predstavlja senzornu karakteristiku i iz tog razloga mora biti opažena i određena ljudskim čulima. Instrumenti za određivanje teksturalnih karakteristika proizvoda mogu detektovati i kvantifikovati samo određene fizičke parametre koji se zatim moraju razjasniti i protumačiti terminima senzorne percepcije;
- Proističe iz strukture hrane – molekularne, mikroskopske i makroskopske;
- Predstavlja multi-parametarnu osobinu, koja ne obuhvata samo mekoću i žvkljivost već i niz drugih karakteristika;
- Može da se detektuje pomoću nekoliko čula, od kojih je najvažnije čulo dodira (Szczesniak, 2002).

Tekstura i stabilnost namaza direktno zavise od mikrostrukture sistema, koja uključuje mehaničke osobine i uklopljenosti kontinualne i dispergovane faze, zapreminski udeo i veličinu čestica dispergovane faze, kao i karakteristike međupovršine između kontinualne i diskontinualne faze. Tekstura se može posmatrati sa aspekta strukture i održivosti proizvoda, gde se posmatraju faktori kao što su čvrstoća, mazivost i plastičnost. S druge strane, senzorni aspekt teksture podrazumeva izgled, topivost i žvkljivost proizvoda od strane potrošača (Bot i sar., 2003). Kod prehrambenih proizvoda kao što su masna punjenja, kremovi, namazi itd. mazivost je najbitnija karakteristika. Testovi prodiranja i sabijanja su jednostavne tekstuometrijske metode koje za rezultat daju podatke o čvrstoći uzorka, i direktno opisuju njegovu mazivost, odnosno nanošenje u vrlo tankim slojevima. Čvrstoća uzorka se može meriti silom potrebnom za postizanje deformacije pod primenjenom silom (Slika 10).



Slika 10. Tipična kriva tekstuometrije za masne konditorske mase

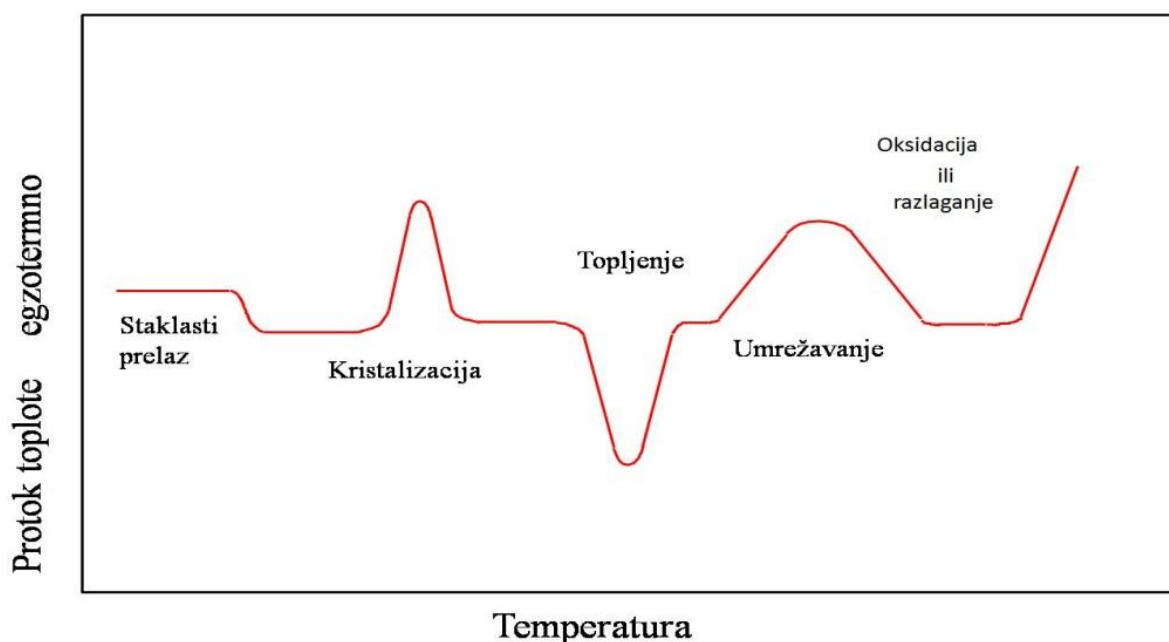
Za razliku od reoloških metoda ispitivanja, kojima se mogu utvrditi složeni odnosi komponenata sistema i interakcije koje dovode do određenog stepena strukturacije, teksturalne metode analize realnih koloidnih sistema zasnivaju se na senzornim osobinama i nije moguće poređenje njihovih rezultata (www.stablemicrosystem)

1.4.4. Diferencijalna skenirajuća kalorimetrija (DSC)

Termo-analičke tehnike se koriste u analizi masti u cilju određivanja krivi topljenja i kristalizacije, faznih dijagrama i sadržaja čvrstih triglicerida. Diferencijalna skenirajuća kalorimetrija (DSC - Differential Scanning Calorimetry) daje preciznu i detaljnu analizu intervala topljenja masti, ali se može koristiti i za određivanje tačke topljenja i sadržaja čvrstih triglicerida (Santana i sar., 2008). Određivanje toplotnih osobina masti DSC metodom detaljno definiše promene u njihovoj kristalnoj strukturi u funkciji temperature i ukazuje na eventualno prisustvo više frakcija (Hu i sar., 2009).

DSC metoda se zasniva na merenju toplotnog efekta (protok toplote u mW) koji se javlja pri zagrevanju ili hlađenju uzorka i reference programiranom brzinom, odnosno kada su izloženi istom temperaturnom režimu. Pri dovodjenju iste količine toplote u jedinici vremena, temperatura uzorka i reference linearno raste. Temperatura uzorka se povećava iznad temperature reference, jer se toplota tokom kristalizacije oslobađa. Taj prelaz predstavlja egzoterman proces, javlja se na temperaturi kristalizacije T_c i registruje se na DSC krivi kao pik na gore. Temperatura kristalizacije se uzima kao temperatura na kojoj se javlja maksimum pika kristalizacije. Ako se nastavi sa dovodenjem toplote dolazi do topljenja koje je endoterman proces. Temperatura uzorka ostaje približno konstantna dok se i zadnji kristalit ne istopi, dok temperatura reference nastavlja linearno da raste, a time se povećava razlika temperature između reference i uzorka. Pri pojavi čak i male razlike u temperaturi aktivira se pomoćni (servo) sistem da bi nadoknadio ovu razliku: u slučaju topljenja pojačava se grejanje uzorka da bi se dostigla temperatura reference. Ta dodatna količina toplote se u ovom slučaju beleži kao endotermni minimum. Kalibracijom sa jedinjenjem poznate toplote topljenja može se iz površine maksimuma odrediti veličina toplote (entalpija) topljenja.

Tipična DSC kriva kod koje se opaža staklasti prelaz, endotermna promena usled torljenja i egzotermna promena (npr. kristalizacija) prikazana je na Slici 11.



Slika 11. Karakteristična DSC kriva

Kao temperatura prelaza u staklasto stanje T_g se može uzeti najniža temperatura početka područja prelaza osnovne linije sa jednog na drugi nivo ili sredina tog. Ova prelaz je uočljiviji pri manjim brzinama zagrevanja. Kao temperatura topljenja T_t može se uzeti temperatura minimuma. Ova temperatura zavisi od brzine zagrevanja i količine uzorka te se tačne vrednosti mogu dobiti samo sa malim uzorcima, pri veoma sporom zagrevanju ($1^\circ\text{C}/\text{min}$ ili sporije). Međutim, kao termodinamička temperatura torpljenja smatra se ona temperatura na kojoj je istopljen i zadnji kristalit, tj. kraj područja topljenja (Stoiljković & Pilić 2007).

1.4.5. Kolorimetrija

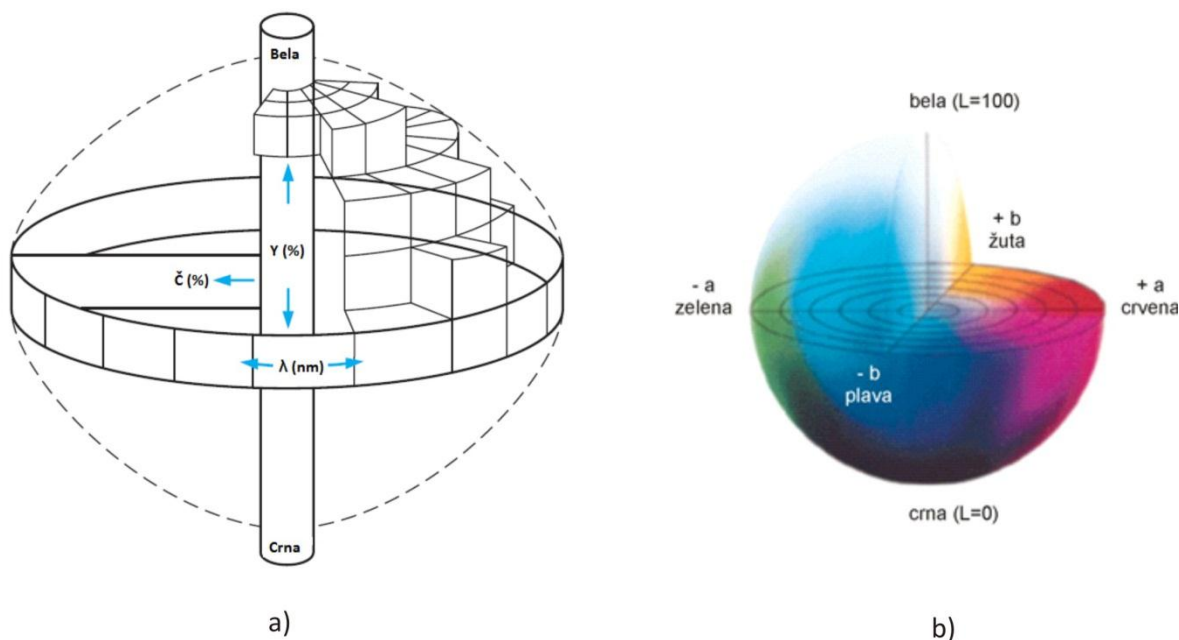
Tristimulusna kolorimetrija se zasniva na trikomponentnoj teoriji vizuelne percepcije boje, odnosno na činjenici da ljudsko oko ima receptore za tri osnovne boje (crvena, zelena i plava) i da sve ostale boje vidi kao kombinaciju ove tri osnovne boje. CIE (Internacionalna komisija za osvetljavanje) je eksperimentalno izvela tri standardne funkcije boje (color matching-functions): x (crvena boja), y (zelena boja), z (plava boja) sa ciljem da što bolje reprezentuju ljudsko oko. Funkcije boje (x, y, z) predstavljaju energiju spektra u funkciji talasne dužine.

Po standardnom sistemu za definisanje boje, koji je preporučila CIE, boja se definiše preko tri vrednosti: nijanse λ (nm), čistoće \check{C} (%) i svetloće Y (%) (Slika 12a).

Nijansa - dominantna talasna - crvena, žuta, zelena, plava.

Čistoća (zasićenost) – stepen čistoće boje. Menja se od centra prema spolja.

Svetloća – stepen svetlog ili tamnog kod boje kada se poredi sa neutralnom sivom u skali koja se kreće od apsolutno bele do crne. Menja se vertikalno.



Slika 12. CIE parametri za definisanje boje: a) CIE Yxy i b) CIE $L^*a^*b^*$

$L^*a^*b^*$ (CIELAB) bojeni prostor je zasnovan na trodimenzionalnom bojenom prostoru sa tri koordinate ($L^*a^*b^*$), kao što je prikazano na Slici 12b. L^* koordinata je merilo svetloće boje i smeštena je na centralnoj osi u CIELAB bojenom prostoru. Ova osa je ahromatična i ima opseg od crne (0) na dnu do bele (100) na vrhu. a^* i b^* su koordinate hromatičnosti i pokazuju pravac i udaljenost od centra obojene sfere. Koordinata a^* označava crvenu boju kada je pozitivna, a zelenu kada je negativna. b^* označava žutu kada je pozitivna, a plavu kada je negativna (Popov-Raljić, 1999).

1.4.6. Senzorna analiza

Senzorna analiza je multidisciplinarna naučna disciplina koja se bavi ljudskim senzornim percepcijama i afektivnim reakcijama na hranu, piće i njihove komponente. Bazira se na ukupnom senzornom utisku koji se dobija merenjem, analiziranjem i interpretiranjem reakcija na ona svojstva hrane koja se opažaju čulima vida, mirisa, ukusa i sluha (Tuorila & Monteleone, 2009). Osnovni senzorni pokazatelji su oblik, boja, miris, ukus i struktura. Navedeni pokazatelji su različiti za pojedine vrste proizvoda (Pajin, 2009). Postoje ocenjivači različitog stepena obučenosti i različite tehnike senzornog ocenjivanja pomoću kojih se precizno i pouzdano mogu utvrditi razlike između ispitivanih uzoraka, porediti različiti uzorci, opisno definisati kvalitativna svojstva i utvrditi kvalitet uzorka, odnosno proizvoda. U vidu testova prihvatljivosti, senzorna analiza se često koristi pri razvoju novih proizvoda, kada je neophodno ispitati mišljenje potrošača (Lawlwss & Heyman, 2010). Senzorna analiza je ključni faktor prilikom određivanja i praćenja trajnosti proizvoda (Hough i sar., 2007). Rok trajanja prehrambenog proizvoda obično se definiše kao period tokom kojeg proizvod ostaje ispravan, u skladu sa deklaracijom i nutritivnim podacima i zadržava senzorne, fizičko-hemijske i mikrobiološke osobine pri adekvatnom čuvanju. U mnogim proizvodima senzorne promene se dešavaju znatno pre bilo kakvog rizika po zdravlje ljudi. Na osnovu tih promena definiše se rok trajanja većine proizvoda. Osnovni način određivanja i praćenja roka trajanja proizvoda senzornim putem je čuvanje u adekvatnim uslovima i ocenjivanje u određenim vremenskim intervalima (Giménez i sar., 2012).

Budući da su metode senzorne analize veoma brojne i raznolike, postoji velika potreba da se one standardizuju, odnosno, da se za svaku vrstu proizvoda utvrde standardi i paneli na osnovu kojih bi obučeni ocenjivači ili eksperti sprovodili senzornu analizu (Pérez Elortondo i sar., 2007).

II EKSPERIMENTALNI DEO

2.1. MATERIJAL

Kao materijal za izradu mazivog kakao-krem proizvoda korišćene su sledeće sirovine:

- Kakao-krem masa usitnjena na trovaljku u industrijskim uslovima (mešavina šećera, non trans biljne masti, mleka u prahu i kakao praha)
- Namenska non trans biljna mast, proizvedena u fabrici ulja "Dijamant" iz Zrenjanina
- Suncokretovo ulje „Iskon“, rafinisano, proizvedeno u fabrici ulja "Victoriaoil" iz Šida
- Sojino ulje, rafinisano, proizvedeno u fabrici ulja "Victoriaoil" iz Šida
- Ulje iz semena uljane repice, nerafinisano, domaćeg proizvođača
- Ulje iz semena susama, nerafinisano, domaćeg proizvođača
- Emulgator - sojin, suncokretov i repičin lecitin, proizvedeni u fabrici ulja "Victoriaoil", Šid, Srbija
- Aroma vanile i lešnika

2.1.1. Specifikacija non trans masti

Tačka topljenja (°C)	37,5
Peroksidni broj (mmol/kg)	0,13
Jodni broj (g/100 g)	46
Zasićene masne kiseline (%)	56,22
Mononezasićene masne kiseline (%)	34,54
Polinezasićene masne kiseline (%)	9,24

2.1.2. Specifikacija sojinog, suncokretovog i repičinog lecitina

Karakteristike proizvoda precizirane su Pravilnikom o kvalitetu i uslovima upotrebe aditiva u namirnicama i o drugim zahtevima za aditive i njihove mešavine (Službeni list SCG, br. 56/03, 4/04, 5/04 i 16/05).

Senzorna svojstva	Opis	Metod analize
Izgled	Viskozna polučvrsta masa, bez tamnih tačkica i pene na površini	Senzorna analiza
Konzistencija	Plastična	Senzorna analiza
Miris i ukus	Svojstveni proizvodu	Senzorna analiza
Fizičko-hemijska svojstva	Granice vrednosti	Metod analize
Materije nerastvorljive u acetonu (%)	min 60	Gravimetrijski
Materije nerastvorljive u toluenu (%)	max 0,3	Gravimetrijski
Kiselinski broj (mgKOH/g)	max 35	Volumetrijski
Peroksidni broj (mmol/kg)	max 5	Volumetrijski
Vlaga i neisparljive materije (%)	max 1	Gravimetrijski

* Detaljna specifikacija data je u Prilogu I

2.2. PLAN EKSPERIMENTA

U prvoj fazi doktorske teze ispitana je mogućnost zamene sojinog lecitina u proizvodnji mazivog kakao-krem proizvoda sa suncokretovim i repičinim lecitinom u smislu optimizacije koncentracije dodatog lecitina i vremena mlevenja u laboratorijskom kugličnom mlinu. Najpre je ispitan uticaj lecitina različitog porekla na kristalizacione i reološke karakteristike non trans masti i masne faze mazivog kakao-krem proizvoda.

U drugoj fazi teze zamenjen je deo i celokupna količina suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i susama, u cilju poboljšanja nutritivne vrednosti mazivog kakao-krem proizvoda. Uzorci su pripremljeni sa 0,5% suncokretovog lecitina i mleveni u laboratorijskom kugličnom mlinu 40 minuta.

I FAZA									
MASNA FAZA MAZIVOG KAKAO-KREM PROIZVODA SA DODATKOM LECITINA RAZLIČITOG POREKLA									
NON TRANS MAST – M									
	Sojin lecitin - s			Suncokretov lecitin - su			Repičin lecitin - r		
%*	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7
Uzorak	Ms/0,3	Ms/0,5	Ms/0,7	Msu/0,3	Msu/0,5	Msu/0,7	Mr/0,3	Mr/0,5	Mr/0,7
MASNA FAZA (MEŠAVINA NON TRANS MASTI I SUNCOKRETOVOG ULJA) – MF									
	Sojin lecitin - s			Suncokretov lecitin - su			Repičin lecitin - r		
%*	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7
Uzorak	MFs/0,3	MFs/0,5	MFs/0,7	MFsu/0,3	MFsu/0,5	MFsu/0,7	MFr/0,3	MFr/0,5	MFr/0,7
MAZIVI KAKAO-KREM PROIZVOD SA DODATKOM LECITINA RAZLIČITOG POREKLA									
STANDARDNI MAZIVI KAKAO-KREM PROIZVOD SA SOJINIM LECITINOM - Ks									
%*	0,3			0,5			0,7		
Min**	30	40	50	30	40	50	30	40	50
Uzorak	Ks/0,3/30	Ks/0,3/40	Ks/0,3/50	Ks/0,5/30	Ks/0,5/40	Ks/0,5/50	Ks/0,7/30	Ks/0,7/40	Ks/0,7/50
MAZIVI KAKAO-KREM PROIZVOD SA SUNCOKRETOVIM LECITINOM - Ksu									
%*	0,3			0,5			0,7		
Min **	30	40	50	30	40	50	30	40	50
Uzorak	Ksu/0,3/30	Ksu/0,3/40	Ksu/0,3/50	Ksu/0,5/30	Ksu/0,5/40	Ksu/0,5/50	Ksu/0,7/30	Ksu/0,7/40	Ksu/0,7/50
MAZIVI KAKAO-KREM PROIZVOD SA REPIČINIM LECITINOM - Kr									
%*	0,3			0,5			0,7		
Min **	30	40	50	30	40	50	30	40	50
Uzorak	Kr/0,3/30	Kr/0,3/40	Kr/0,3/50	Kr/0,5/30	Kr/0,5/40	Kr/0,5/50	Kr/0,7/30	Kr/0,7/40	Kr/0,7/50
II FAZA									
MASNA FAZA (MEŠAVINA NON TRANS MASTI I ULJA) - MF									
KONTROLNI UZORAK – mešavina non trans masti i suncokretovog ulja									
Ulje	Sojino - S			Repičino - R			Susamovo - Su		
%***	50	70	100	50	70	100	50	70	100
Uzorak	MFS/50	MFS/70	MFS/100	MFR/50	MFR/70	MFR/100	MFSu/50	MFSu/70	MFSu/100
MAZIVI KAKAO-KREM PROIZVOD SA DODATKOM ULJA RAZLIČITOG POREKLA - K									
KONTROLNI UZORAK – mazivi kakao-krem proizvod sa suncokretovim uljem									
Ulje	Sojino - S			Repičino - R			Susamovo - Su		
%***	50	70	100	50	70	100	50	70	100
Uzorak	KS/50	KS/70	KS/100	KR/50	KR/70	KR/100	KSu/50	KSu/70	KSu/100

*Koncentracija dodatog lecitina

**Vreme mlevenja u kugličnom mlinu

***Dodaje se kao zamena 50, 70 i 100% suncokretovog ulja

2.3. METODE RADA

2.3.1. Priprema uzoraka masti i masne faze mazivog kakao-krem proizvoda

Smeša masti i lecitina, odnosno masti, ulja i lecitina, homogenizovana je na sobnoj temperaturi na homogenizeru *Ultraturaks T-25, Janke Kunkel*, pri brzini obrtanja od 6000 o/min u trajanju od 5 minuta.

2.3.2. Određivanje sastava masnih kiselina u uzorcima masti, lecitina i ulja

U cilju određivanja sastava masnih kiselina masti, lecitina i ulja primenjena je gasna hromatografija, prema metodi ISO 5508:1990. Korišćen je gasni hromatograf *Becker 409*, operemljen kolonom (3 x 3 m) punjenom stacionarnom fazom (SPTM 2330) i azotom kao gasom nosačem (15 ml/min), kao i vodonikovim plamenim jonizujućim detektorom. Temperatura u koloni iznosi 170°C, a temperatura detektora 250°C.

2.3.3. Određivanje sastava fosfolipida u lecitinima

Sastav pojedinih fosfolipida u lecitinima određen je primenom kvantitativne P NMR tehnike, na spektrometru *Bruker Avance III 600*. Uređaj je opremljen automatskim dozatorom *Bruker B-ACS 120*. Kao standard korišćen je trifenil-fosfat, molarne mase 326,29 g/mol. Evaluacija rezultata izvršena je na osnovu integrala dobijenih pikova, molarnih masa pojedinih fosfolipida i mase odmerenog pripremljenog uzorka. Korišćen je softverski paket Computer Intel Core 2 DUO 2.4 GHz u okviru MS Windows XP i Bruker Top Spin 2.1.

2.3.4. Određivanje kristalizacionih karakteristika uzoraka masti i masne faze mazivog kakao-krem proizvoda

Kristalizacione karakteristike uzoraka masti i masne faze mazivog kakao-krem proizvoda ispitane su određivanjem sadržaja čvrstih triglicerida (SFC) na uređaju *pulsni NMR Bruker* na temperaturama 20, 25, 30, 35 i 40°C, prema metodi ISO 8292:1991.

Određen je i sadržaj čvrstih triglicerida u izotermnim uslovima. Uzorak se zagreje na oko 50°C (oko 10°C višoj od tačke topljenja masti) u cilju uklanjanja svih prisutnih kristala. Nakon toga se uzorak prenese u kivetu i odmah započne očitavanje na NMR aparatu. Merenje se izvodi u izotermnim uslovima (na temperaturi od 20°C). Sadržaj čvrstih triglicerida se meri svaki minut u vremenskom periodu od 60 minuta. Između dva očitavanja kivetu sa uzorkom se postavlja u termostat na 20°C. Merenje se izvodi u dve paralelne probe. Na osnovu zavisnosti sadržaja čvrste faze pri kristalizaciji od vremena na 20°C definisani su parametri kristalizacije primenom Gompertz-ovog matematičkog modela (a – sadržaj čvrste faze (%); μ – maksimalna brzina kristalizacije (%/min); λ – parametar proporcijalan indukcijom vremenu, R^2 – koeficijent determinacije) (Foubert i sar., 2002).

2.3.5. Proizvodnja mazivog kakao-krem proizvoda u kugličnom mlinu

Proces mlevenja je neizostavna faza u proizvodnji krem proizvoda i ima za cilj dobijanje optimalne raspodele čestica po veličini, koje uslovljavaju dobijanje proizvoda optimalnih fizičkih i senzornih karakteristika. Mazivi kakao-krem proizvod je proizveden u laboratorijskom kugličnom mlinu (kapaciteta 5kg), domaćeg proizvođača (Slika 13).



Slika 13. Laboratorijski kuglični mlin

U sastav mazivog kakao-krem proizvoda ulazi 50% šećera, 24% namenske biljne masti, 6% rafinisanog suncokretovog ulja, 7% kakao praha, 12% mleka u prahu, 0,5-0,7% lecitina, aroma vanile i lešnika u tragovima.

Smeša šećera, kakao praha, mleka u prahu i dela non trans masti je najpre usitnjena na trovaljcima u fabričkim uslovima, pri čemu je dobijena fino usitnjena kakao-krem masa. Zatim su kakao-krem masa, non trans mast, rafinisano suncokretovo ulje, aroma lešnika, aroma vanile i lecitin odmereni i dozirani u kuglični mlin, na temperaturi od 35°C. Prečnik kuglica u mlinu je 9,1 mm, a brzina obrtaja mešača 50 o/min. Kuglični mlin je snabdeven sistemom za recirkulaciju mase, čija brzina je 10 kg/h. Unutrašnji poluprečnik kugličnog mlina je 12,5 cm, a visina 31 cm.

Nakon definisanog vremena mlevenja uzorci su dozirani u sterilisane plastične posudice sa hermetičkim poklopcem.

2.3.6. Određivanje reoloških karakteristika uzoraka masti, masne faze kakao-krem proizvoda i mazivog kakao-krem proizvoda

Dinamička i stacionarna merenja izvedena su na rotacionom viskozimetru *RheoStress 600*, Haake (Slika 14), na temperaturi $35 \pm 0,1^\circ\text{C}$.

Dinamička oscilatorna merenja primenjena su za praćenje modula elastičnosti G' i viskoznosti G'' , koji se određuju u linearnom viskoelastičnom režimu (LVE). Napon smicanja je povećavan od 0,1-10 Pa i praćene su promene vrednosti G' i G'' pri konstantnoj frekvenciji od 1 Hz ($\omega = 6,28 \text{ rad/s}$). Na osnovu određenog LVE režima definisani su uslovi merenja,

odnosno dinamička oscilatorna merenja izvedena su variranjem vrednosti ω (ugaona brzina) od 6,28-62,8 rad/s (frekvencija 1 - 10 Hz) pri konstantnoj vrednosti napona smicanja od 1 Pa.

Stacionarna merenja izvedena su određivanjem krivi proticanja, prema metodi OICCC (2000). Prilikom ispitivanja uzoraka korišćen je pribor Z20 DIN (cilindar) (Slika 14). Krive proticanja određene su merenjem histerezisnih petlji (krive τ -napon smicanja u zavisnosti od D-brzine smicanja) u opsegu brzine smicanja od 0 - 100 1/s. Uzorak je najpre temperiran 300 s na temperaturi 35°C, odnosno na temperaturi bliskoj tački topljenja non trans masti. Brzina smicanja povećavana je od 0 - 100 1/s u trajanju od 180 sekundi, zatim je održavana 180 sekundi na maksimalnoj brzini od 100 1/s, a smanjivanje brzine smicanja od 100 - 0 1/s takođe je trajalo 180 sekundi.



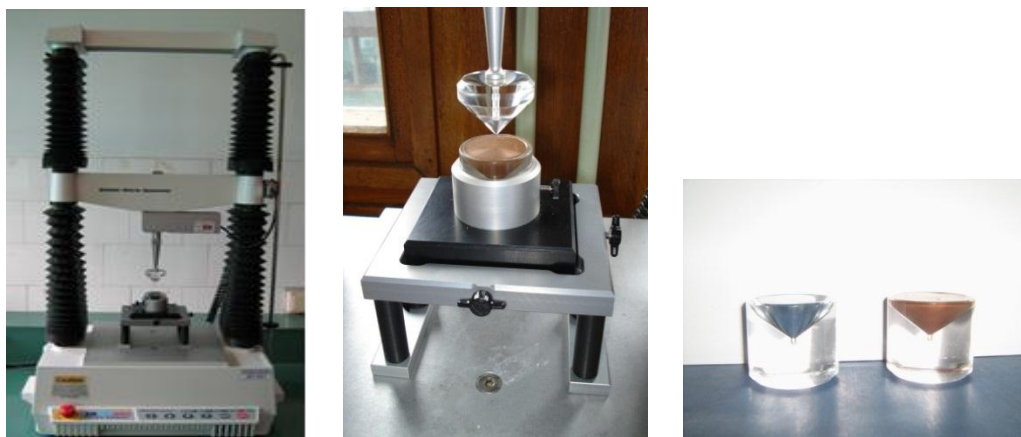
Slika 14. *RheoStress 600, Haake* i pribor koji se koristi reološkoj analizi masnih masa

Parametri merenja se definišu i kontrolišu preko softverskog paketa „RheoWin“, pomoću kojeg se takođe dolazi do evaluacije rezultata, odnosno definisanja reoloških parametara: vrednosti površine tiksotropne petlje - mere gubitka energije usled cepanja veza primenom sile smicanja; prinosnog napona – napona kojim se sistem mora izložiti da bi počelo proticanje; prinosnog napona po Casson-u i Casson-ovog viskoziteta - dobijaju se ekstrapolacijom za velike brzine smicanja.

2.3.7. Određivanje teksturalnih karakteristika masti, masne faze kakao-krem proizvoda i mazivog kakao-krem proizvoda

U cilju određivanja teksture primenjena metoda penetracije konusa na temperaturi 20°C, na teksturometru *TA.XT Plus*, prema metodi Margarine Spreadability – MAR4_SR (za mast i masnu fazu) i Chocolate Spread – SPRD2_SR_PRJ (za mazivi kakao-krem proizvod). Korišćeni pribor čine: konusni klip, čašice odgovarajuće oblikovane unutrašnjosti pričvršćene za metalnu platformu HDP/90, oprema HDP/SR koja obuhvata teg od 5 kg (Slika 15).

Analizi samog uzorka prethodi kalibracija, čime se postiže da prilikom svake probe startna pozicija konusnog klipa bude na istom rastojanju od čašice sa uzorkom. Tokom analize masnih masa na teksturometru Texture analyser TE32 (Slika 15), posmatra se porast sile do postizanja maksimalne dubine prodiranja.



Slika 15. Teksturometar TE32 i pribor koji se koristi pri teksturalnoj analizi masnih masa

Ova sila definiše se kao čvrstoća na specifičnoj dubini prodiranja. Takođe se posmatra veličina površine ispod krive zavisnosti F (sile) od t (vremena), koja predstavlja ukupnu vrednost sile potrebne za ostvarivanje smicanja, odnosno predstavlja rad smicanja pri primenjenoj sili (www.stablemicrosystem.com).

2.3.8. Određivanje toplotnih karakteristika uzoraka masti, masne faze kakao-krem proizvoda i mazivog kakao-krem proizvoda

Toplotne karakteristike mazivog kakao-krem proizvoda su određene praćenjem faznih prelaza metodom diferencijalne skenirajuće kalorimetrije (DSC). Eksperimenti su izvođeni na DSC uređaju *Q20* kompanije *TA Instruments*. Najpre se izmeri 5 mg uzorka u čuniću. Čunić se stavi u kalup, zatim se stavi poklopac čunića. Kalup sa uzorkom postavi se u presu i laganim okretanjem poluge za 180° ispresuje se čunić sa uzorkom, čime je zaptiven. Na identičan način se pripremi i referentni čunić (čunić bez uzorka). Pripremljeni čunić sa uzorkom obavezno se postavi na mesto do operatora, dok referentni uzorak ide bliže instrumentu. Uzorci se izlažu brzini zagrevanja od $5^\circ\text{C}/\text{min}$, u oblasti temperatura od $20\text{--}100^\circ\text{C}$. Prati se zavisnost protoka toplote (Heat Flow) od temperature.

2.3.9. Određivanje hemijskog sastava i energetske vrednosti mazivog kakao-krem proizvoda

Hemijski sastav mazivog kakao-krem proizvoda određen je u skladu sa Pravilnikom o metodama uzimanja uzoraka i metodama vršenja hemijskih i fizičkih analiza kakao-zrna, kakao-proizvoda, proizvoda sličnih čokoladi, bombonskih proizvoda, krem-proizvoda, keksa i proizvoda srodnih keksu (Službeni list SFRJ br. 41/87, 1987).

Atwater-ov metod računanja energetske vrednosti konditorskog proizvoda dobija se množenjem dobijenih vrednosti sadržaja masti, proteina i ugljenih hidrata (u % na 100 g proizvoda) sa vrednošću ovih makronutrijenata iz standardne tabele nutritivnih vrednosti:

Makronutrijent	Mast	Proteini	Ugljenihidrati
Kcal/g	9	4	4

Minorni sastojci, kao što su arome, emulgatori i slično, ne uzimaju se u obzir. Rezultat se može izraziti u kilokalorijama ili kilodžulima, pri čemu je 1 kcal ekvivalentna 4,186 kJ (Jackson, 1995; Schakel i sar., 1997).

2.3.10. Određivanje boje na površini mazivog kakao-krem proizvoda

Merenje boje na površini mazivog krem proizvoda izvedeno je u tri probe za svaki uzorak. CIE $L^*a^*b^*$ i CIE Y_{xy} vrednosti (CIE, 1976), određene su korišćenjem tristimulusnog kolorimetra *Minolta Chroma Meter CR-410* (Minolta Co., Ltd., Osaka, Japan) u D65 osvetljenju, standardnim uglom zaklona od 2° i otvorom na mernoj glavi od 8 mm. Instrument je pre merenja zagrejan i kalibrisan korišćenjem standardne procedure.

Parametri boje, odnosno, dominantna talasna dužina (λ) i svetloća (brightness) (Y) uzorka, kao i svetloća (lightness) (L^*), učešće crvene (a^*) i žute boje (b^*), dobijaju se kao direktne vrednosti softverskog paketa uređaja *Minolta Chroma Meter CR-410*. Čistoća boje (Č) dobija se izračunavanjem za x i y vrednosti korišćenjem dijagrama hromatičnosti.

2.3.11. Senzorna analiza mazivog kakao-krem proizvoda

Senzorna analiza sprovedena je 24h nakon pripreme uzoraka, kao i nakon 2, 4 i 6 meseci čuvanja uzorka na tamnom mestu i sobnoj temperaturi. Uzorci su servirani u plastičnim posudama obeleženim trocifrenim brojevima. Učestvovalo je 10 obučениh ocenjivača koji su ocenjivali svaki uzorak koristeći skalu sa 7 ocena. Ispitani su sledeći atributi: boja na površini (1- ekstremno svetla, loša; 4 – optimalna; 7 - ekstremno tamna, loša), sjaj površine (1 – mat; 4 – sjajna; 7 – izdvajanje ulja na površini), čvrstoća (1 - ekstremno meko; 4 – optimalno; 7 - ekstremno tvrdo), mazivost, nanošenjem nožem na keks (1 - loša mazivost; 7 – dobra mazivost), zrnavost (1 – peskovito; 7 - glatko), adhezivnost (1 - ne prijanja; 4 – optimalno; 7 - ekstremno lepljivo), miris (1 - ekstremno loš, stran; 7 - ekstremno dobar, svojstven), ukus (1 - ekstremno loš, stran; 7 - ekstremno dobar, svojstven) (ISO 8589; ISO 8586-1; ISO 8586-2; ISO 5492; ISO 4142; Lawless, 2010).

2.3.12. Određivanje trajnosti mazivog kakao-krem proizvoda

U cilju praćenja održivosti mazivog kakao-krem proizvoda razvijena je metoda za određivanje sadržaja aldehida, koji predstavljaju sekundarne proizvode oksidacije lipida. Sadržaj aldehida u uzorcima određen je static headspace gasno hromatografskom (SHS-GC) tehnikom, koja podrazumeva direktno ubrizgavanje parne faze uzorka koji se nalazi u zatvorenom vialu, na aparatu *Agilent 7890A GC System*, opremljenim headspace (HS) autosamplerom. Korišćena je kolona Agilent, J&W Scientific, 30 m x 0,250 mm i.d. DB-WAX sa debljinom filma 0,50 μm . Detekcija razdvojenih jedinjenja izvršena je primenom FID. Kao gas nosač korišćen je helijum, pri konstantnom protoku od 0,5 ml/min. Inicijalna temperatura peći podešena je na 50°C tokom 5 minuta, a potom povećana na 100°C brzinom od $10^\circ\text{C}/\text{min}$ i konačno na 200°C brzinom od $30^\circ\text{C}/\text{min}$, čime ukupno vreme analize iznosi 16,33 minuta. Temperature injektora i FID iznosile su 200°C , odnosno 240°C . Odnos razdeljivanja iznosio je 1:10, a kao "makeup" gas za FID korišćen je azot. Autosampler CombiPAL System opremljen je HS špicem zapremine 2,5 ml, korišćenim za injektovanje 2 ml gasne faze uzorka iz 10 ml HS viala. Parametri HSH bili su: temperatura inkubacije - 90°C ;

vreme inkubacije – 10 minuta; temperatura šprica - 100°C; brzina mešalice – 500 o/min; brzina punjenja šprica – 100 µl/s. Špric se između dva injektovanja automatski ispira gasom nosačem.

Priprema uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda za SHS-GC analizu obuhvata odmeravanje 2,00 g uzorka u 10 ml HS vial sa zatvaračem sa navojem. Standardni rastvori aldehida (propanal, heksanal, heptanal i oktanal) pripremljeni su njihovim razblaživanjem u etanolu, a potom su čuvani na -23°C. Opseg masenih koncentracija aldehida u smeši korišćenoj za eksternu kalibraciju bio je: 0,50-10,0 µg za propanal; 0,20-2,0 µg za pentanal; 0,04-4,0 µg za heksanal i 0,10-2,0 µg za heptanal i oktanal.

Aldehidi prisutni u uzorcima identifikovani su poređenjem retencionih vremena pikova sa retencionim vremenom odgovarajućeg standarda. Na osnovu dobijenih površina pikova u zavisnosti od koncentracije standarda konstruisana je kalibraciona kriva za svaki ispitivani aldehyd. Iz dobijene jednačine linearne zavisnosti koncentracije i površine pika izračunate su koncentracije pojedinih aldehida u ispitivanim uzorcima u vremenskom intervalu od šest meseci čuvanja uzorka (Sedej, 2011).

2.3.13. Statistička obrada podataka

Statistička obrada podataka odrađena je u programskom paketu "Statistica 10.0" (Statsoft, USA).

Analizom varijanse i Duncan-ovim testom statistički je definisan uticaj kategoričke nezavisno promenljive (vrsta lecitina – sojin, suncokretov i repičin) i numeričkih nezavisno promenljivih (koncentracija lecitina – 0,3%, 0,5% i 0,7% i vreme mlevenja – 30, 40 i 50 minuta, odnosno % zamene suncokretovog ulja – 50%, 70% i 100%) na rezultate, koji predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti 3 merenja.

Uticaj numeričkih nezavisno promenljivih na odzivne rezultate obrađen je i dvofaktorskom analizom u skladu sa postavljenim faktorskim planom eksperimenta 3². Dobijena regresiona jednačina se definiše polinomom oblika:

$$z = b_0 + b_1x + b_2y + b_{11}x^2 + b_{12}xy + b_{22}y^2,$$

gde su:

$b_0, b_1, b_2, b_{11}, b_{12}, b_{22}$ – koeficijenti regresije

x – koncentracija lecitina

y – vreme mlevenja

z – funkcija odziva: karakteristične vrednosti parametara merenja

Koeficijenti regresije b_1 i b_2 ukazuju na linearni efekat nezavisnih promenljivih x i y na zavisnu promenljivu z ; b_{11} i b_{22} na kvadratni efekat; dok b_{12} ukazuje na linearnu interakciju nezavisno promenljivih. Na osnovu dobijenih eksperimentalnih – stvarnih (z_e) i teorijskih – očekivanih vrednosti (z_t) izračunati su sledeći statistički parametri: standardna greška regresije (σ), p i t vrednosti, koeficijent determinacije (R^2) i analiza varijanse odabrane regresione jednačine.

III REZULTATI I DISKUSIJA

3.1. KARAKTERISTIKE NON TRANS BILJNE MASTI SA DODATKOM LECITINA RAZLIČITOG POREKLA

3.1.1. Sastav masnih kiselina non trans masti i lecitina različitog porekla

U Tabeli 13 prikazan je sastav masnih kiselina namenske non trans masti i lecitina iz soje, suncokreta i uljane repice.

Tabela 13. Sastav masnih kiselina non trans masti i lecitina različitog porekla

Masna kiselina (%)	Non trans biljna mast	Sojin lecitin	Suncokretov lecitin	Repičin lecitin
C8:0	0,56±0,07	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}
C10:0	0,47±0,05	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}
C12:0	3,90±0,14	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}
C14:0	2,44±0,11	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}
C16:0	43,86±1,64	14,01±0,51	6,81±0,24	7,16±0,39
C16:1	0,03±0,009	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	0,42±0,05
C18:0	4,51±0,17	5,20±0,19	6,02±0,20	1,43±0,09
C18:1trans	0,15±0,01	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}
C18:1cis	34,36±1,32	19,89±0,72	24,44±0,82	57,02±1,77
C18:2trans	0,06±0,01	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}
C18:2cis	8,86±0,11	54,16±1,84	62,73±2,09	26,73±0,80
C18:3	0,32±0,02	6,74±0,22	n.d. ^{a)}	6,35±0,18
C20:0	0,34±0,01	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}
C20:1	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	0,89±0,09
C22:0	0,07±0,009	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}
C24:0	0,07±0,01	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}
Zasićene	56,22	19,21	12,83	8,59
Mononezasićene	34,54	19,89	24,44	58,33
Polinezasićene	9,24	60,90	62,73	33,08
Trans masne kiseline	0,21	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

^{a)} Nije detektovano

Namenska biljna mast, dobijena procesom mešanja i interesterifikacije laurinskih i nelaurinskih (oleinskih) masti, odlikuje se visokim sadržajem zasićene palmitinske (43,86%) i mononezasićene oleinske masne kiseline (34,51%), od koje je čak 34,36% prisutno u *cis*-obliku, a svega 0,15% u nepoželjnom *trans*-obliku. Ispitana non trans mast sadrži i polinezasićene esencijalne ω-6 i ω-3 masne kiseline (8,86% linolne u *cis*-obliku i 0,32% α-linolenske).

Lecitini dobijeni iz soje i suncokreta odlikuju se najvećim udelom polinezasićenih masnih kiselina, dok su u repičinom lecitinu najzastupljenije mononezasićene masne kiseline. Sojin lecitin sadrži najveći udeo ω-6 masnih kiselina (54,16%), visok udeo ω-9

(19,89%), kao i značajan udeo ω -3 masnih kiselina (6,74%). Lecitin dobijen iz uljane repice sadrži najveći udeo ω -9 masnih kiselina (57,02%), ali se odlikuje i visokim sadržajem esencijalnih polinezasićenih masnih kiselina - 26,73% ω -6 i 6,35% ω -3. Suncokretov lecitin je bogat ω -6 masnim kiselinama (62,73%), kao i ω -9 masnim kiselinama (24,44%), ali za razliku od sojinog i repičinog lecitina, ne sadrži ω -3 masne kiseline.

3.1.2. Sadržaj fosfolipida u lecitinima različitog porekla

Sadržaj pojedinih fosfolipida - fosfatidilholina (PC), fosfatidiletanolamina (PE), fosfatidilinozitola (PI), fosfatidilserina (PS), fosfatidilglicerola (PG), difosfatidilglicerola (DPH); lizofosfolipida – lizofosfatidilholina (1-LPC i 2-LPC), lizofosfatidiletanolamina (LPE), lizofosfatidilinozitola (LPI); fosforne kiseline (PA), lizofosforne kiseline (LPA) i alilpentaeritrila (APE) u lecitinima različitog porekla prikazan je u Tabeli 14.

Tabela 14. Fosfolipidni sastav lecitina iz soje, suncokreta i uljane repice

Fosfolipid	Sadržaj fosfolipida (%)		
	Sojin lecitin	Suncokretov lecitin	Repičin lecitin
PC	23,81±1,60	25,55±1,81	27,39±1,93
1-LPC	0,08±0,02	0,08±0,03	0,13±0,06
2-LPC	0,85±0,13	0,74±0,15	1,26±1,19
PI	11,98±0,79	20,02±1,21	16,58±1,36
LPI	0,62±0,26	0,62±0,36	0,80±0,17
PE	16,85±1,31	9,08±1,56	11,33±2,13
LPE	0,42±0,11	0,27±0,14	0,51±0,19
PS	0,84±0,17	1,31±1,11	0,84±1,34
LPS	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}
PG	0,89±0,25	0,51±0,16	1,23±0,18
DPG	0,70±0,28	0,94±0,34	0,83±0,21
PA	7,54±0,81	2,07±0,25	4,52±0,41
LPA	0,02±0,00	0,05±0,02	0,11±0,05
APE	3,74±0,14	1,66±0,23	1,04±0,34
Ostalo	0,16±0,10	0,14±0,11	0,34±0,14
Suma	68,50	63,04	66,91

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

^{a)} Nije detektovano

Sve tri vrste lecitina sadrže najveći udeo fosfatidilholina (PC), pri čemu je sadržaj najveći u lecitinu iz uljane repice (27,39%), zatim u suncokretovom lecitinu (25,55%) i najmanji u sojinom lecitinu (23,81%). Lecitin poreklom iz suncokreta sadrži najveći udeo fosfatidilinozitola (PI), čak 20,02%, dok lecitin iz uljane repice sadrži 16,58% ovog fosfolipida, a lecitin iz soje svega 11,98%. S druge strane, sadržaj fosfatidiletanolamina (PE) najveći je u sojinom lecitinu (16,85%). Udeo fosfatidilserina (PS) i fosfatidil glicerola (PG) znatno je niži u poređenju sa pomenutim fosfolipidima, pri čemu je PS najzastupljeniji u suncokretovom lecitinu (1,31%), a PG u repičinom 1,23%.

Lizofosfolipidi (1-LPc, 2-LPC, LPI, LPE) zastupljeni su u udelu ispod 1%, sa izuzetkom 2-LPC koji u repičinom lecitinu iznosi 1,26%, dok LPS nije detektovan.

Ukupan sadržaj fosfolipida najveći je kod lecitina poreklom iz soje (68,50%), međutim, treba uzeti u obzir da ovaj lecitin sadrži čak 7,54% fosforne kiseline (PA) i 3,74% alilpentaeritrila (APE). Lecitin iz suncokreta ima najniži sadržaj fosfolipida (63,04%) budući da sadrži nešto veću količinu ulja zaostalog nakon centrifugiranja.

3.1.3. Sadržaj čvrstih triglicerida (SFC) masti sa dodatkom lecitina različitog porekla

U Tabeli 15 prikazan je sadržaj čvrstih triglicerida non trans masti sa dodatkom različitih koncentracija lecitina iz soje, suncokreta i uljane repice na temperaturama 20, 25, 30, 35 i 40°C.

Tabela 15. SFC non trans masti sa dodatkom lecitina različitog porekla

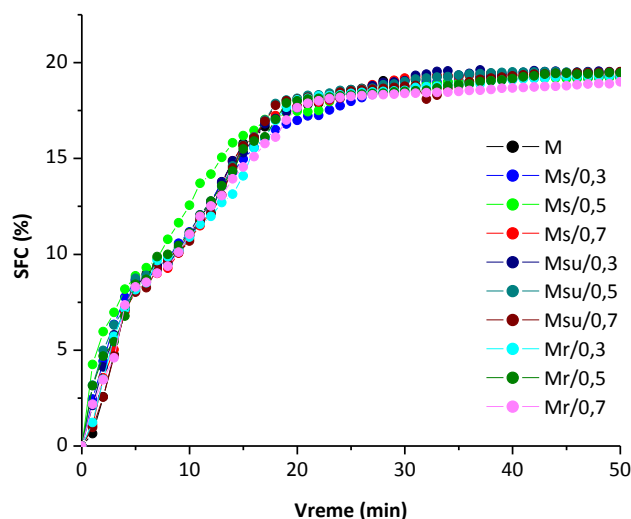
Uzorak	SFC (%)				
	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
M	30,34±0,20 ^d	19,28±0,12 ^d	12,1±0,09 ^a	6,11±0,10 ^e	1,85±0,05 ^g
Ms/0,3	30,62±0,18 ^{a,d}	19,69±0,21 ^a	12,18±0,16 ^a	6,97±0,08 ^a	2,27±0,07 ^a
Ms/0,5	30,81±0,09 ^{a,b,d}	19,84±0,05 ^{a,b}	12,36±0,18 ^{a,b,c}	7,17±0,17 ^{a,b}	2,45±0,05 ^{d,e}
Ms/0,7	31,60±0,19 ^{c,e}	20,05±0,04 ^{b,c}	12,40±0,40 ^{a,b,c}	7,52±0,02 ^{b,c,d}	2,57±0,06 ^{b,e}
Msu/0,3	30,92±0,10 ^{a,b,d}	19,62±0,09 ^a	12,23±0,11 ^{a,b,c}	7,24±0,04 ^{a,b,c}	2,18±0,02 ^a
Msu/0,5	31,24±0,05 ^{a,b,c,e}	19,85±0,14 ^{a,b}	12,33±0,11 ^{a,b,c}	7,33±0,35 ^{a,b,c}	2,63±0,02 ^{b,c}
Msu/0,7	31,81±0,19 ^c	19,99±0,08 ^{a,b,c}	12,36±0,10 ^{a,b,c}	7,65±0,04 ^{c,d}	2,87±0,07 ^f
Mr/0,3	31,01±0,07 ^{a,b,e}	19,60±0,09 ^a	12,22±0,02 ^{a,b}	7,17±0,05 ^{a,b}	2,34±0,04 ^{a,d}
Mr/0,5	31,40±0,40 ^{b,c,e}	20,13±0,01 ^{b,c}	12,41±0,09 ^{b,c}	7,67±0,03 ^{c,d}	2,70±0,01 ^{b,c}
Mr/0,7	31,77±0,21 ^c	20,24±0,01 ^c	12,58±0,07 ^c	7,77±0,07 ^d	2,78±0,03 ^{c,f}

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

Vrednosti u svakoj koloni označene različitim slovima u superskriptu se statistički značajno razlikuju (p<0,05)

Dodatak lecitina različitog porekla nema značajan uticaj na promenu sadržaja čvrstih triglicerida masti na svim ispitivanim temperaturama. Mast bez dodataka ima najmanji SFC, koji se na temperaturama 25°C, 35°C i 40°C statistički značajno razlikuje od uzoraka sa dodatkom lecitina. Povećanjem koncentracije svih vrsta lecitina dolazi do neznatnog povećanja SFC na svim ispitivanim temperaturama. Na 20°C SFC kod svih uzoraka je najveći i iznosi od 30,34% kod masti bez dodataka, do 31,81% kod uzorka sa dodatkom maksimalne koncentracije suncokretovog lecitina. Sa postepenim povećanjem temperature SFC opada i na 40°C ima takođe najnižu vrednost kod masti bez dodataka (1,85%), a najvišu kod uzorka masti sa dodatkom 0,7% suncokretovog lecitina (2,87%), koji se i u ovom slučaju statistički značajno razlikuju od drugih uzoraka na nivou značajnosti od 0,05.

Na Slici 16 je prikazana promena SFC tokom vremena u izotermkim uslovima na 20°C.



Slika 16. Promena sadržaja čvrstih triglicerida masti u funkciji vremena

Parametri Gompertz-ovog modela (a , μ , λ i R^2) su određeni na osnovu eksperimentalnih podataka određivanja SFC tokom vremena u izotermnim uslovima na 20°C, primenom nelinearne regresije (Tabela 16).

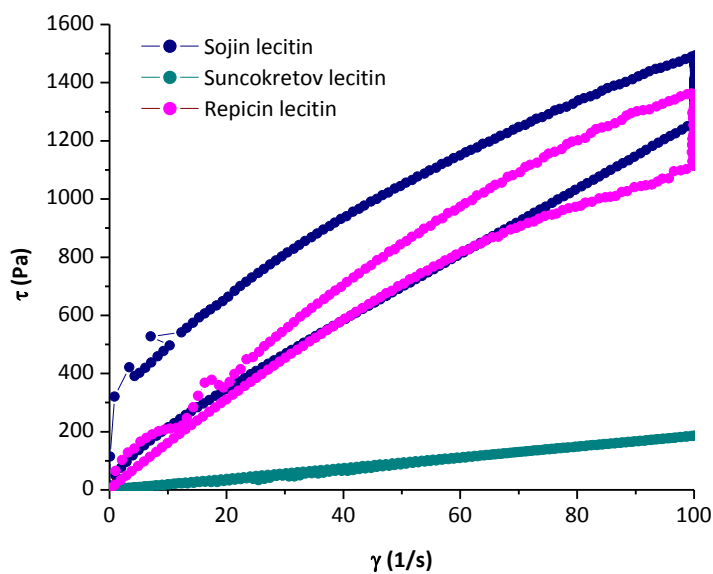
Tabela 16. Parametri Gompertz-ovog matematičkog modela

Uzorak	a (%)	μ (%/min)	λ (min)	R^2
M	19,38	1,13	-0,78	0,99
Ms/0,3	19,14	0,97	-2,37	0,99
Ms/0,5	19,28	1,09	-2,54	0,99
Ms/0,7	19,51	1,09	-0,96	0,98
Msu/0,3	19,66	1,03	-1,67	0,99
Msu/0,5	19,66	1,03	-1,99	0,99
Msu/0,7	19,82	1,13	-0,64	0,99
Mr/0,3	19,30	1,03	-1,47	0,99
Mr/0,5	19,30	1,04	-1,87	0,99
Mr/0,7	19,42	1,14	-1,38	0,98

Podaci iz Tabele 16 pokazuju da je tokom kristalizacije uzoraka masti na 20°C najveća količina čvrste faze formirana kod uzoraka Ms/0,7 (19,51%), Msu/0,7 (19,82%) i Mr/0,7 (19,42%), odnosno kod uzoraka sa dodatkom maksimalne koncentracije svih ispitivanih lecitina. Parametar μ ukazuje da dodatak lecitina različitog porekla i u različitim koncentracijama nema uticaja na brzinu kristalizacije, koja iznosi oko 1%/min za sve uzorke. Parametar λ je manji od nule te se može pretpostaviti da je indukcioni period praktično zanemarljiv, odnosno da se centri kristalizacije vrlo brzo formiraju. Visoke vrednosti koeficijenta determinacije R^2 potvrđuju da je primenom Gompertz-ovog matematičkog modela moguće definisati kinetiku kristalizacije.

3.1.4. Reološke karakteristike lecitina različitog porekla

Krive proticanja lecitina određene su stacionarnim reološkim merenjima na 35°C (Slika 17). Sojin i repičin lecitin pokazuju tiksotropno proticanje, dok kod suncokretovog lecitina dolazi do minimalnog razrušavanja unutrašnje strukture pri datim brzinama smicanja, uz najniži prinosni napon (0,80 Pa) i najnižu vrednost površine tiksotropne petlje (805 Pa/s) u odnosu na sojin i repičin lecitin (Tabela 17).



Slika 17. Krive proticanja lecitina različitog porekla

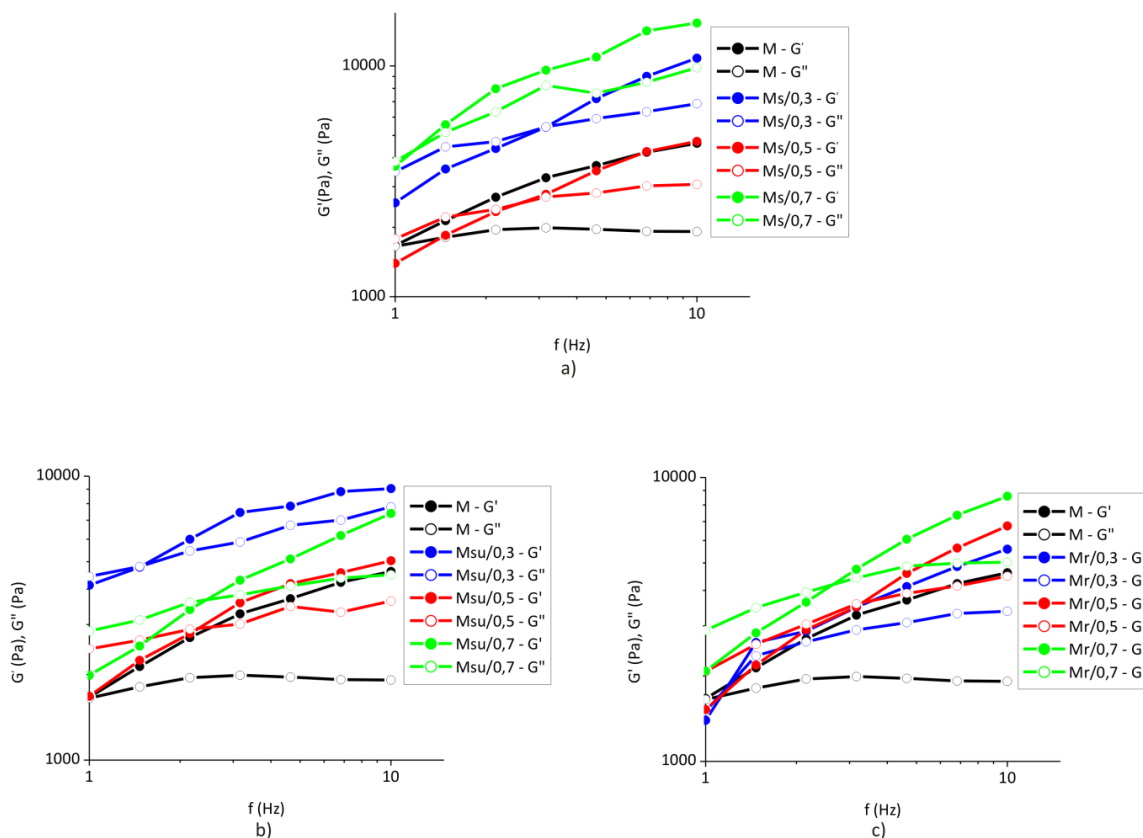
Tabela 17. Reološki parametri lecitina različitog porekla

Lecitin	Prinosni napon (Pa)	Površina tiksotropne petlje (Pa/s)	Srednja vrednost viskoziteta (Pas)
Sojin	6,78±1,23	3737±86	13,78±0,57
Suncokretov	0,80±0,12	805±21	4,97±0,16
Repičin	3,98±0,96	3602±78	12,13±0,42

Sojin lecitin ima veći napon smicanja za datu brzinu smicanja od repičinog lecitina, pri čemu dolazi do većeg razrušavanja unutrašnje strukture pri nižim brzinama smicanja. Najveću vrednost srednjeg viskoziteta pri maksimalnoj brzini smicanja ima sojin lecitin (13,78 Pas), nešto nižu repičin (12,13 Pas), dok najnižu vrednost ima suncokretov lecitin (4,97 Pas).

3.1.5. Reološke karakteristike masti sa dodatkom lecitina različitog porekla

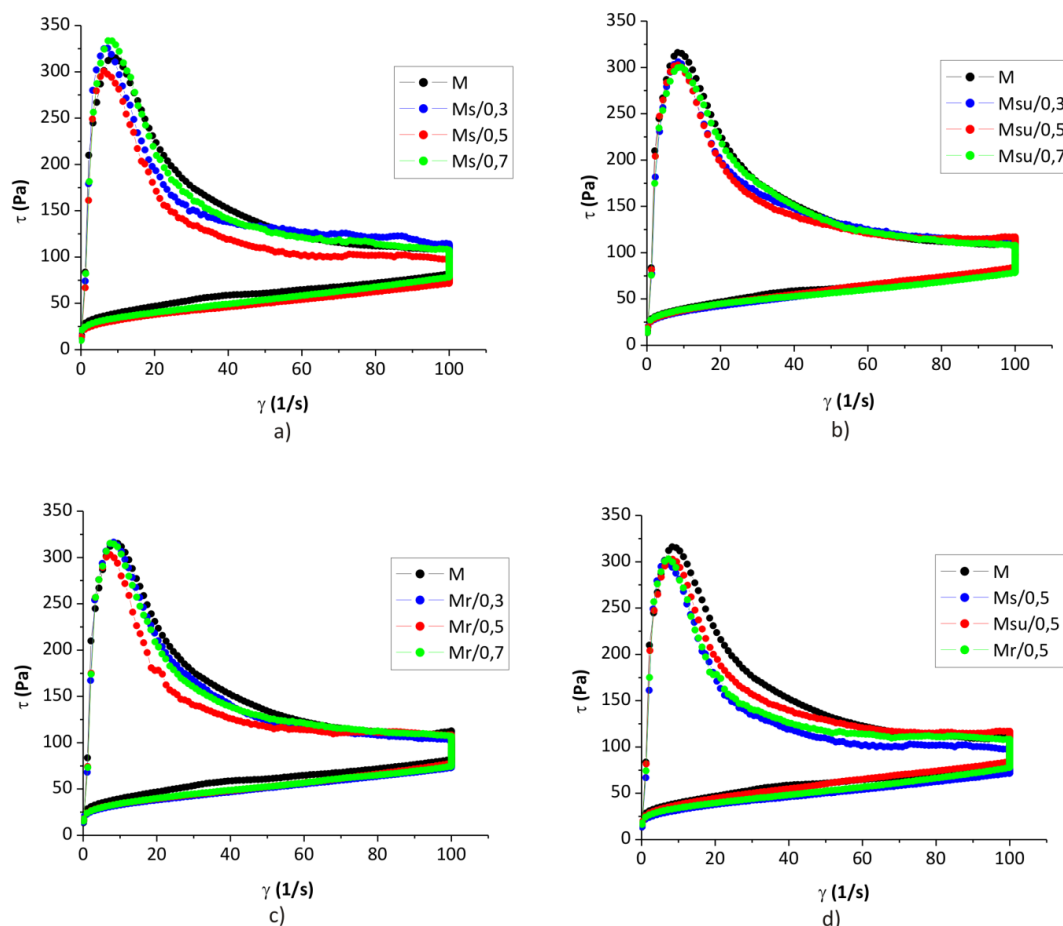
Za ispitivane uzorke masti određivana su dinamička oscilatorna merenja u linearnom viskoelastičnom režimu (Slika 18).



Slika 18. Promene modula viskoznosti i elastičnosti non trans masti u zavisnosti od koncentracije dodatog: a) sojinog; b) suncokretovog i c) repičinog lecitina

Pri manjim ugaonim brzinama, kod svih uzoraka masti sa dodatkom različitih koncentracija lecitina različitog porekla izraženiji je viskozni (G'') moduo. Međutim, pri većim ugaonim brzinama dolazi do ukrštanja krivi, posle čega je elastični moduo (G') dominantniji u odnosu na viskozni (G''). Ovakav izgled krivih je karakterističan za sisteme koji spadaju u tzv. koncentrisane rastvore. Naime, što je sistem manje koncentracije to se tačka ukrštanja pomera ka nižim frekvencijama i sistem se ponaša više kao tečnost, dok se kod sistema veće koncentracije tačka ukrštanja pomera ka višim frekvencijama, te se sistem ponaša više kao čvrsto telo. U Tabeli 18 prikazane su vrednosti odnosa viskoznog (G'') i elastičnog (G') modula, koji je kod svih uzoraka je manji od jedinice, što ukazuje na doprinos elastične komponente viskoelastičnim osobinama uzoraka. Najnižu i statistički značajnu vrednost $\tan \delta$ ima uzorak masti bez dodataka, koji poseduje najizraženije elastične osobine.

Stacionarnim reološkim merenjima definisane su krive proticanja uzoraka na 35°C (Slika 19), odnosno na temperaturi bliskoj tački topljenja masti. Svi uzorci pokazuju tiksotropno poticanje, koje je karakteristično za plastičnu mast. Pik na krivama ukazuje da su prisutne i sekundarne veze, koje otežavaju proticanje i koje se razrušavaju na nižim brzinama smicanja. Reološki parametri ispitivanih uzoraka dati su u Tabeli 18.



Slika 19. Krive proticanja uzoraka masti sa dodatkom različitih koncentracija a) sojinog; b) suncokretovog; c) repičinog lecitina; d) 0,5% lecitina različitog porekla

Tabela 18. Reološki parametri pri dinamičkom oscilatornom i stacionarnom merenju

Uzorak	$\tan \delta = G''/G'$	Prinosni napon (Pa)	Površina tiksotropne petlje (Pa/s)	Srednja vrednost viskoziteta (Pas)
M	0,65±0,19 ^{b,c}	15,53±1,23 ^{b,c}	10093±15,28 ^d	5,14±0,06 ^a
Ms/0,3	0,98±0,01 ^a	15,03±0,83 ^{b,c}	10596±20,82 ^a	5,06±0,06 ^{a,b}
Ms/0,5	0,95±0,04 ^a	13,56±0,44 ^c	8703±38,43 ^g	4,92±0,08 ^b
Ms/0,7	0,84±0,11 ^{a,b}	20,72±0,52 ^a	10486±41,63 ^b	5,17±0,03 ^a
Msu/0,3	0,46±0,24 ^c	20,60±1,17 ^a	9826±35,47 ^e	4,69±0,01 ^c
Msu/0,5	0,70±0,18 ^b	20,31±0,59 ^a	9167±33,87 ^f	4,66±0,05 ^c
Msu/0,7	0,96±0,02 ^a	16,25±0,59 ^b	10118±17,56 ^d	4,90±0,05 ^b
Mr/0,3	0,84±0,07 ^{a,b}	19,85±0,50 ^a	10276±17,56 ^c	5,22±0,03 ^a
Mr/0,5	0,98±0,01 ^a	15,57±0,43 ^{b,c}	9118±43,47 ^f	4,62±0,04 ^c
Mr/0,7	0,96±0,03 ^a	17,27±0,78 ^b	10091±10,41 ^d	4,73±0,04 ^c

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

Vrednosti u svakoj koloni označene različitim slovima u superskriptu se statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$)

Uzorak masti sa dodatkom 0,5% sojinog lecitina ima statistički značajno ($p < 0,05$) najmanju vrednost prinosnog napona (13,56 Pa) i površine tiksotropne petlje (8703 Pa/s) u odnosu na ostale uzorke, koji ukazuju na najbolju homogenost i mazivost. Dodatak 0,5% repičinog lecitina takođe smanjuje neophodnu minimalnu silu koja mora biti primenjena da bi sistem počeo da protiče. S druge strane, koncentracija suncokretovog lecitina od 0,7% utiče na dobijanje sistema sa najmanjim prinosnim naponom u odnosu na ostale uzorke sa dodatkom suncokretovog lecitina. Svi uzorci sa dodatkom 0,5% lecitina imaju najnižu vrednost tiksotropne petlje i srednje vrednosti viskoziteta, koje se povećavaju sa povećanjem koncentracije svih lecitina na 0,7%, što ukazuje da dodatak lecitina iznad optimalne koncentracije od 0,5% dovodi do suprotnog efekta, odnosno do povećanja složenosti sistema.

3.1.6. Teksturalne karakteristike masti sa dodatkom lecitina različitog porekla

U Tabeli 19 prikazane su teksturalne karakteristike uzoraka non trans masti sa dodatkom lecitina različitog porekla na 20°C. Mast bez dodataka ima izražene osobine plastičnosti (topi se u širokom temperaturnom intervalu), međutim, na sobnoj temperaturi ima relativno visoku vrednost čvrstoće (4593,67 g) i rada smicanja (5764,50 g sec). Ove vrednosti se statistički značajno razlikuju od vrednosti čvrstoće i rada smicanja uzoraka sa dodatkom lecitina (osim kod uzorka Mr/0,7), što ukazuje da dodatak lecitina utiče na smanjenje vrednosti teksturalnih parametara. Uzorci sa dodatkom suncokretovog lecitina imaju najniže vrednosti teksturalnih parametara pri datim koncentracijama u odnosu na ostale uzorke. Statistički značajne i najniže vrednosti čvrstoće (3059,93 g) i rada smicanja (3683,13 g sec) u odnosu na ostale uzorke pokazuje uzorak masti sa dodatkom 0,5% suncokretovog lecitina. Povećanje koncentracije sojinog lecitina dovelo je do smanjenja vrednosti teksturalnih parametara, gde uzorak Ms/0,7 ima niže vrednosti čvrstoće (3483,10 g) i rada smicanja (4551,33 g sec) od uzoraka sa dodatkom 0,3 i 0,5% sojinog lecitina. Dodatak repičinog lecitina takođe snižava vrednosti teksturalnih parametara, ali ne u tolikoj meri kao sojin i suncokretov lecitin. Kao i u slučaju dodatka suncokretovog lecitina, dodatak 0,5% repičinog lecitina ima niže vrednosti čvrstoće i rada smicanja (3764,07 g i 5074,64 g sec) u odnosu na uzorke sa dodatkom 0,3 i 0,7% ovog lecitina.

Tabela 18. Teksturalne karakteristike non trans masti sa dodatkom lecitina različitog porekla

Uzorak	Čvrstoća (g)	Rad smicanja (g sec)
M	4593,67±73,26 ^a	5764,50±92,26 ^a
Ms/0,3	3857,83±56,39 ^c	4634,73±18,15 ^c
Ms/0,5	3643,50±90,52 ^{c,d}	4428,87±125,55 ^c
Ms/0,7	3483,10±102,02 ^{d,e}	4551,33±55,95 ^c
Msu/0,3	3642,97±99,37 ^{c,d}	5020,23±79,99 ^b
Msu/0,5	3059,93±70,48 ^f	3683,13±105,69 ^d
Msu/0,7	3323,37±64,05 ^e	4405,57±75,54 ^c
Mr/0,3	4252,33±87,70 ^b	5574,87±47,95 ^a
Mr/0,5	3764,07±94,01 ^c	5074,64±32,58 ^b
Mr/0,7	4336,37±64,76 ^{a,b}	5141,33±92,84 ^b

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

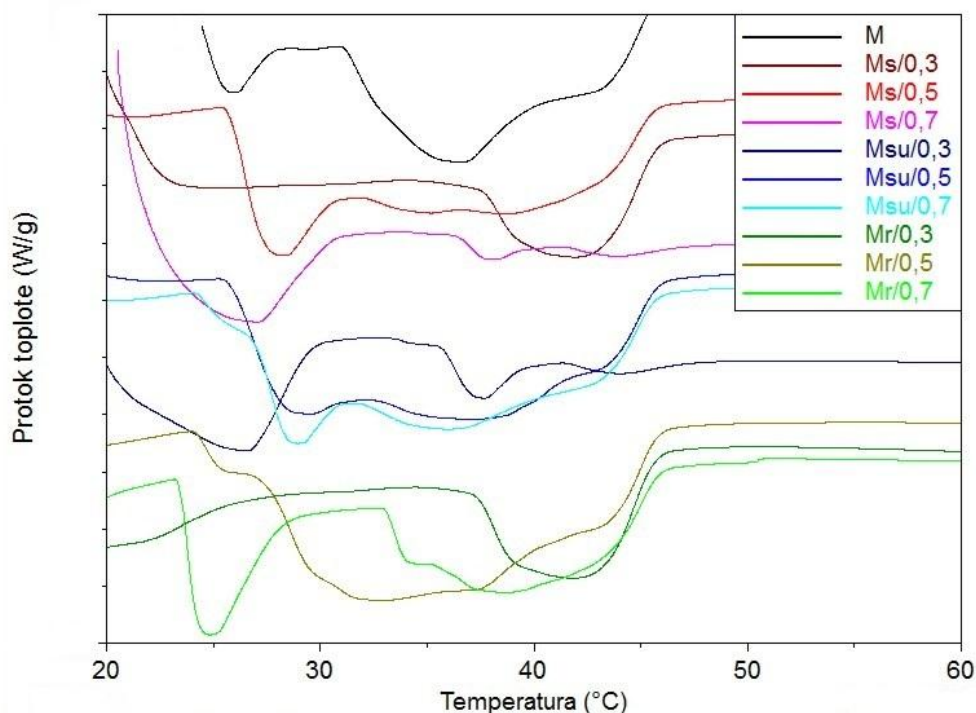
Vrednosti u svakoj koloni označene različitim slovima u superskriptu se statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$)

3.1.7. Toplotne karakteristike masti sa dodatkom lecitina različitog porekla

Budući da je namenska non trans biljna mast dobijena procesom mešanja i interesterifikacije više vrsta masti različitog masnokiselinskog sastava, merenja na DSC-u su pokazala prisustvo više frakcija različitih tački topljenja (Slika 20).

U Tabeli 20 prikazane su karakteristične temperature intervala topljenja (T_{index}), koja se dobija kao razlika početka (T_{onset}) i kraja topljenja (T_{end}), kao i temperatura minimuma pika topljenja i entalpije topljenja pojedinih frakcija (ΔH_{melt} (J/g)). Tačka topljenja prve frakcije kreće se u intervalu od 22,34°C do 31,15°C. Dodatak sojinog i suncokretovog lecitina utiče na povećanje temperature topljenja, dok dodatak repičinog lecitina utiče na sniženje tačke topljenja prve frakcije, u poređenju sa namenskom mašću bez dodatka lecitina. Tačka topljenja druge frakcije je u intervalu od 34,67 do 38,47°C uz povećanje temperature početka topljenja i značajno smanjenje entalpije topljenja svih uzoraka u odnosu na mast bez dodatog lecitina. Uzorci masti sa dodatkom 0,3% lecitina iz soje i uljane repice pokazuju odsustvo frakcije 2, ali znatno višu energiju potrebnu za topljenje frakcije 3, čija se tačka topljenja nalazi u intervalu od 42,30 do 44,40°C. Promena koncentracije dodatih lecitina od 0,3 do 0,7% nema bitnog uticaja na termalne osobine non trans masti.

Interval topljenja sve tri vrste lecitina nije bilo moguće odrediti do kraja. Naime, na povišenim temperaturama (na oko 180°C), došlo je do pucanja čunića, najverovatnije zbog isparavanja fosforne kiseline. Prema podacima iz izvora <http://www.guidechem.com> tačka topljenja sojinog lecitina je 236,1°C.



Slika 20. Krive topljenja ispitivanih uzoraka masti

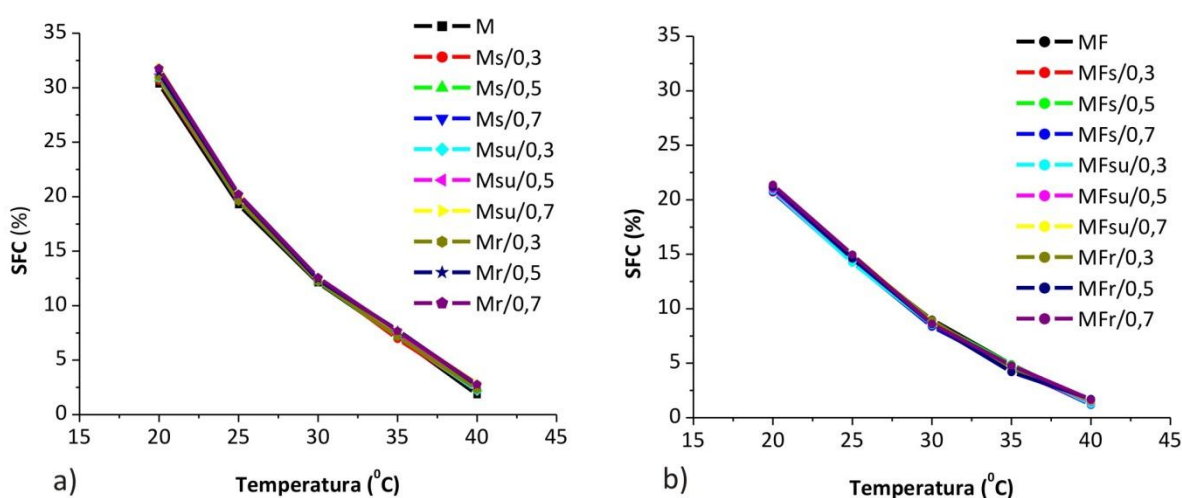
Tabela 20. Termičke karakteristike uzoraka masti sa dodatkom lecitina različitog porekla

	M	Ms/ 0,3	Ms/ 0,5	Ms/ 0,7	Msu/ 0,3	Msu/ 0,5	Msu/ 0,7	Mr/ 0,3	Mr/ 0,5	Mr/ 0,7
Frakcija 1										
T _{onset} (°C)	24,09	29,13	25,86	22,16	20,89	26,05	27,10	20,63	24,33	23,45
T _{end} (°C)	27,95	34,06	30,99	31,03	29,63	32,15	31,22	23,65	27,00	29,13
T _{peak} (°C)	25,67	31,15	27,73	27,04	26,67	28,46	28,58	22,34	25,33	24,69
T _{index} (°C)	3,86	4,93	5,13	8,87	8,74	6,1	4,12	3,02	2,67	5,68
ΔH _{melt} (J/g)	2,39	0,03	4,92	6,91	6,59	4,11	2,73	0,18	0,37	6,57
Frakcija 2										
T _{onset} (°C)	31,21	-	32,41	36,59	35,77	32,88	32,07	-	35,87	36,17
T _{end} (°C)	41,00	-	36,60	39,64	40,77	41,47	40,14	-	39,55	41,04
T _{peak} (°C)	35,66	-	34,67	37,75	37,38	37,93	36,15	-	37,51	38,47
T _{index} (°C)	9,79	-	4,19	3,05	5,00	8,59	8,07	-	3,68	4,87
ΔH _{melt} (J/g)	7,86	-	0,30	0,47	1,73	2,61	2,07	-	0,34	0,78
Frakcija 3										
T _{onset} (°C)	41,54	37,76	36,88	41,73	41,77	41,91	40,14	37,44	41,25	41,11
T _{end} (°C)	46,30	46,34	45,98	47,29	47,47	46,23	45,80	46,51	46,09	46,09
T _{peak} (°C)	43,52	42,51	42,82	44,01	44,40	43,69	43,38	42,30	43,68	43,75
T _{index} (°C)	4,76	8,58	9,1	5,56	5,70	4,32	5,66	9,07	4,84	4,98
ΔH _{melt} (J/g)	1,06	7,56	3,80	0,42	0,49	0,70	1,66	9,44	1,31	1,06

3.2. KARAKTERISTIKE MASNE FAZE MAZIVOG KAKAO-KREM PROIZVODA SA DODATKOM LECITINA RAZLIČITOG POREKLA

3.2.1. Sadržaj čvrstih triglicerida (SFC) masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla

Na Slici 21 prikazan je uticaj dodatka suncokretovog ulja na SFC masne faze mazivog kakao-krem proizvoda, odnosno uporedni prikaz SFC non trans masti i mešavine non trans masti i suncokretovog ulja, sa dodatkom različitih koncentracija lecitina iz soje, suncokreta i uljane repice na temperaturama 20, 25, 30, 35 i 40°C.

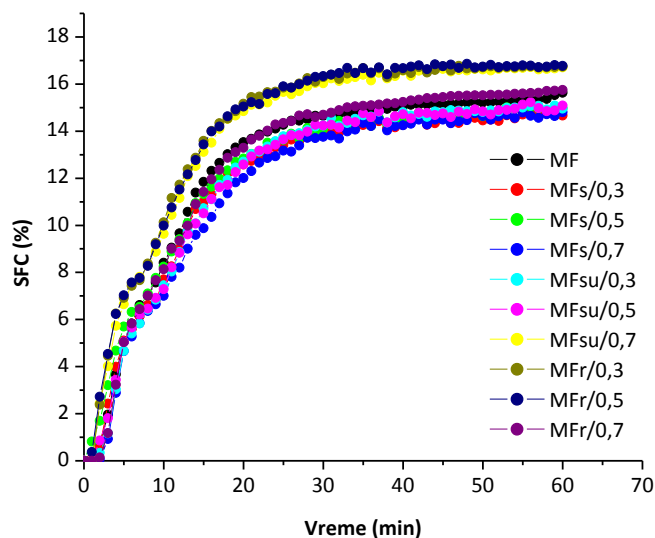


Slika 21. Sadržaj čvrstih triglicerida: a) namenske biljne masti i b) masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla u funkciji temperature

Dodatak suncokretovog ulja u namensku mast uzrokuje smanjenje SFC na svim ispitivanim temperaturama, na 20°C za čak oko 35% u odnosu na non trans mast. Povećavanjem temperature razlika u SFC non trans masti i mešavine masti i ulja se smanjuje. Dodatak lecitina različitog porekla nema značajan uticaj na promenu sadržaja čvrstih triglicerida mešavine masti i ulja, na svim ispitivanim temperaturama. Na 20°C SFC kod svih uzoraka je najveći i iznosi oko 21%, dok sa postepenim povećanjem temperature opada i na 40°C iznosi oko 1,5%.

Na Slici 24 je prikazana promena SFC masne faze tokom vremena u izotermnim uslovima na 20°C, dok su parametri Gompertz-ovog modela (a , μ , λ i R^2) prikazani u Tabeli 21. Uzorci masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom sojinog lecitina imaju najmanji sadržaj formirane čvrste faze i najmanju brzinu kristalizacije u odnosu na ostale uzorke, što ukazuje na najbolju mazivost. Uzorci masne faze sa dodatkom 0,3 i 0,5% lecitina iz uljane repice imaju najveću brzinu kristalizacije uz formiranje najveće količine čvrste faze. Parametar λ ima vrednosti od 0 do 0,74 što ukazuje na veoma nizak indukcion period i

veoma brzo formiranje kristalizacionih centara. Kao i kod uzoraka masti sa lecitinima, postoji jaka zavisnost između parametara, što potvrđuje koeficijent determinacije čija je vrednost 0,99 kod svih uzoraka.



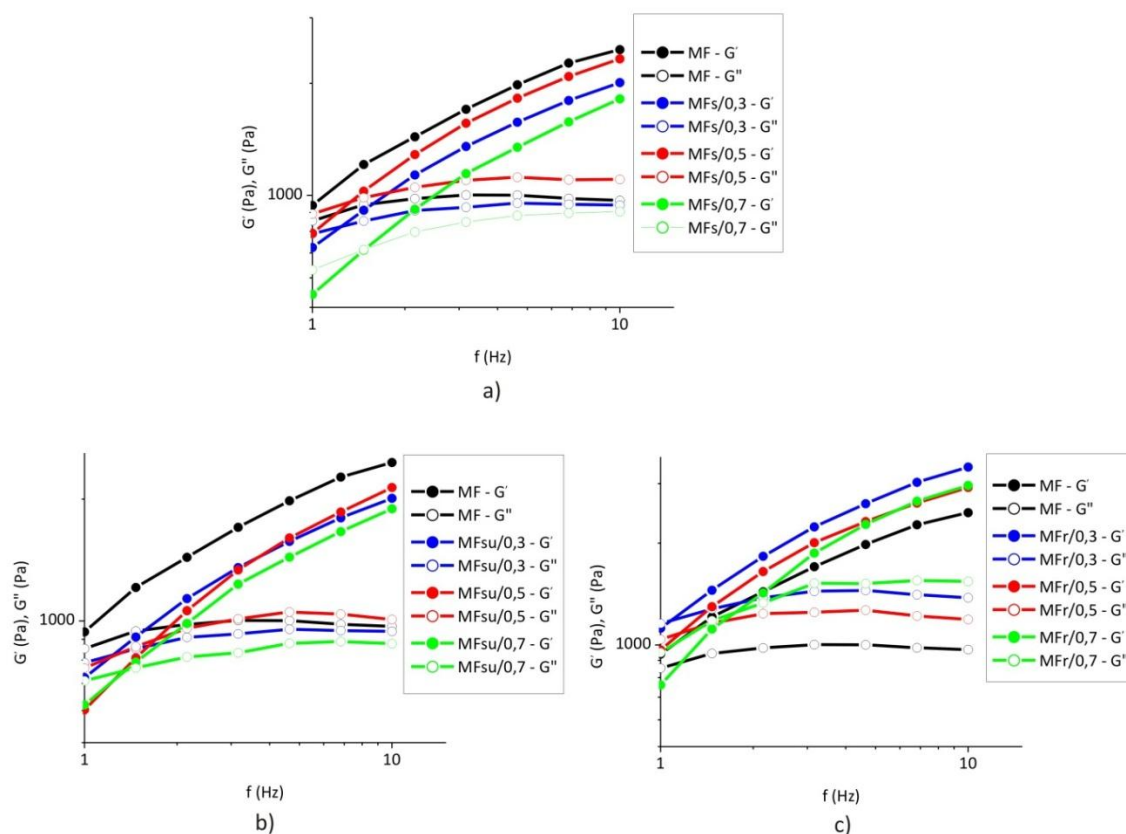
Slika 22. Promena sadržaja čvrstih triglicerida masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla u funkciji vremena

Tabela 21. Parametri Gompertz-ovog matematičkog modela

Uzorak	a (%)	μ (%/min)	λ (min)	R ²
MF	15,14	0,92	0,57	0,99
MFs/0,3	14,44	0,81	0,12	0,99
MFs/0,5	14,70	0,79	0	0,99
MFs/0,7	14,50	0,74	0,45	0,99
MFsu/0,3	14,83	0,83	0,74	0,99
MFsu/0,5	14,83	0,78	0,11	0,99
MFsu/0,7	16,52	0,96	0	0,99
MFr/0,3	16,61	1,01	0	0,99
MFr/0,5	16,71	0,97	0	0,99
MFr/0,7	15,40	0,89	0	0,99

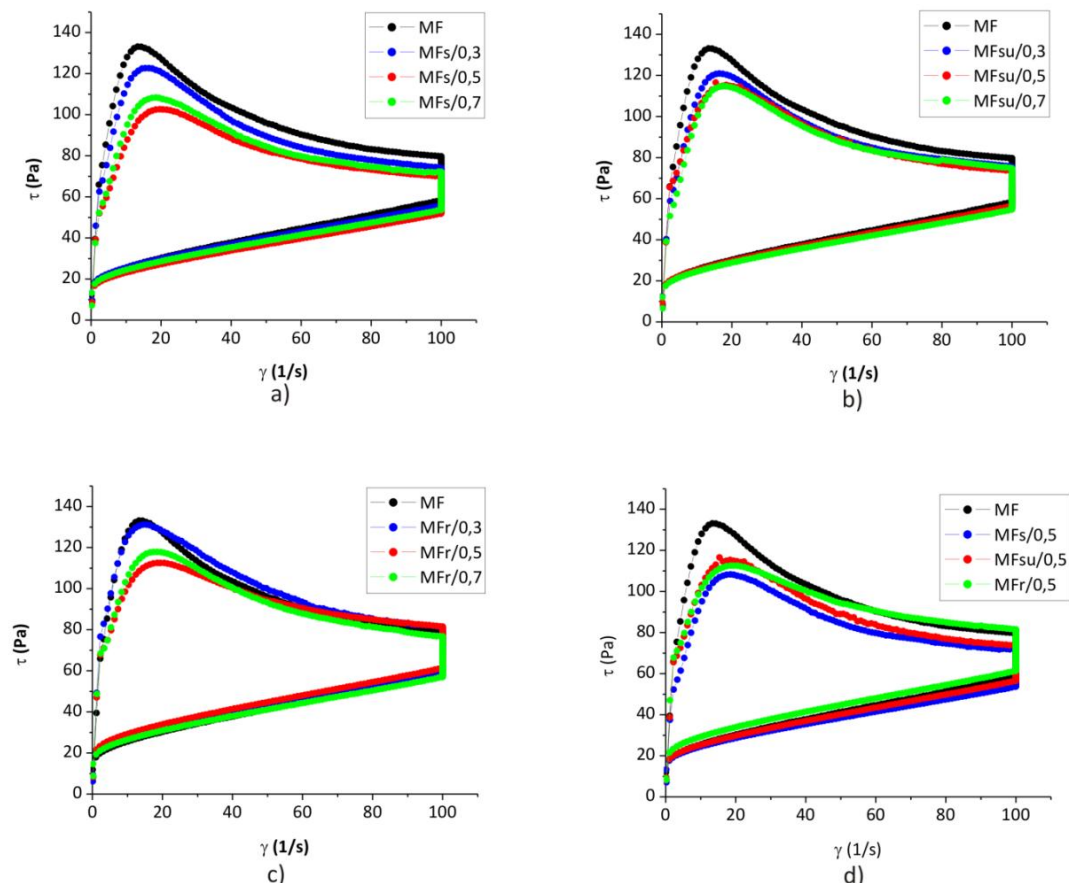
3.2.2. Reološke karakteristike masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla

Na Slici 23 prikazana su dinamička oscilatorna merenja masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina iz soje, suncokreta i uljane repice. Pri malim ugaonim brzinama kod svih uzoraka izraženiji je viskozni (G'') moduo, nakon čega se pri većim ugaonim brzinama krive ukrštaju, posle čega je elastični moduo (G') dominantniji u odnosu na viskozni (G''). U Tabeli 22 prikazane su vrednosti odnosa elastičnog (G') i viskoznog modula (G''), čije se vrednosti kod svih uzoraka statistički značajno ne razlikuju na nivou značajnosti od 0,05. Kao i kod uzoraka non trans masti sa lecitinima, odnos viskoznog i elastičnog modula kod svih uzoraka je manji od jedinice, što ukazuje na doprinos elastične komponente viskoelastičnim osobinama uzoraka. Međutim, dodatak ulja smanjuje odnos viskozne i elastične komponente te mešavina masti i ulja ima izraženije elastične osobine u odnosu na non trans mast.



Slika 23. Promene modula viskoznosti i elastičnosti masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom: a) sojinog, b) suncokretovog i c) repičinog lecitina

Svi uzorci masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa lecitinima različitog porekla pokazuju tiksotropno poticanje (Slika 24), kao i uzorci non trans masti bez dodatka ulja. Reološki parametri ispitivanih uzoraka dati su u Tabeli 22.



Slika 24. Krive proticanja uzoraka masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom: a) sojinog; b) suncokretovog; c) repičinog lecitina; d) 0,5% lecitina različitog porekla

Tabela 21. Reološki parametri pri dinamičkom oscilatornom i stacionarnom merenju

Uzorak	$\tan \delta = G'' / G'$	Prinosni napon (Pa)	Površina tiksotropne petlje (Pa/s)	Srednja vrednost viskoziteta (Pas)
MF	0,61±0,22	8,25±0,59 ^{a,c}	5696±15,01 ^f	0,67±0,04 ^a
MFs/0,3	0,73±0,15	9,51±0,45 ^{a,b}	5149±13,20 ^c	0,62±0,03 ^{a,b}
MFs/0,5	0,76±0,11	7,23±0,71 ^c	4493±5,68 ^c	0,61±0,04 ^{a,b}
MFs/0,7	0,76±0,10	8,77±0,30 ^{a,b}	4611±12,60 ^d	0,59±0,05 ^{a,b}
MFsu/0,3	0,62±0,17	9,52±1,17 ^{a,b}	5204±16,05 ^b	0,63±0,02 ^a
MFsu/0,5	0,58±0,23	9,33±1,05 ^{a,b}	4922±13,06 ^a	0,62±0,02 ^b
MFsu/0,7	0,81±0,15	9,87±1,17 ^b	6437±18,53 ^h	0,67±0,04 ^a
MFr/0,3	0,67±0,21	7,15±0,76 ^c	5738±26,12 ^g	0,68±0,01 ^a
MFr/0,5	0,88±0,11	8,21±0,82 ^{a,c}	4899±8,33 ^a	0,69±0,03 ^a
MFr/0,7	0,83±0,13	8,60±0,56 ^{a,b,c}	5198±17,23 ^b	0,64±0,05 ^a

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

Vrednosti u svakoj koloni označene različitim slovima u superskriptu se statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$)

Osim razlike u površinama tiksotropnih petlji, čije su se vrednosti prepolovile, uzorci masne faze mazivog kakao-krem proizvoda pokazuju slične karakteristike kao i uzorci masti sa dodatim lecitinima. Naime, uzorak mešavine masti i suncokretovog ulja sa dodatkom 0,5% sojinog lecitina ima najmanju površinu tiksotropne petlje (4493 Pa/s), odnosno najbolju homogenost i mazivost u odnosu na ostale uzorke. Sa povećanjem koncentracije sve tri vrste lecitina sa 0,5 na 0,7% površina tiksotropne petlje se povećava, odnosno dolazi do povećanja složenosti sistema. Vrednosti prinosnih napona su takođe znatno niže u poređenju sa uzorcima namenske masti sa dodatkom lecitina, a vrednosti viskoziteta na maksimalnoj brzini smicanja smanjile su se za oko sedam puta kod svih uzoraka.

3.2.3. Teksturalne osobine masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla

U Tabeli 22 prikazani su teksturalni parametri mešavine namenske non trans masti i suncokretovog ulja sa dodatkom lecitina različitog porekla.

Tabela 22. Teksturalne karakteristike masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina iz soje, suncokreta i uljane reoice

Uzorak	Čvrstoća (g)	Rad smicanja (g sec)
M	1422,21±23,75 ^d	1609,20±20,21 ^d
Ms/0,3	1011,32±35,89 ^a	1102,24±35,15 ^a
Ms/0,5	1044±20,23 ^a	1155,30±31,21 ^a
Ms/0,7	1017±87,15 ^a	1142,14±81,11 ^a
Msu/0,3	1320,65±32,37 ^c	1491,36±42,36 ^c
Msu/0,5	1032,53±42,56 ^a	1149,17±32,10 ^a
Msu/0,7	1321,11±17,41 ^c	1520,41±25,45 ^c
Mr/0,3	1161,62±40,74 ^b	1272,50±98,05 ^b
Mr/0,5	1081,60±46,11 ^{a,b}	1289,44±54,24 ^b
Mr/0,7	1018,32±80,36 ^a	1121,31±91,14 ^a

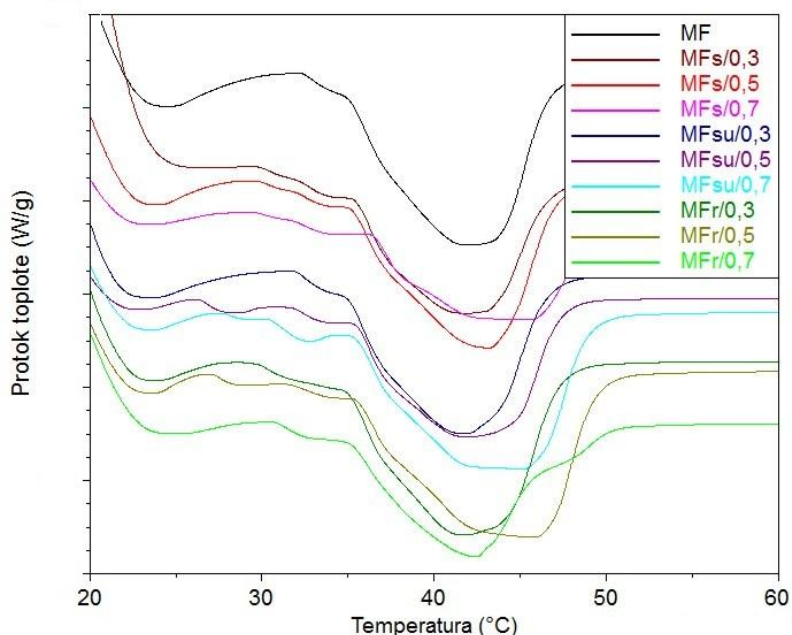
Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

Vrednosti u svakoj koloni označene različitim slovima u superskriptu se statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$)

Vrednosti čvrstoće i rada smicanja uzoraka masne faze mazivog kakao-krem proizvoda smanjile su se za oko 5000 jedinica u odnosu na uzorke masti sa dodatkom lecitina, odnosno, za više od tri puta, što ukazuje na poboljšanu mazivost. Uzorak masne faze bez dodatka lecitina ima najveću čvrstoću (1422 g) i rad smicanja (1609 g sec), koji se statistički značajno razlikuju na nivou značajnosti 0,05 u odnosu na ostale uzorke. Najmanju čvrstoću i rad smicanja imaju uzorci masne faze sa dodatkom sojinog lecitina, čije se međusobne vrednosti statistički značajno ne razlikuju. Dodatak 0,5% suncokretovog lecitina utiče na dobijanje sistema sa vrednostima teksturalnih parametara koje se statistički značajno ne razlikuju od vrednosti uzoraka sa dodatkom sojinog lecitina, kao i uzorka sa dodatkom 0,7% repičinog lecitina. S druge strane, dodatak minimalne i maksimalne koncentracije ovog lecitina u masnu fazu mazivog kakao-krem proizvoda daje uzorke sa vrednostima čvrstoće i rada smicanja koje su veće i statistički se značajno razlikuju u odnosu na uzorke sa dodatkom sojinog i repičinog lecitina.

3.2.4. Toplotne karakteristika masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla

Dodatak suncokretovog ulja u non trans mast znatno smanjuje prisustvo frakcije 1 i 2, koje su veoma slabo uočljive te se mogu zanemariti (Slika 25). S druge strane, dodatak ulja utiče na dominaciju frakcije 3, čije se temperature topljenja ne razlikuju mnogo od uzoraka non trans masti sa dodatkom lecitina, i kreću se u intervalu od 42,01 do 45,94°C (Tabela 24).



Slika 25. Krive topljenja ispitivanih uzoraka masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina iz soje, suncokreta i uljane repice

Tabela 24. Toplotne osobine uzoraka masne faze sa dodatkom lecitina različitog porekla

	MF	MFs/ 0,3	MFs/ 0,5	MFs/ 0,7	MFsu/ 0,3	MFsu/ 0,5	MFsu/ 0,7	MFr/ 0,3	MFr/ 0,5	MFr/ 0,7
$T_{\text{onset}} (^{\circ}\text{C})$	35,19	35,52	35,27	36,54	35,17	35,55	35,53	35,15	35,61	35,25
$T_{\text{end}} (^{\circ}\text{C})$	49,80	48,75	49,17	50,84	48,32	49,59	51,27	49,16	50,97	51,42
$T_{\text{peak}} (^{\circ}\text{C})$	42,56	42,28	43,26	45,67	42,01	42,46	45,22	41,98	45,94	42,49
$T_{\text{index}} (^{\circ}\text{C})$	14,61	13,23	13,90	14,30	13,15	14,04	15,74	14,01	15,36	16,17
$\Delta H_{\text{melt}} (\text{J/g})$	15,57	12,09	14,97	11,00	13,98	13,33	16,52	17,55	18,40	18,40

Dodatak različitih koncentracija lecitina različitog porekla nema uticaja na temperaturu početka topljenja masne faze mazivog kakao-krem proizvoda, koja iznosi oko 35°C za sve uzorke. Međutim, sa povećanjem koncentracije lecitina različitog porekla tačka topljenja i interval topljenja imaju tendenciju porasta (izuzetak je tačka topljenja uzorka MFr/0,7). Uzorci masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom repičinog lecitina imaju najveću entalpiju topljenja u odnosu na ostale uzorke, odnosno najveću energiju potrebnu za topljenje.

3.3. KARAKTERISTIKE MAZIVOG KAKAO-KREM PROIZVODA SA DODATKOM LECITINA RAZLIČITOG POREKLA

3.3.1. Hemijski sastav mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla

U Tabeli 25 prikazan je prosečan hemijski sastav mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom sojinog, suncokretovog i repičinog lecitina. Dodatak lecitina ne utiče na osnovni hemijski sastav gotovog proizvoda.

Tabela 25. Hemijski sastav mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina iz soje, suncokreta i uljane repice

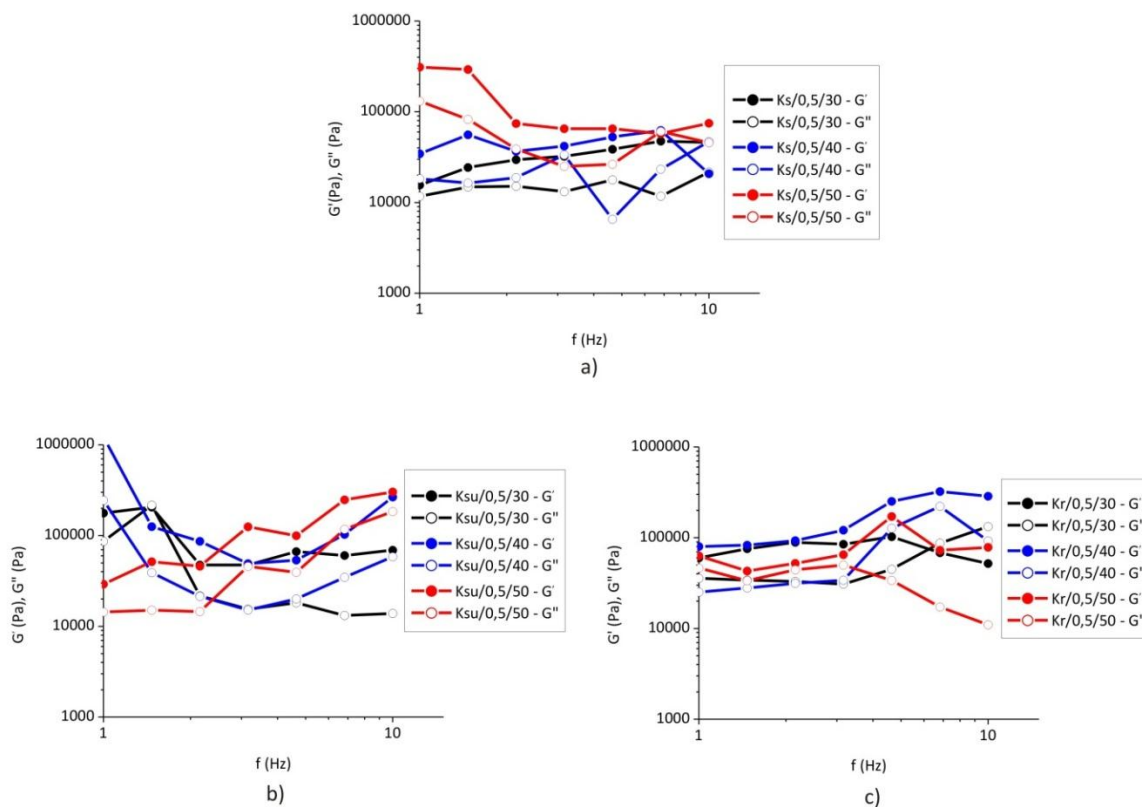
Hemijski parametar	Princip određivanja	(%/sm)
Proteini	Metoda po Kjeldahl-u	3,58±0,28
Skrob	Polarimetrijski	1,04±0,05
Ukupna mast	Metoda po Soxhlet-u	29,57±0,68
Saharoza	Polarimetrijski	49,63,±1,25
Laktoza	Metoda po Luff-Schoorl-u	9,77±0,22
Kakao delovi	Spektrofotometrijski	6,41±0,37
Vlaga (%)	Termogravimetrijski	0,59±0,04
Energetska vrednost	Računski	
(Kcal/100g)		530,22
(KJ/100g)		2219,50

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

Hemijski sastav mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla u potpunosti ispunjava uslove definisane Pravilnikom o kvalitetu i drugim zahtevima za kakao-proizvode, čokoladne proizvode, proizvode slične čokoladnim i krem-proizvode (Službeni list SCG, br. 1/2005, 2005), u kojem se navodi da kakao-krem proizvod mora da sadrži: najmanje 5% suvih nemasnih kakao-delova; najmanje 5% bezmasne suve materije mleka i najmanje 25% ukupne masti, računato na gotov proizvod.

3.3.2. Reološke karakteristike mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla

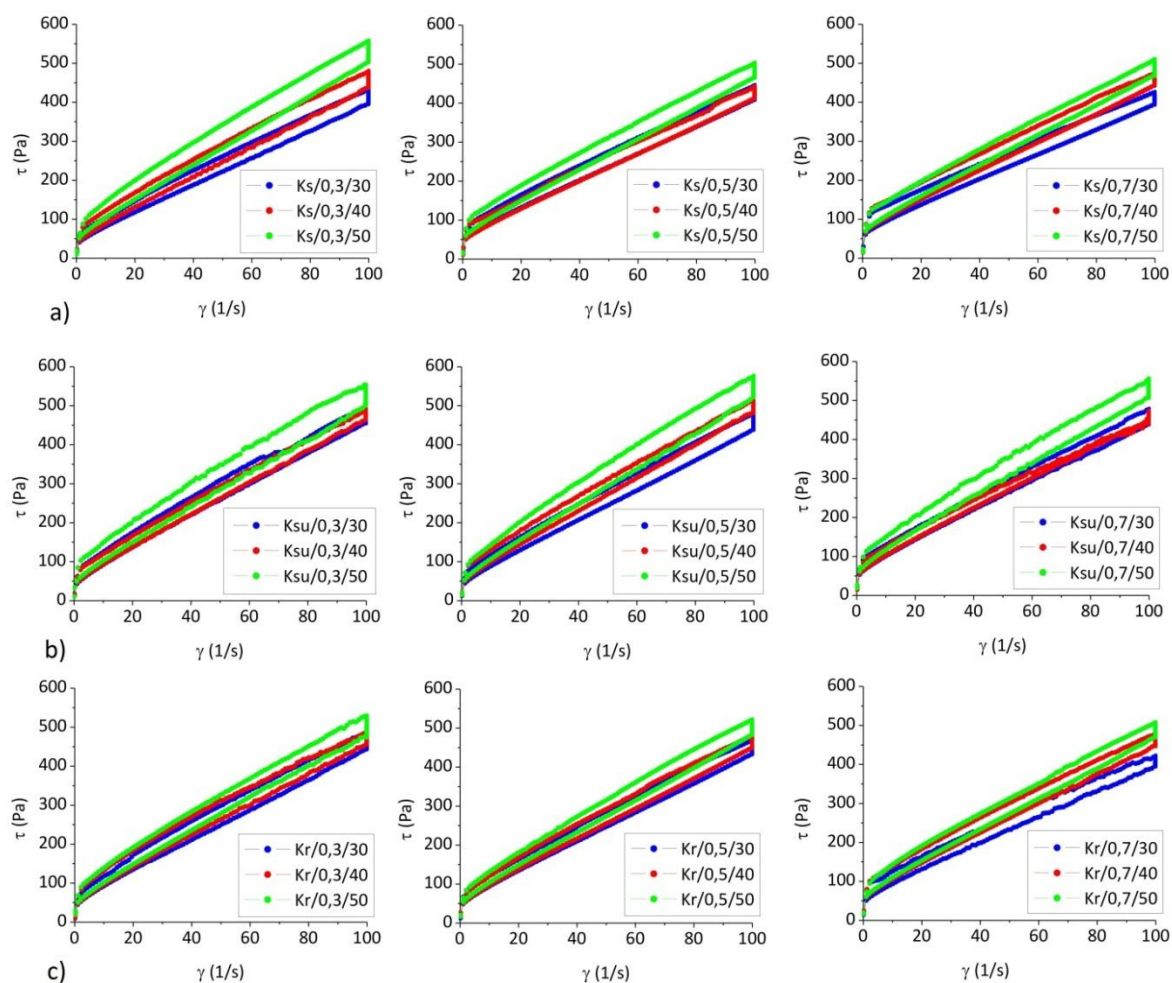
Dinamička oscilatorna merenja u linearnom viskoelastičnom režimu (Slika 26) pokazala su dominaciju modula elastičnosti (G') pri svim ugaonim brzinama. U Tabeli 26 prikazane su vrednosti odnosa viskoznog (G'') i elastičnog (G') modula, koji je kod svih uzoraka je manji od jedinice. Pri pojedinim koncentracijama svih lecitina vrednost $\tan \delta$ se uglavnom povećava sa povećanjem vrednosti viskoziteta po Casson-u, sa izuzetkom kod uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom 0,5% suncokretovog i repičinog lecitina.



Slika 26. Promene modula viskoznosti i elastičnosti mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom 0,5%: a) sojinog; b) suncokretovog i c) repičinog lecitina

Na Slici 27 prikazane su tiksotropne petlje uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom različitih koncentracija lecitina različitog porekla pri vremenu mlevenja 30, 40 i 50 minuta. Površine tiksotropnih petlji uglavnom su najveće kod uzoraka sa dodatkom 0,3% svih lecitina što ukazuje na najveću složenost i najmanju homogenost sistema.

Reološki parametri uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla prikazani su u Tabeli 26. Za sve uzorke je karakteristično da produžavanje vremena mlevenja dovodi do većeg stepena usitnjenosti čvrstih čestica, što uslovljava gušće pakovanje čestica i veću količinu lecitina koja je neophodna za oblaganje čestica, pri čemu koncentracija lecitina od 0,3% nije dovoljna. Naime, uzorci sa dodatkom minimalne koncentracije svih lecitina uglavnom imaju najveće vrednosti tiksotropnih petlji pri maksimalnom vremenu mlevenja.



Slika 27. Tikotropne petlje uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom različitih koncentracija: a) sojinog, b) suncokretovog i c) repičinog lecitina pri različitom vremenu mlevenja

Povećavanje koncentracije lecitina sa 0,3% na 0,7% utiče na povećanje vrednosti prinosnog napona po Casson-u, budući da veća količina dodatog lecitina utiče na bolje emulgovanje čvrstih čestica, što rezultira smanjenju udela slobodne masne faze i boljoj homogenosti sistema. S druge strane, uzorci sa najvećim vrednostima prinosnog napona imaju najmanji viskozitet po Casson-u, odnosno povećanje koncentracije svih lecitina utiče na smanjenje viskoziteta. Povećanje vremena mlevenja pri pojedinim koncentracijama lecitina utiče na povećavanje vrednosti srednjeg viskoziteta na maksimalnoj brzini smicanja, kao i viskoziteta po Casson-u, kod svih uzoraka. Evidentno je da su promene vrednosti površina tikotropnih petlji, pri pojedinačnim koncentracijama sva tri lecitina, u korelaciji sa promenama vrednosti prinosnih napona, a u većini slučajeva i sa viskozitetom.

Tabela 26. Reološki parametri uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda pri dinamičkom oscilatornom i stacionarnom merenju

Uzorak	$\tan \delta = G''/G'$	Površina tiksotropne petlje (Pa/s)	Viskozitet na max brzini smicanja (Pas)	Prinosni napon po Casson-u (Pa)	Viskozitet po Casson-u (Pas)
Ks/0,3/30	0,45±0,19 ^{a,b,c,d,e}	3756±14,24 ^{a,b,c}	4,10±0,04 ^a	26,82±0,97 ^a	2,44±0,11 ^{h,i,j,k}
Ks/0,3/40	0,33±0,16 ^{a,b}	4678±17,36 ^{b,c,d,e,f}	4,54±0,04 ^{d,e}	34,27±0,77 ^{c,d}	2,57±0,09 ^{g,h,i,j}
Ks/0,3/50	0,53±0,27 ^{a,b,c,d,e,f}	5852±20,21 ^{f,g,h}	5,23±0,06 ^k	41,89±1,41 ^h	2,93±0,07 ⁿ
Ks/0,5/30	0,45±0,21 ^{a,b,c,d,e}	3871±21,53 ^{a,b,c}	4,24±0,05 ^b	38,99±0,84 ^f	2,18±0,12 ^c
Ks/0,5/40	0,54±0,18 ^{a,b,c,d,e,f,g}	3109±23,14 ^{a,b}	4,25±0,06 ^b	34,40±0,91 ^{c,d}	2,24±0,04 ^{c,d,e}
Ks/0,5/50	0,62±0,28 ^{b,c,d,e,f,g}	4378±19,23 ^{b,c,d}	4,83±0,04 ⁱ	46,39±1,23 ^{j,k}	2,41±0,10 ^{e,f,g}
Ks/0,7/30	0,54±0,26 ^{a,b,c,d,e,f,g}	3838±12,36 ^{b,c,d}	4,08±0,06 ^a	55,37±1,05 ^l	1,70±0,06 ^a
Ks/0,7/40	0,62±0,14 ^{b,c,d,e,f,g}	4425±29,25 ^{b,c,d,e}	4,57±0,08 ^{d,e,f}	59,14±1,34 ^m	1,96±0,07 ^b
Ks/0,7/50	0,74±0,19 ^{e,f,g}	4266±20,36 ^{b,c,d,e}	4,84±0,02 ⁱ	53,89±1,41 ^l	2,26±0,06 ^{c,d,e}
Ksu/0,3/30	0,50±0,10 ^{a,b,c,d,e,f}	4537±19,23 ^{b,c,d}	4,71±0,05 ^h	36,62±0,67 ^e	2,62±0,11 ^{d,e,f}
Ksu/0,3/40	0,53±0,14 ^{a,b,c,d,e,f}	3261±24,10 ^{b,c,d,e,f}	4,82±0,05 ⁱ	31,18±0,57 ^b	2,70±0,07 ^{j,k,l}
Ksu/0,3/50	0,62±0,13 ^{b,c,d,e,f,g}	7483±12,36 ^h	5,23±0,08 ^k	45,22±0,76 ^{i,j}	2,86±0,13 ^{l,m,n}
Ksu/0,5/30	0,57±0,08 ^{b,c,d,e,f,g}	4319±23,23 ^{b,c,d,e}	4,56±0,08 ^{d,e,f}	29,75±0,41 ^b	2,69±0,12 ^{j,k,l}
Ksu/0,5/40	0,23±0,06 ^a	4276±21,23 ^{c,d,e,f,g}	4,97±0,04 ⁱ	35,80±0,87 ^{d,e}	2,76±0,13 ^{k,l,m,n}
Ksu/0,5/50	0,48±0,10 ^{a,b,c,d,e,f}	6061±16,30 ^{g,h}	5,42±0,06 ^l	39,58±0,85 ^{f,g}	3,14±0,11 ^o
Ksu/0,7/30	0,52±0,08 ^{a,b,c,d,e,f}	3606±14,50 ^{a,b,c}	4,55±0,04 ^{d,e}	38,60±0,97 ^f	2,40±0,10 ^{d,e,f,g}
Ksu/0,7/40	0,75±0,09 ^{e,f,g}	2733±18,25 ^a	4,44±0,05 ^c	36,05±0,67 ^{d,e}	2,20±0,07 ^c
Ksu/0,7/50	0,79±0,09 ^{f,g}	5521±23,08 ^{e,f,g,h}	5,24±0,03 ^k	46,69±1,09 ^{j,k}	2,78±0,11 ^{k,l,m,n}
Kr/0,3/30	0,42±0,12 ^{a,b,c,d}	4770±22,36 ^{b,c,d,e,f}	4,63±0,03 ^{e,f,g,h}	32,89±1,11 ^c	2,67±0,14 ^{i,j,k}
Kr/0,3/40	0,71±0,05 ^{d,f,g}	4677±11,23 ^{b,c,d,e,f}	4,67±0,05 ^{g,h}	43,98±1,03 ⁱ	2,39±0,06 ^{d,e,f}
Kr/0,3/50	0,85±0,13 ^g	5145±12,25 ^{d,e,f,g}	4,96±0,04 ^j	41,16±0,96 ^{g,h}	2,75±0,08 ^{j,k,l,m}
Kr/0,5/30	0,75±0,06 ^{e,f,g}	3944±12,36 ^{a,b,c,d}	4,49±0,04 ^{c,d}	34,31±0,68 ^{c,d}	2,52±0,09 ^{f,g,h,i}
Kr/0,5/40	0,45±0,18 ^{a,b,c,d,e}	3631±16,26 ^{a,b,c}	4,65±0,06 ^{f,g,h}	31,04±1,04 ^b	2,62±0,07 ^{h,i,j,k}
Kr/0,5/50	0,38±0,20 ^{a,b,c}	4189±18,80 ^{b,c,d,e}	4,97±0,05 ^j	34,32±0,98 ^{c,d}	2,89±0,06 ^{m,n}
Kr/0,7/30	0,39±0,09 ^{a,b,c}	4324±23,38 ^{a,b,c,d}	4,04±0,06 ^a	44,22±0,78 ⁱ	1,92±0,08 ^b
Kr/0,7/40	0,50±0,22 ^{a,b,c,d,e,f}	3974±22,26 ^c	4,60±0,04 ^{e,f,g}	47,36±0,61 ^k	2,23±0,10 ^{c,d}
Kr/0,7/50	0,65±0,13 ^{c,d,e,f,g}	4199±19,32 ^{b,c,d}	4,85±0,02 ⁱ	45,34±0,88 ^j	2,46±0,08 ^{k,l,m,n}

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

Vrednosti u svakoj koloni označene različitim slovima u superskriptu se statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$)

3.3.2.1. Uticaj sojinog lecitina na reološke osobine mazivog kakao-krem proizvoda

Pri koncentraciji dodatog sojinog lecitina od 0,3% produžavanje vremena mlevenja dovodi do povećanja vrednosti prinosnog napona, površine tiksotropne petlje, kao i viskoziteta. To potvrđuje i površina tiksotropne petlje uzorka K/0,3/50 koja ima najveću vrednost (5852 Pa/s) u odnosu na ostale uzorke sa dodatkom sojinog lecitina i ukazuje na nehomogenost sistema, slepljivanje i trenje između čestica.

Najhomogeniju strukturu i složenost sistema u odnosu na ostale uzorke sa dodatkom sojinog lecitina, odnosno najmanju vrednost površine tiksotropne petlje (3109 Pa/s), ima uzorak mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom 0,5% sojinog lecitina i vremenom zadržavanja od 40 minuta u kugličnom mlinu. Ovaj uzorak ima i nižu vrednost prinosnog

napona u odnosu na uzorke sa dodatkom iste koncentracije sojinog lecitina, sa vremenom mlevenja 30 i 50 minuta.

Rezultati reoloških parametara ukazuju da dodatak 0,7% sojinog lecitina ne dovodi do povećanja složenosti sistema i formiranja lamela, budući da se vrednosti viskoziteta na maksimalnoj brzini smicanja i viskoziteta po Casson-u ne povećavaju u odnosu na uzorke sa dodatkom 0,3 i 0,5% sojinog lecitina.

3.3.2.2. Uticaj suncokretovog lecitina na reološke osobine mazivog kakao-krem proizvoda

Dodatak 0,5% suncokretovog lecitina je dovoljan kako bi se sve čestice obložile fosfolipidima, pri čemu uzorak sa vremenom mlevenja od 40 minuta ima najnižu vrednost površine tiksotropne petlje i odgovarajuće vrednosti prinosnog napona i viskoziteta po Casson-u u odnosu na uzorke sa dodatkom 0,5% suncokretovog lecitina i vremenom mlevenja od 30 i 50 minuta u kugličnom mlinu. Međutim, dodatak 0,7% suncokretovog lecitina utiče na smanjenje vrednosti svih reoloških parametara. Uzorak sa maksimalnom količinom dodatog lecitina, Ksu/0,7/40, ima najmanju površinu tiksotropne petlje (2733 Pa/s) i najmanju vrednost viskoziteta po Casson-u (2,20 Pas) u odnosu na ostale uzorke sa dodatkom suncokretovog lecitina.

Iako produžavanje vremena mlevenja uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom suncokretovog lecitina dovodi do porasta vrednosti prinosnog napona i neznatnog povećanja vrednosti srednjeg viskoziteta pri maksimalnoj brzini smicanja i viskoziteta po Casson-u, pri svim ispitivanim koncentracijama, površina tiksotropne petlje je najmanja pri vremenu mlevenja od 40 minuta i znatno se povećava pri vremenu mlevenja od 50 minuta.

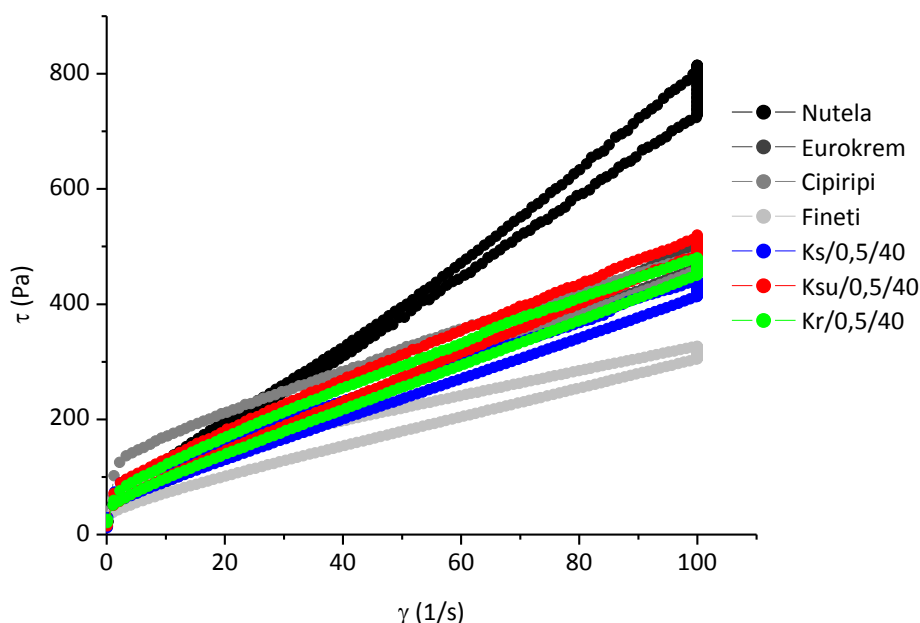
3.3.2.3. Uticaj repičinog lecitina na reološke osobine mazivog kakao-krem proizvoda

Uzorci mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom repičinog lecitina pokazuju veoma slične reološke karakteristike kao uzorci sa dodatkom sojinog lecitina. Najhomogeniju strukturu i složenost sistema ima uzorak mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom 0,5% repičinog lecitina i vremenom zadržavanja od 40 minuta u kugličnom mlinu, što se manifestuje najmanjom površinom tiksotropne petlje (3631 Pa/s) i najnižom vrednošću prinosnog napona po Casson-u (31,04 Pa) u odnosu na ostale uzorke sa dodatkom repičinog lecitina.

Dodatak maksimalne koncentracije repičinog lecitina utiče na smanjenje vrednosti srednjeg viskoziteta na maksimalnoj brzini smicanja i viskoziteta po Casson-u, ali, s druge strane, povećava vrednosti površine tiksotropne petlje i prinosnog napona, u odnosu na uzorke sa dodatkom 0,5% ovog lecitina.

3.3.2.4. Poređenje reoloških karakteristika komercijalnih kakao-krem proizvoda i uzoraka kakao-krem proizvoda sa dodatkom 0,5% lecitina različitog porekla

Na Slici 28 prikazane su tiksotropne petlje komercijalnih kakao-krem proizvoda i uzoraka kakao-krem proizvoda sa dodatkom 0,5% lecitina iz soje, suncokreta i uljane repice, pri vremenu zadržavanja 40 minuta u kugličnom mlinu, dok su u Tabeli 27 prikazani reološki parametri pomenutih mazivih kakao-krem proizvoda.



Slika 28. Tiksotropne petlje komercijalnih kakao-krem proizvoda i uzoraka kakao-krem proizvoda Ks/0,5/40, Ksu/0,5/40 i Kr/0,5/40

Tabela 27. Reološki parametri komercijalnih kakao-krem proizvoda i uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom 0,5% lecitina različitog porekla

Uzorak	Površina tiksotropne petlje (Pa/s)	Viskozitet na max brzini smicanja (Pas)	Prinosni napon po Casson-u (Pa)	Viskozitet po Casson-u (Pas)
Nutela	3715±19,36	9,97±0,09	4,35±0,21	6,66±0,09
Eurokrem	1123±15,42	4,85±0,06	6,91±0,32	3,81±0,06
Cipiripi	5175±28,60	4,70±0,07	72,27±0,44	1,80±0,07
Fineti	3887±21,20	3,13±0,06	52,26±0,37	1,16±0,03
Ks/0,5/40	3109±23,32	4,25±0,02	34,40±0,91	2,24±0,04
Ksu/0,5/40	4276±21,52	4,97±0,04	35,80±0,87	2,76±0,03
Kr/0,5/50	3631±16,24	4,65±0,06	31,04±1,04	2,62±0,04

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

Komercijalni mazivi krem proizvodi pokazuju tiksotropno proticanje koje je veoma slično proticanju uzoraka sa dodatkom lecitina različitog porekla. Izuzetak je inostrani

proizvod "Nutela" koja pokazuje dilatantno proticanje sa najmanjim prinosnim naponom po Casson-u (4,35 Pa) i znatno većim viskozitetom pri maksimalnoj brzini smicanja (9,97 Pas), kao i viskozitetom po Casson-u (6,66 Pas) u odnosu na ostale uzorke. S druge strane, "Eurokrem" ima najmanju vrednost tiksotropne petlje od svih uzoraka (1123 Pa/s) i veoma mali prinosni napon (3,81 Pas), dok je vrednost viskoziteta veća u odnosu na uzorke Ks/0,5/40, Ksu/0,5/40 i Kr/0,5/40. "Cipiripi" i "Fineti" imaju veće prinosne napone (72,27 i 52,26 Pa) u poređenju sa pomenutim uzorcima i ostalim komercijalnim krem proizvodima. "Cipiripi" ima najveću vrednost tiksotropne petlje (5175 Pa/s) od svih uzoraka, ali veoma mali viskozitet na maksimalnoj brzini smicanja (4,70 Pas), kao i viskozitet po Casson-u (1,80 Pas), čije su vrednosti najmanje kod "Fineti" proizvoda (3,13 Pas i 1,16 Pas).

3.3.2.5. Statistički uticaj nezavisnih promenljivih na reološke parametre uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla

Analizom varijanse i Duncan-ovim testom ispitan je statistički uticaj vrste lecitina (L), koncentracije lecitina (C), vremena mlevenja (VM), kao i kombinacije ovih nezavisno promenljivih na promenu vrednosti reoloških parametara uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina iz soje, suncokreta i uljane repice na nivou značajnosti 0,05 (Tabela 28).

Tabela 28. Statistički uticaj nezavisno promenljivih na reološke parametre

Nezavisno promenjive	p - vrednost				
	$\tan \delta = G''/G'$	Površina tiksotropne petlje (Pa/s)	Viskozitet na max brzini smicanja (Pas)	Prinosni napon po Casson-u (Pa)	Viskozitet po Casson-u (Pas)
L	0,769204 ^{ns}	0,040139*	0,000000*	0,000000*	0,000000*
C	0,040045*	0,000152*	0,000000*	0,000000*	0,000000*
VM	0,013673*	0,000000*	0,000000*	0,000000*	0,000000*
L x C	0,005818*	0,007488*	0,000000*	0,000000*	0,000000*
L x VM	0,960241 ^{ns}	0,001002*	0,000000*	0,000000*	0,045037*
C x VM	0,008784*	0,269583 ^{ns}	0,003472*	0,000000*	0,010897*
L x C x VM	0,031166*	0,391820 ^{ns}	0,000000*	0,000000*	0,000015*

* Nezavisno promenjiva/kombinacija nezavisno promenljivih statistički značajno utiče na dati reološki parametar na nivou značajnosti od 0,05 ($p < 0,05$)

^{ns} - nezavisno promenjiva/kombinacija nezavisno promenljivih statistički značajno ne utiče na dati reološki parametar na nivou značajnosti od 0,05 ($p < 0,05$)

Vrsta lecitina, kao i međusobni uticaj vrste lecitina i vremena mlevenja, statistički značajno ne utiču na promenu viskoelastičnih osobina uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla. Sve nezavisno promenjive i njihova kombinacija statistički značajno utiču na promenu vrednosti viskoziteta i prinosnog napona po Casson-u, dok na promenu površine tiksotropne petlje statistički značajno utiču vrsta lecitina, koncentracija lecitina, vreme mlevenja, kao međusobni uticaj vrste lecitina i vremena mlevenja.

3.3.2.6. Regresiona analiza uticaja koncentracije i vremena mlevenja na reološke parametre uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina uz soje, suncokreta i uljane repice

Rezultati merenja reoloških parametara uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina iz soje, suncokreta i uljane repice su statistički obrađeni primenom regresione jednačine: $z = b_0 + b_1x + b_2y + b_{11}x^2 + b_{12}xy + b_{22}y^2$, pri čemu odzivna funkcija z predstavlja reološke parametre (površinu tiksotropne petlje, prinosni napon po Casson-u i viskozitet po Casson-u), a nezavisno promenljive x i y koncentraciju lecitina, odnosno vreme mlevenja. Značajnost linearnog i kvadratnog uticaja, kao i interakcije nezavisnih parametara na zavisno promenljivu z , određena je izračunavanjem t -vrednosti za regresione koeficijente $b_0, b_1, b_2, b_{11}, b_{12}$. Takođe su izračunati i dugi relevantni parametri regresione analize: koeficijent determinacije (R^2), standardna greška regresije (σ) i analiza varijanse odabranog matematičkog modela.

U Prilogu II (Tabela P2) prikazane su vrednosti regresionih koeficijenata i t -vrednosti reoloških parametara dobijeni primenom regresione jednačine. Testiranjem statističke značajnosti pojedinih parametara regresione jednačine uočava se da u slučaju dodatka suncokretovog lecitina, linearni parametar b_2 i kvadratni parametar b_{22} nezavisne promenljive y , odnosno vremena mlevenja, imaju statistički značajan uticaj na promenu površine tiksotropne petlje. Statistička obrada vrednosti površine tiksotropne petlje uzoraka sa dodatkom repičinog lecitina pokazuje statistički značajane t -vrednosti za sve regresione koeficijente, kao i statistički značajan uticaj kvadratnog parametra b_{11} , odnosno koncentracije repičinog lecitina, na prinosni napon po Casson-u.

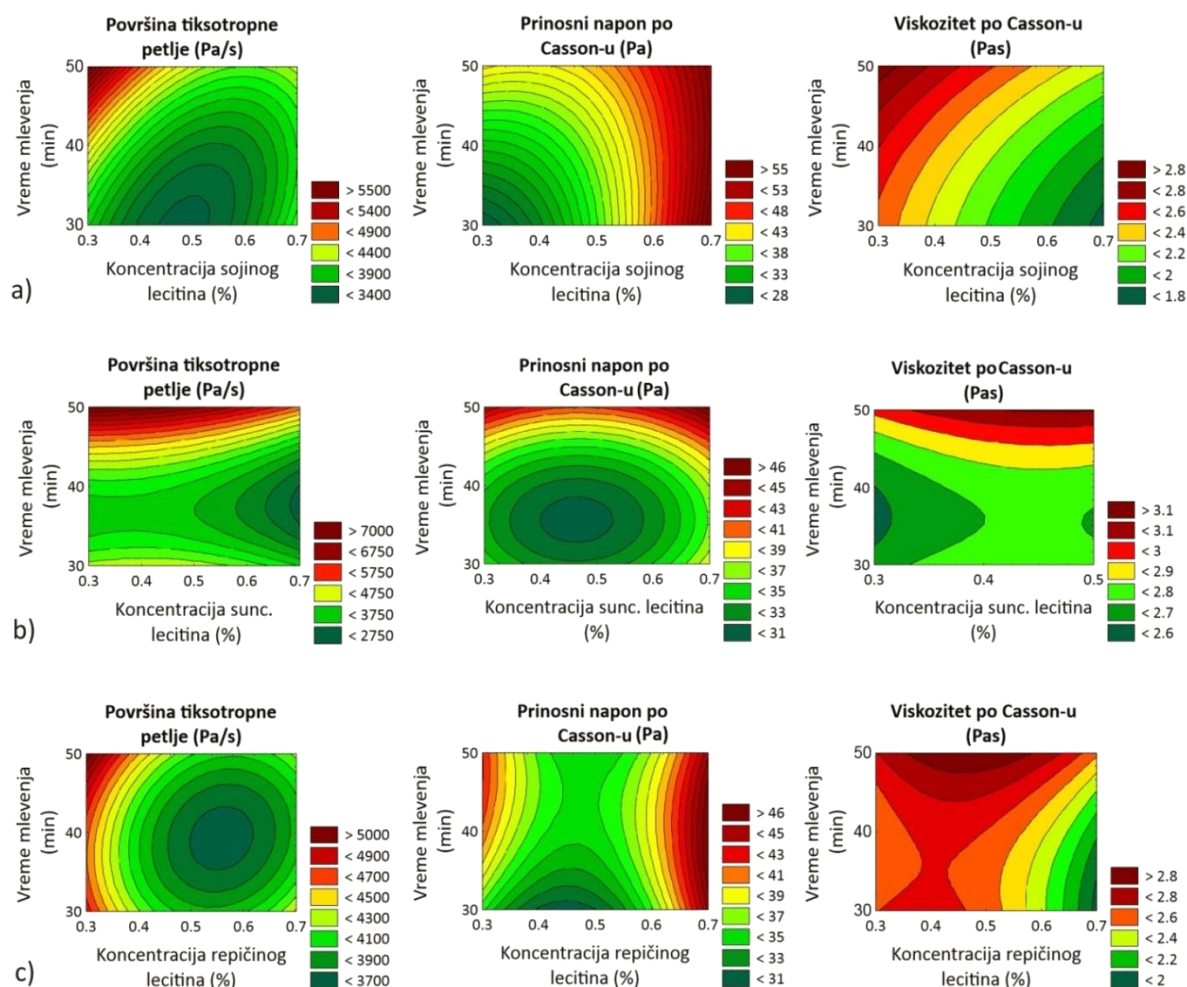
U Tabeli 29 prikazani su rezultati analize varijanse odabrane regresione jednačine.

Tabela 29. Analiza varijanse primenjene regresione jednačine na reološke parametre

Statistički parametar	Površina tiksotropne petlje (Pa/s)	Prinosni napon po Casson-u (Pa)	Viskozitet po Casson-u (Pas)
Mazivi kakao-krem proizvod sa dodatkom sojinog lecitina - Ks			
R^2	0,81	0,94	0,96
σ	348,38	2,83	0,07
p-vrednost	0,001584	0,000762	0,000074
Mazivi kakao-krem proizvod sa dodatkom suncokretovog lecitina - Ksu			
R^2	0,92	0,83	0,94
σ	427,69	2,46	0,08
p-vrednost	0,002041	0,000809	0,000090
Mazivi kakao-krem proizvod sa dodatkom repičinog lecitina - Kr			
R^2	0,99	0,93	0,97
σ	46,31	2,44	0,09
p-vrednost	0,000004	0,000706	0,000100

Rezultati analize varijanse kod svih uzoraka daju statistički značajne p-vrednosti uz rizik greške $\alpha = 0,05$ ($p < 0,05$) i potvrđuju da primenjena regresiona jednačina u celini statistički značajno definiše zavisnost reoloških parametara uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla od koncentracije lecitina i vremena

zadržavanja u kugličnom mlinu. Koeficijenti determinacije imaju visoke vrednosti i ukazuju na jaku vezu između zavisne i nezavisnih promenljivih. Standardna greška regresije ukazuje na disperziju eksperimentalnih i teorijskih vrednosti, koja u svim slučajevima ne pokazuje velika odstupanja. Uticaj koncentracije lecitina i vremena mlevenja na vrednosti reoloških parametara uzorka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla, prikazan je pomoću 3D dijagrama (Slika 29).



Slika 29. 3D dijagrami uticaja koncentracije lecitina i vremena mlevenja na vrednosti reoloških parametara uzorka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom: a) sojinog; b) suncokretovog i c) repičinog lecitina

U slučaju dodatka sojinog lecitina u mazivi kakao-krem proizvod, najniža vrednost površine tiksotropne petlje dobija se pri dodatku 0,5% sojinog lecitina i vremenu mlevenja od 30 do 40 minuta, dok je najviša vrednost zabeležena u slučaju dodatka 0,3% lecitina, pri vremenu mlevenja od 40 do 50 minuta. Sa povećanjem koncentracije lecitina i produžavanjem vremena mlevenja povećava se vrednost prinosnog napona po Casson-u, a s druge strane, smanjuju se vrednosti viskoziteta po Casson-u.

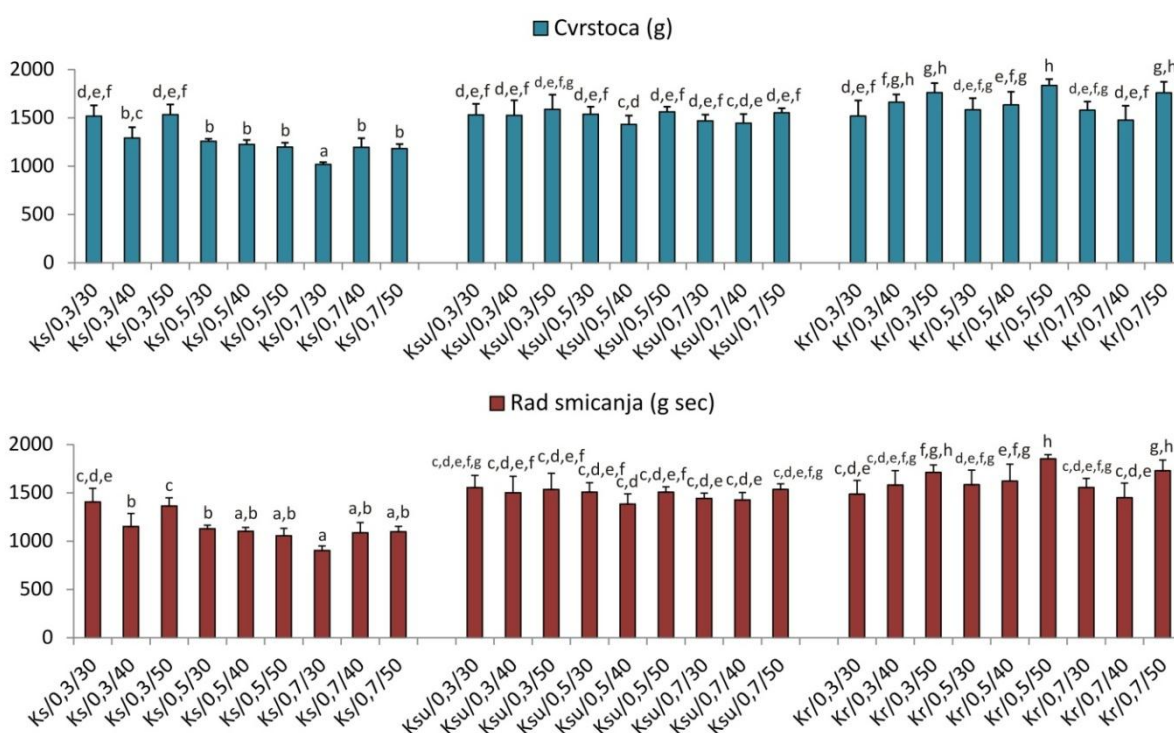
Dodatak suncokretovog lecitina pri svim koncentracijama i vremenu mlevenja od 50 minuta daje najveće vrednosti površine tiksotropne petlje, prinosnog napona po Casson-u i

viskoziteta po Casson-u. Najniža vrednost površine tiksotropne petlje dobija se pri dodatku 0,7% lecitina i vremenu mlevenja od 40 minuta. Prinosni napon po Casson-u ima najnižu vrednost pri dodatku 0,4 do 0,5% lecitina i vremenu mlevenja od 30 do 40 minuta, a minimalna koncentracija lecitina i vreme mlevenja od 30 do 40 minuta daje najniže vrednosti viskoziteta po Casson-u.

Dodatak repičinog lecitina u koncentraciji od 0,5 do 0,6% i pri vremenu mlevenja od 35 do 45 minuta daje uzorke sa najnižom vrednošću površine tiksotropne petlje, dok minimalna koncentracija ovog lecitina utiče na najviše vrednosti ovog parametra, pri svim vremenima mlevenja. Koncentracija lecitina od 0,3% i vreme mlevenja od 40 do 50 minuta, kao i koncentracija od 0,65 do 0,7%, pri svim primenjenim vremenima mlevenja, daje najviše vrednosti prinosnog napona po Casson-u, dok koncentracija od 0,4 do 0,5% i minimalno vreme mlevenja utiču na dobijanje najnižih vrednosti ovog parametra. Povećanje koncentracije repičinog lecitina i smanjenje vremena mlevenja daje uzorke sa najnižim vrednostima viskoziteta po Casson-u.

3.3.3. Teksturalne karakteristike mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla

Na Slici 30 prikazane su vrednosti čvrstoće i rada smicanja uzoraka mazivog kakao krem proizvoda sa dodatkom lecitina iz soje, suncokreta i uljane repice, u zavisnosti od koncentracije lecitina i vremena mlevenja u kugličnom mlinu.



Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

Vrednosti na oba histograma označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$)

Slika 30. Čvrstoća i rad smicanja uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom sojinog, suncokretovog i repičinog lecitina

Uzorci mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom sojinog lecitina uglavnom pokazuju najmanje vrednosti čvrstoće i rada smicanja, gde se uzorci sa dodatkom 0,5 i 0,7% sojinog lecitina statistički značajno razlikuju od ostalih uzoraka na nivou značajnosti od 0,05. U skladu sa reološkim merenjima, vrednosti teksturalnih parametara pri pojedinim koncentracijama dodatog lecitina su najveće pri vremenu zadržavanja uzoraka 50 minuta u kugličnom mlinu, što je najizraženije kod uzoraka sa dodatkom lecitina iz uljane repice.

3.3.3.1. Statistički uticaj nezavisnih promenljivih na teksturalne parametre uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla

U Tabeli 30 prikazan je statistički uticaj vrste lecitina (L), koncentracije lecitina (C), vremena mlevenja (VM), kao i kombinacije ovih nezavisno promenljivih na promenu vrednosti teksturalnih parametara mazivog kakao-krem proizvoda na nivou značajnosti 0,05.

Tabela 30. Statistički uticaj vrste i koncentracije lecitina i vremena mlevenja na teksturalne parametre uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla

Nezavisno promenjive	p - vrednost	
	Čvrstoća (g)	Rad smicanja (g sec)
L	0,000000*	0,000000*
C	0,000021*	0,001088*
VM	0,000056*	0,000437*
L x C	0,000254*	0,000586*
L x VM	0,055584 ^{ns}	0,049178*
C x VM	0,844503 ^{ns}	0,624437 ^{ns}
L x C x VM	0,019196*	0,058115 ^{ns}

* Nezavisno promenjiva/kombinacija nezavisno promenljivih statistički značajno utiče na dati teksturalni parametar na nivou značajnosti od 0,05 ($p < 0,05$)

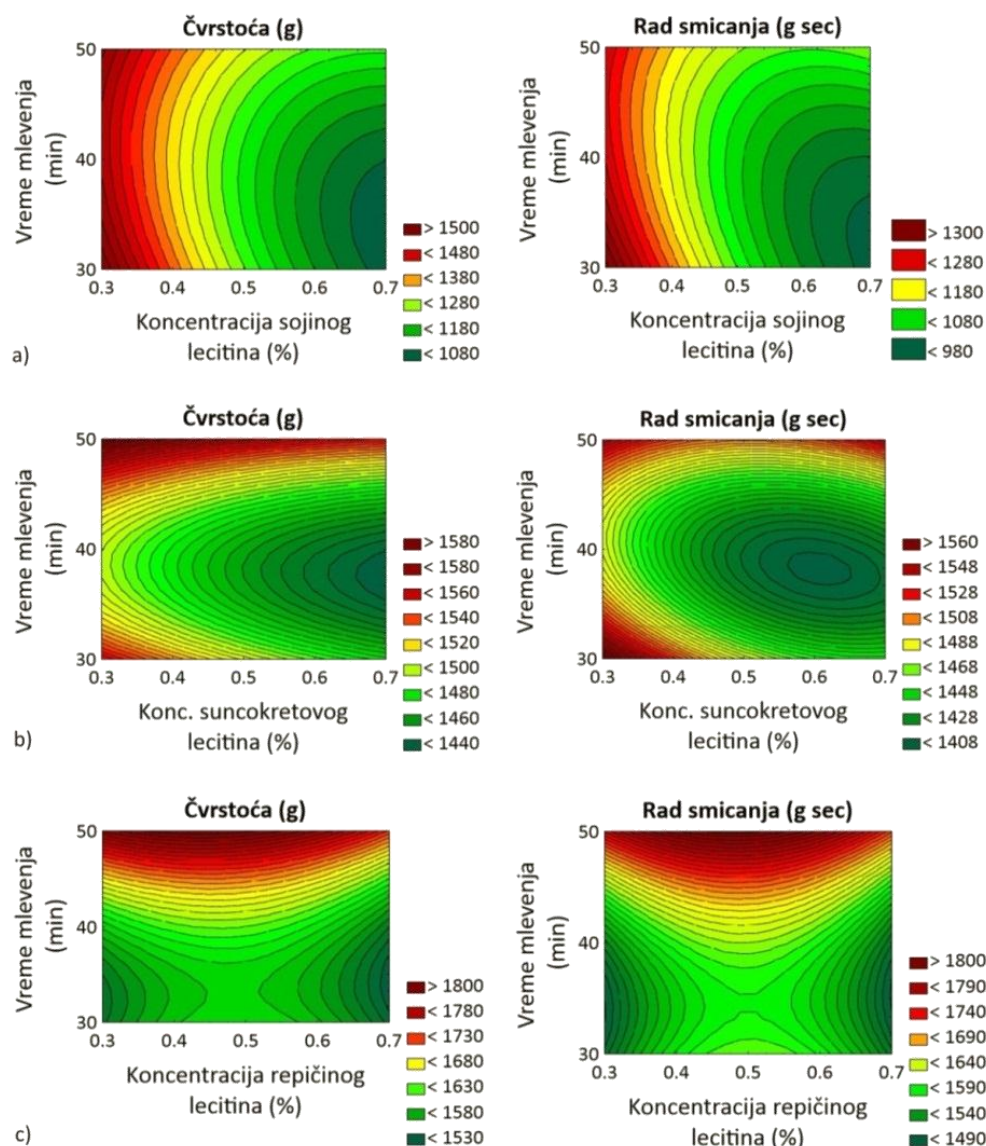
ns - nezavisno promenjiva/kombinacija nezavisno promenljivih statistički značajno ne utiče na dati teksturalni parametar na nivou značajnosti od 0,05 ($p < 0,05$)

Sve tri nezavisno promenjive imaju statistički značajan uticaj na promenu vrednosti čvrstoće i rada smicanja uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina uz soje, suncokreta i uljane repice. Čvrstoća uzoraka se statistički značajno zavisi od kombinacije vrste lecitina i koncentracije, kao i kombinacije sve tri nezavisno promenjive, dok na rad smicanja statistički značajno utiču kombinacija vrste lecitina i njihove koncentracije, kao i vrste lecitina i vremena mlevenja.

3.3.3.2. Regresiona analiza uticaja koncentracije i vremena mlevenja na teksturalne parametre uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla

U Prilogu III (Tabela P3) date su vrednosti regresionih koeficijenata i t-vrednosti, koji ukazuju na interakciju koncentracije lecitina i vremena mlevenja na čvrstoću i rad smicanja uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina uz soje, suncokreta i uljane repice. U slučaju dodatka suncokretovog lecitina koeficijenti b_0 i b_{22} statistički značajno utiču

na promenu teksturalnih parametara. Rezultati analize varijanse prikazani su u Tabeli 31, a 3D dijagram na Slici 31.



Slika 31. 3D dijagrami uticaja koncentracije lecitina i vremena mlevenja na teksturalne parametare mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom: a) sojinog; b) suncokretovog i c) repičinog lecitina

Povećanje koncentracije sojinog lecitina i smanjenje vremena mlevenja utiču na smanjivanje vrednosti čvrstoće i rada smicanja.

Koncentracija suncokretovog lecitina od 0,3 do 0,4% pri minimalnom vremenu mlevenja, kao i maksimalno vreme mlevenja pri svim koncentracijama, utiču na dobijanje najviših vrednosti teksturalnih parametara. S druge strane, povećavanje koncentracije ovog lecitina pri vremenu mlevenja od 40 minuta utiče na smanjenje vrednosti čvrstoće i rada smicanja.

Dodatak svih koncentracija repičinog lecitina pri vremenu mlevenja od 45 do 50 minuta daje uzorke sa najvišim vrednostima čvrstoće i rada smicanja, dok dodatak 0,3 i 0,7% repičinog lecitina i vreme mlevenja od 30 do 40 minuta daje najniže vrednosti ovih parametara.

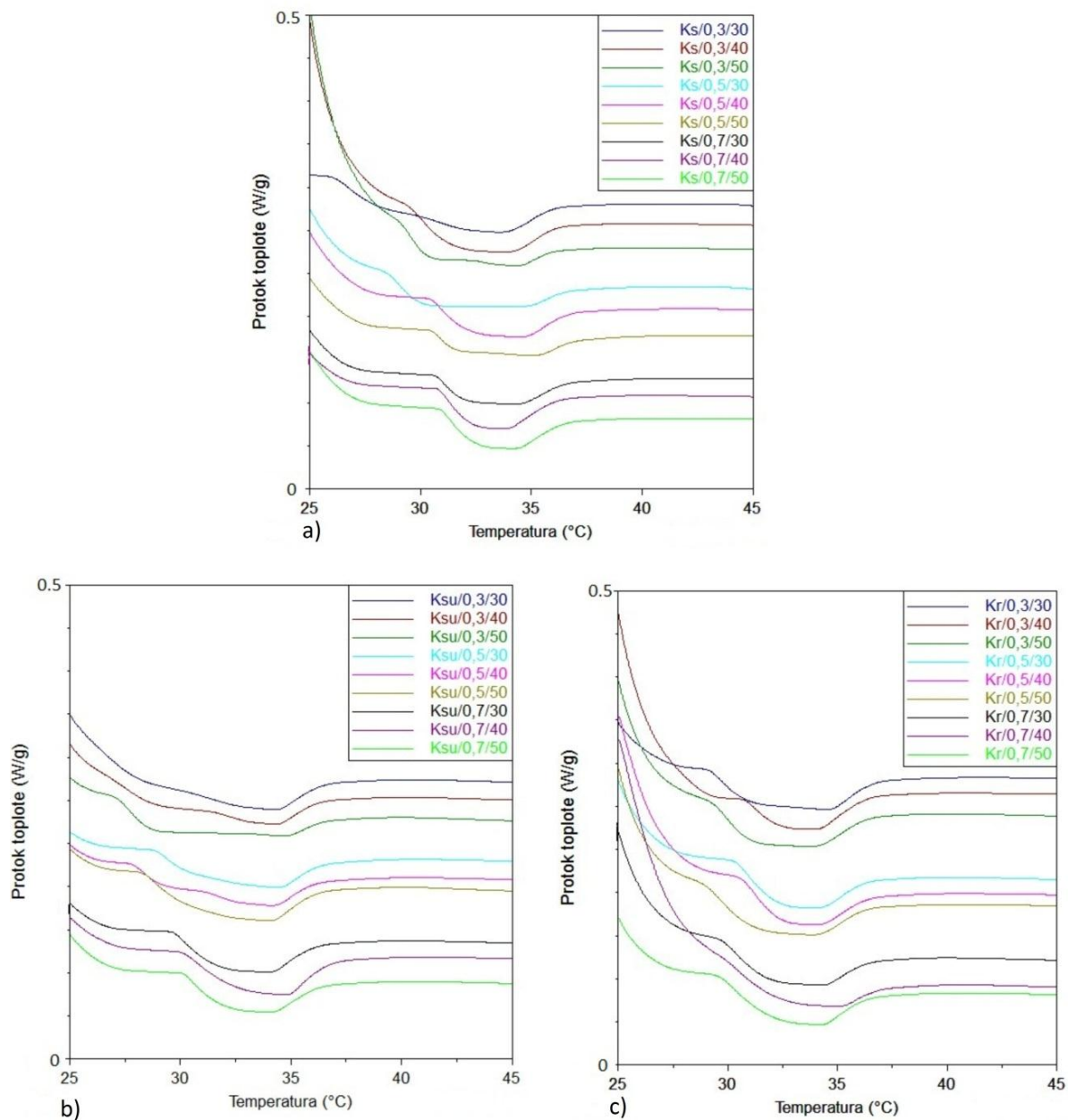
Tabela 31. Analiza varijanse primenjene regresione jednačine na teksturalne parametre uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina uz soje, suncokreta i uljane repice

Statistički parametar	Čvrstoća (g)	Rad smicanja (gsec)
Mazivi kakao-krem proizvod sa dodatkom sojinog lecitina - Ks		
R^2	0,89	0,87
σ	81,23	79,95
p-vrednost	0,000768	0,000994
Mazivi kakao-krem proizvod sa dodatkom suncokretovog lecitina - Ksu		
R^2	0,93	0,95
σ	20,95	19,62
p-vrednost	0,000008	0,000007
Mazivi kakao-krem proizvod sa dodatkom repičinog lecitina - Kr		
R^2	0,93	0,95
σ	47,90	40,65
p-vrednost	0,002041	0,000047

Rezultati analize varijanse daju statistički značajne p-vrednosti za uticaj koncentracije lecitina i vremena mlevenja na čvrstoću i rad smicanja uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina uz soje, suncokreta i uljane repice, uz rizik greške $\alpha = 0,05$, za dodatak sve tri vrste lecitina. Uzorci sa dodatkom sojinog lecitina imaju manje vrednosti koeficijenta determinacije od uzoraka sa dodatkom suncokretovog i repičinog lecitina, čije vrednosti iznose 0,93 za čvrstoću i 0,95 za rad smicanja. Najmanju vrednost standardne devijacije (20,95 za čvrstoću i 19,62 za rad smicanja) imaju uzorci sa dodatkom suncokretovog lecitina.

3.3.4. Toplotne karakteristike mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla

Svi uzorci imaju veoma slične toplotne karakteristike i pokazuju intervale topljenja u pogodnom području za topljenje u ustima prilikom konzumiranja (Slika 32).



Slika 32. Toplotne karakteristike mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina iz: a) soje, b) suncokreta i c) uljane repice

U Tabeli 32 prikazani su toplotni parametri mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina iz soje, suncokreta i uljane repice.

Tabela 32. Toplotne karakteristike uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla

Uzorak	T _{onset} (°C)	T _{end} (°C)	T _{peak} (°C)	T _{index} (°C)	ΔH _{melt} (J/g)
Ks/0,3/30	29,16	36,77	33,63	7,61	0,67
Ks/0,3/40	29,47	36,35	32,37	6,88	1,07
Ks/0,3/50	28,72	36,08	30,71	7,36	1,21
Ks/0,5/30	28,45	37,25	30,50	8,80	1,14
Ks/0,5/40	30,57	36,83	33,28	6,26	0,82
Ks/0,5/50	30,55	37,20	32,07	6,65	0,60
Ks/0,7/30	30,77	37,09	33,86	6,32	0,67
Ks/0,7/40	30,85	36,46	33,02	5,61	0,78
Ks/0,7/50	30,95	36,83	33,24	5,88	0,80
Ksu/0,3/30	28,34	37,20	34,28	8,86	0,87
Ksu/0,3/40	26,63	36,51	34,35	9,88	1,31
Ksu/0,3/50	27,06	36,77	30,17	9,71	1,30
Ksu/0,5/30	27,23	34,25	34,11	7,02	0,87
Ksu/0,5/40	26,90	36,88	33,94	9,98	1,28
Ksu/0,5/50	27,10	37,20	33,30	10,1	1,34
Ksu/0,7/30	29,75	36,88	32,74	7,13	0,86
Ksu/0,7/40	30,19	37,78	34,64	7,59	1,07
Ksu/0,7/50	30,20	37,30	33,12	7,10	0,92
Kr/0,3/30	29,16	37,52	34,20	8,36	1,20
Kr/0,3/40	30,77	37,09	33,98	6,32	0,75
Kr/0,3/50	29,35	37,15	31,89	7,80	1,24
Kr/0,5/30	30,39	37,15	30,39	6,76	1,00
Kr/0,5/40	30,67	37,36	33,04	6,69	1,00
Kr/0,5/50	28,94	37,25	32,18	8,31	1,34
Kr/0,7/30	29,71	37,20	32,68	7,49	1,09
Kr/0,7/40	29,73	37,89	33,34	8,16	1,14
Kr/0,7/50	29,67	37,68	33,14	8,01	1,18

Otapanje najpre počinje kod uzoraka sa dodatkom 0,3% i 0,5% suncokretovog lecitina (26,63 - 28,34°C). Koncentracija repičinog lecitina nema bitan uticaj na temperaturu početka topljenja, dok uzorci sa dodatkom sojinog lecitina imaju najmanje vrednosti početka topljenja pri dodatku najmanje koncentracije lecitina od 0,3%, koja se povećava sa povećanjem koncentracije lecitina na 0,7%. Uzorci sa dodatkom sojinog lecitina imaju najuže intervale topljenja, gde povećanje koncentracije sojinog lecitina uglavnom utiče na smanjenje vrednosti intervala topljenja, kao i energije potrebne za topljenje. Koncentracija repičinog lecitina nema bitan uticaj na interval topljenja i entalpiju topljenja, dok uzorci mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom suncokretovog lecitina imaju najuži interval topljenja i entalpiju topljenja pri dodatku maksimalne koncentracije lecitina.

3.3.4.1. Regresiona analiza uticaja koncentracije i vremena mlevenja na toplotne parametre uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda

Pri dodatku sojinog i repičinog lecitina ni jedan parametar nema statistički značajan uticaj na promenu toplotnih karakteristika, dok pri dodatku suncokretovog lecitina koeficijent regresije b_0 i linearni parametar b_2 nezavisne promenjive y , odnosno vremena mlevenja, imaju statistički značajan uticaj na promenu entalpije topljenja uzoraka (Prilog IV, Tabela P4).

Rezultati statističke obrade prikazani su u Tabeli 33, a 3D dijagrami uticaja koncentracije lecitina i vremena mlevenja na toplotne parametre prikazani su na Slici 33.

Tabela 33. Analiza varijanse primenjene regresione jednačine na toplotne parametre

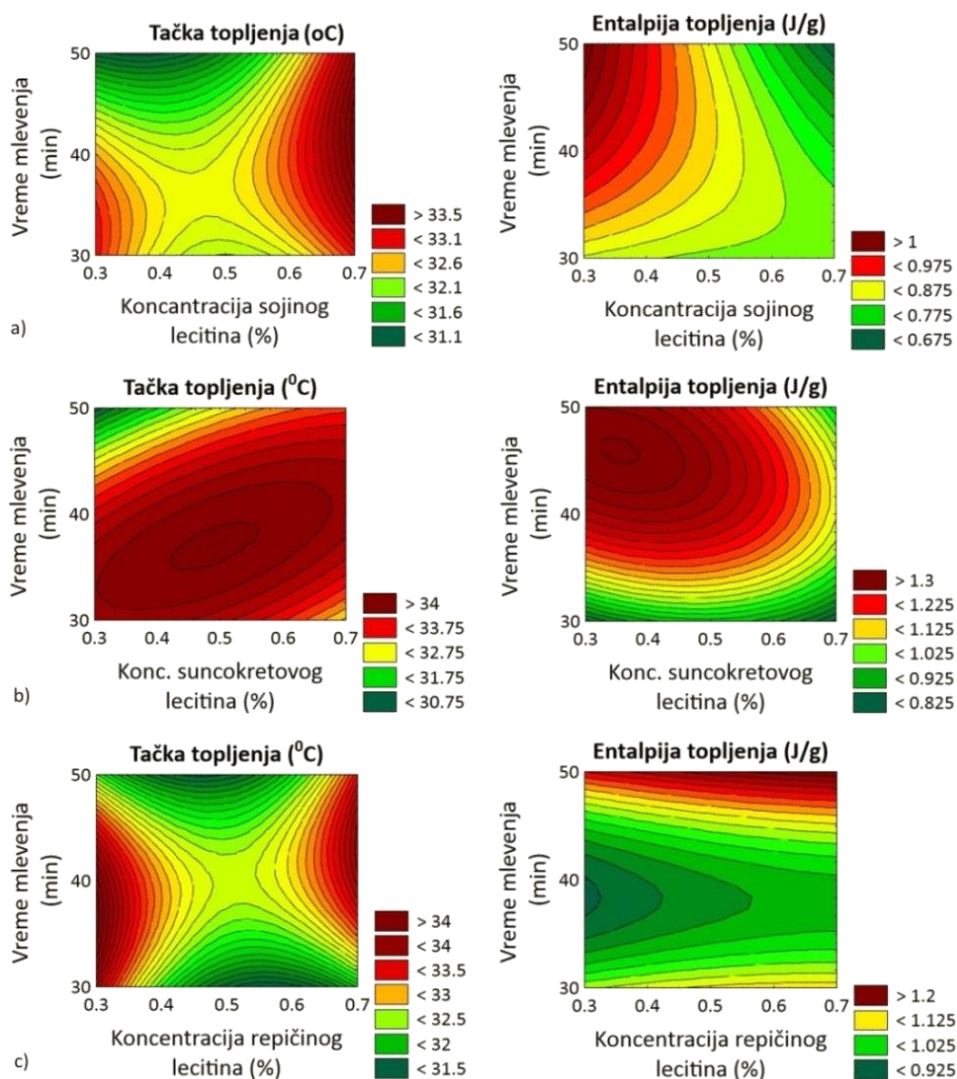
Statistički parametar	Tačka topljenja (°C)	Entalpija topljenja (J/g)
Mazivi kakao-krem proizvod sa dodatkom sojinog lecitina – Ks		
R^2	0,71	0,57
σ	0,92	0,19
p-vrednost	0,000069	0,030401
Mazivi kakao-krem proizvod sa dodatkom suncokretovog lecitina - Ksu		
R^2	0,94	0,98
σ	0,49	0,06
p-vrednost	0,000283	0,000283
Mazivi kakao-krem proizvod sa dodatkom repičinog lecitina - Kr		
R^2	0,85	0,76
σ	0,66	0,12
p-vrednost	0,000025	0,003761

Rezultati analize varijanse daju statistički značajne p-vrednosti uz rizik greške $\alpha = 0,05$ ($p < 0,05$) za dodatak sve tri vrste lecitina. U slučaju dodatka suncokretovog lecitina koeficijenti determinacije imaju najveće vrednosti (0,94 za tačku topljenja i 0,98 za entalpiju topljenja). S druge strane, uzorci sa dodatkom sojinog lecitina imaju najslabiju vezu nezavisnih promenjivih na zavisno promenjivu, odnosno tačku topljenja i entalpiju topljenja, budući da su koeficijenti determinacije znatno manji (0,71 za tačku topljenja i 0,57 za entalpiju topljenja). Standardna greška regresije ima niske vrednosti i ukazuje na malu disperziju eksperimentalnih i teorijskih vrednosti. Najmanju standardnu grešku imaju takođe uzorci sa dodatkom suncokretovog lecitina (0,49 za tačku topljenja i 0,06 za entalpiju topljenja).

Dodatak sojinog lecitina u koncentraciji od 0,3 do 0,5%, pri maksimalnom vremenu mlevenja, daje uzorke sa najnižom tačkom topljenja. Maksimalna koncentracija ovog lecitina pri svim primenjenim vremenima mlevenja daje uzorke sa najvišom tačkom topljenja. Entalpija topljenja ima najnižu vrednost pri maksimalnoj koncentraciji sojinog lecitina i maksimalnom vremenu mlevenja, dok najvišu vrednost ima pri dodatku minimalne koncentracije ovog lecitina i vremenu mlevenja od 50 minuta.

Minimalna koncentracija suncokretovog lecitina i vreme mlevenja od 50 minuta utiču na dobijanje najniže vrednosti tačke topljenja. Najviša vrednost ovog parametra dobija se pri koncentraciji lecitina 0,4 do 0,55% i primenjenom vremenu mlevenja od 30 do 40 minuta. S

druge strane, entalpija topljenja ima najniže vrednosti pri svim primenjenim koncentracijama lesuncokretovog lecitina i vremenu mlevenja od 30 minuta, a najviše vrednosti pri dodatku 0,3 do 0,4% lecitina i vremenu mlevenja od 40 do 50 minuta.



Slika 33. 3D dijagrami uticaja koncentracije lecitina i vremena mlevenja na tačku topljenja i entalpiju uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom: a) sojinog lecitina, b) suncokretovog lecitina i c) repičinog lecitina

Dodatak repičinog lecitina ima sličan uticaj na vrednosti tačke topljenja kao i dodatak sojinog lecitina, odnosno dodatak repičinog lecitina pri koncentraciji od 0,3 do 0,6% i maksimalnom vremenu mlevenja, kao i pri dodatku 0,4 do 0,7% ovog lecitina i minimalnom vremenu mlevenja daje uzorke sa najnižom tačkom topljenja. Koncentracija repičinog lecitina od 0,5% pri vremenu mlevenja od 40 minuta daje uzorke sa najvišom tačkom topljenja. Entalpija topljenja ima najniže vrednosti pri minimalnoj koncentraciji ovog lecitina i vremenu mlevenja od oko 40 minuta, dok se najveće vrednosti beleže pri svim koncentracijama repičinog lecitina i maksimalnom vremenu mlevenja.

3.3.5. Boja na površini uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla

Učešće pojedinih tonova boje i svetloća površine mazivog kakao-krem proizvoda definisano je sistemima za definisanje boje CIE L*a*b* (vrednostima L*a*b*), kao i CIE Yxy (vrednostima Y, λ i Č). U Tabeli 34 i 35 prikazani su parametri instrumentalnog merenja boje u prvoj nedelji proizvodnje.

Tabela 34. CIE L*a*b* parametri boje na površini krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla u prvoj nedelji proizvodnje

Uzorak	CIE L*a*b*		
	L*	a*	b*
Ks/0,3/30	36,15±0,57 ^{c,d,e,f}	9,49±0,13 ^{b,c,d,e,f}	12,80±0,14 ^{b,c,d}
Ks/0,3/40	35,29±1,94 ^{a,b,c,d,e,f}	9,73±0,66 ^{c,d,e,f}	13,42±1,41 ^{b,c,d,e,f}
Ks/0,3/50	36,82±0,21 ^{e,f}	9,80±0,38 ^{c,d,e,f}	13,80±0,68 ^{d,e,f}
Ks/0,5/30	35,53±1,01 ^{b,c,d,e,f}	9,78±0,28 ^{c,d,e,f}	13,53±0,49 ^{b,c,d,e,f}
Ks/0,5/40	35,51±0,32 ^{b,c,d,e,f}	9,97±0,06 ^{d,e,f,g,h}	14,00±0,04 ^{d,e,f}
Ks/0,5/50	35,51±0,27 ^{a,b,c,d,e,f}	8,85±0,15 ^{a,b}	12,00±0,28 ^{a,b}
Ks/0,7/30	35,97±0,70 ^{c,d,e,f}	10,59±0,21 ^{g,h}	15,45±0,46 ^{g,h}
Ks/0,7/40	36,63±0,51 ^{d,e,f}	9,94±0,44 ^{d,e,f,g,h}	14,38±0,93 ^{e,f,g}
Ks/0,7/50	36,28±0,87 ^{c,d,e,f}	10,67±0,64 ^h	16,05±1,25 ^h
Ksu/0,3/30	34,87±0,16 ^{a,b,c,d,e}	9,11±0,57 ^{a,b,c}	12,20±1,00 ^{a,b,c}
Ksu/0,3/40	35,00±1,59 ^{a,b,c,d,e}	9,40±0,36 ^{b,c,d,e,f}	12,65±0,65 ^{b,c,d}
Ksu/0,3/50	34,65±0,68 ^{a,b,c,d}	9,55±0,48 ^{b,c,d,e,f}	12,85±0,97 ^{b,c,d,e}
Ksu/0,5/30	33,44±0,73 ^a	8,59±0,82 ^a	11,10±1,32 ^a
Ksu/0,5/40	33,69±0,24 ^{a,b}	9,60±0,28 ^{b,c,d,e,f}	13,10±0,62 ^{b,c,d,e,f}
Ksu/0,5/50	36,43±2,28 ^{d,e,f}	9,69±0,61 ^{c,d,e,f}	13,75±1,31 ^{c,d,e,f}
Ksu/0,7/30	35,42±0,33 ^{b,c,d,e,f}	10,02±0,15 ^{d,e,f,g,h}	13,95±0,25 ^{d,e,f}
Ksu/0,7/40	36,05±1,66 ^{c,d,e,f}	9,70±0,25 ^{c,d,e,f}	13,24±0,51 ^{b,c,d,e,f}
Ksu/0,7/50	35,38±1,16 ^{b,c,d,e,f}	10,18±0,30 ^{f,g,h}	14,44±0,73 ^{f,g}
Kr/0,3/30	33,99±1,11 ^{a,b}	9,23±0,18 ^{a,b,c,d}	12,55±0,29 ^{b,c,d}
Kr/0,3/40	36,78±0,93 ^{e,f}	9,32±0,46 ^{a,b,c,d}	12,65±0,90 ^{b,c,d}
Kr/0,3/50	35,41±1,03 ^{b,c,d,e,f}	9,50±0,15 ^{b,c,d,e,f}	13,07±0,24 ^{b,c,d,e,f}
Kr/0,5/30	37,18±0,49 ^f	9,36±0,16 ^{b,c,d,e}	12,72±0,29 ^{b,c,d}
Kr/0,5/40	36,28±0,81 ^{c,d,e,f}	9,91±0,25 ^{c,d,e,f,g}	13,83±0,37 ^{d,e,f}
Kr/0,5/50	37,15±0,69 ^f	9,50±0,15 ^{b,c,d,e,f}	13,15±0,40 ^{b,c,d,e,f}
Kr/0,7/30	34,42±1,73 ^{a,b,c}	9,26±0,63 ^{a,b,c,d}	12,80±1,37 ^{b,c,d}
Kr/0,7/40	36,33±0,68 ^{c,d,e,f}	9,68±0,39 ^{c,d,e,f}	13,46±0,78 ^{b,c,d,e,f}
Kr/0,7/50	36,44±0,92 ^{d,e,f}	10,13±0,79 ^{e,f,g,h}	14,55±0,79 ^{d,e,f}

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

Vrednosti u svakoj koloni označene različitim slovima u superskriptu se statistički značajno razlikuju (p<0,05)

Svetloća (L*) svih uzoraka varira od 33,44 kod uzorka Ksu/0,5/30 do 37,18 kod uzorka Kr/0,5/30. Učešće crvenog tona (a*) najzastupljenije je na površini uzoraka sa dodatkom maksimalne koncentracije sojinog lecitina, gde najveći udeo ima uzorak sa vremenom mlevenja od 50 minuta u kugličnom mlinu (10,67). Pri datoj koncentraciji

lecitina, uzorci sa dodatkom repičinog lecitina imaju najmanji udeo crvenog tona, sa izuzetkom uzorka Ksu/0,5/30 koji ima najnižu vrednost ovog parametra (8,59). Kod svih uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda učešće žutog tona (b^*) se povećava sa povećanjem koncentracije dodatog lecitina. Najzastupljenije je kod uzoraka sa dodatkom 0,7% sojinog lecitina, gde uzorak Ks/0,7/50 ima učešće crvene boje 16,05, koje se statistički značajno razlikuje od drugih uzoraka, na nivou značajnosti 0,05.

Tabela 34. CIE Yxy parametri boje na površini krem proizvoda u prvoj nedelji proizvodnje

Uzorak	CIE Yxy		
	λ (nm)	Y (%)	Č (%)
Ks/0,3/30	588,05±0,07 ^{j,k,l,m}	9,09±0,30 ^{d,e,f,g}	30,18±0,04 ^c
Ks/0,3/40	587,97±0,11 ^{g,h,i,j,k,l,m}	8,67±1,00 ^{a,b,c,d,e,f,g}	30,51±0,06 ^d
Ks/0,3/50	587,72±0,03 ^{c,d,e,f}	9,44±0,18 ^{f,g}	34,51±0,06 ^h
Ks/0,5/30	587,92±0,06 ^{g,h,i,j,k,l}	8,77±0,51 ^{b,c,d,e,f,g}	30,81±0,16 ^{d,e}
Ks/0,5/40	587,83±0,08 ^{f,g,h}	8,76±0,16 ^{b,c,d,e,f,g}	30,92±0,07 ^e
Ks/0,5/50	587,91±0,07 ^{g,h,i,j,k}	8,62±0,13 ^{a,b,c,d,e,f,g}	29,86±0,13 ^b
Ks/0,7/30	587,62±0,01 ^{b,c}	9,00±0,36 ^{c,d,e,f,g}	35,12±0,14 ⁱ
Ks/0,7/40	587,53±0,12 ^{a,b}	9,35±0,27 ^{e,f,g}	33,37±0,17 ^f
Ks/0,7/50	587,38±0,07 ^a	9,15±0,45 ^{d,e,f,g}	36,27±0,26 ^j
Ksu/0,3/30	588,10±0,05 ^{l,m,n}	8,44±0,08 ^{a,b,c,d,e,f}	34,50±0,10 ^h
Ksu/0,3/40	588,11±0,06 ^{m,n}	8,51±0,81 ^{a,b,c,d,e,f}	30,52±0,09 ^d
Ksu/0,3/50	588,16±0,11 ⁿ	8,33±0,33 ^{a,b,c,d,e}	35,10±0,12 ⁱ
Ksu/0,5/30	588,38±0,08 ^o	7,74±0,34 ^a	28,12±0,13 ^a
Ksu/0,5/40	588,09±0,12 ^{k,l,m,n}	7,86±0,11 ^{a,b}	33,30±0,30 ^f
Ksu/0,5/50	587,65±0,21 ^{b,c,d,e}	9,27±1,19 ^{e,f,g}	35,08±0,13 ⁱ
Ksu/0,7/30	587,92±0,02 ^{g,h,i,j,k,l}	8,71±0,17 ^{a,b,c,d,e,f,g}	34,03±0,08 ^g
Ksu/0,7/40	588,00±0,05 ^{h,i,j,k,l,m,n}	9,04±0,61 ^{d,e,f,g}	30,67±0,25 ^{d,e}
Ksu/0,7/50	587,80±0,06 ^{c,d,e,f,g}	8,70±0,58 ^{a,b,c,d,e,f,g}	34,23±0,25 ^{g,h}
Kr/0,3/30	588,01±0,07 ^{i,j,k,l,m,n}	8,01±0,54 ^{a,b,c}	34,23±0,27 ^{g,h}
Kr/0,3/40	587,95±0,14 ^{g,h,i,j,k,l,m,n}	9,42±0,50 ^{f,g}	29,79±0,22 ^b
Kr/0,3/50	587,91±0,01 ^{g,h,i,j,k}	8,70±0,52 ^{a,b,c,d,e,f,g}	30,51±0,19 ^d
Kr/0,5/30	587,93±0,06 ^{g,h,i,j,k,l}	9,64±0,26 ^g	29,72±0,22 ^b
Kr/0,5/40	587,84±0,08 ^{f,g,h,i}	9,15±0,42 ^{d,e,f,g}	34,31±0,20 ^{g,h}
Kr/0,5/50	587,80±0,09 ^{d,e,f,g}	9,62±0,38 ^g	30,53±0,08 ^d
Kr/0,7/30	587,89±0,21 ^{g,h,i,j}	8,23±0,86 ^{a,b,c,d}	35,08±0,13 ⁱ
Kr/0,7/40	587,82±0,04 ^{e,f,g,h}	9,19±0,35 ^{d,e,f,g}	30,64±0,12 ^{d,e}
Kr/0,7/50	587,64±0,08 ^{b,c,d}	9,24±0,49 ^{d,e,f,g}	34,47±0,11 ^h

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

Vrednosti u svakoj koloni označene različitim slovima u superskriptu se statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$)

Nijansa boje na površini uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda izražena je dominantnom talasnom dužinom (λ) i nalazi se u opsegu od 587,38 nm do 588,16 nm. Svetloća (Y) uzoraka ima tendenciju rasta i opadanja kao i svetloća (L^*) izražena CIEL*a*b* sistemom. Čistoća boje (Č) uglavnom ima najveće vrednosti pri dodatku maksimalne koncentracije svih lecitina, pri čemu uzorak Ks/0,7/50 ima vrednost 37,50% i statistički se značajno razlikuje od ostalih uzoraka na nivou značajnosti 0,05.

3.3.5.1. Statistički uticaj nezavisnih promenjivih na parametre boje mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla u prvoj nedelji proizvodnje

U Tabeli 36 prikazan je statistički uticaj vrste lecitina (L), koncentracije lecitina (C), vremena mlevenja (VM), kao i kombinacije ovih nezavisno promenjivih na promenu vrednosti parametara boje mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina iz soje, suncokreta i uljane repice na nivou značajnosti 0,05.

Tabela 36. Statistički uticaj nezavisnih promenjivih na CIEYxy parametre boje kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina iz soje, suncokreta i uljane repice

Nezavisno promenjive	p - vrednost					
	L*	a*	b*	λ (nm)	Y (%)	Č (%)
L	0,000611*	0,004342*	0,004342*	0,000000*	0,000746*	0,000000*
C	0,272163 ^{ns}	0,000002*	0,000002*	0,000000*	0,289496 ^{ns}	0,000000*
VM	0,024196*	0,042858*	0,042858*	0,000000*	0,026811*	0,000000*
L x C	0,004086*	0,079613 ^{ns}	0,079613 ^{ns}	0,000112*	0,004619*	0,000000*
L x VM	0,314377 ^{ns}	0,074561 ^{ns}	0,074561 ^{ns}	0,432451 ^{ns}	0,351206 ^{ns}	0,000000*
C x VM	0,203057 ^{ns}	0,005814*	0,005814*	0,063668 ^{ns}	0,187414 ^{ns}	0,000000*
L x C x VM	0,008473*	0,049868*	0,049868*	0,000000*	0,009121*	0,000000*

* Nezavisno promenjiva/kombinacija nezavisno promenjivih statistički značajno utiče na dati parametar boje na nivou značajnosti od 0,05 ($p < 0,05$)

ns - nezavisno promenjiva/kombinacija nezavisno promenjivih statistički značajno ne utiče na dati parametar boje na nivou značajnosti od 0,05 ($p < 0,05$)

Vrsta lecitina (L), vreme mlevenja (VM) i kombinacija vrste lecitina (L), koncentracije (C) i vremena mlevenja (L x C x VM) statistički značajno utiče na sve parametre boje CIEL*a*b* i CIEYxy sistema na nivou značajnosti 0,05. Koncentracija lecitina (C) takođe statistički značajno utiče na sve parametre boje, sa izuzetkom na svetloću uzoraka (L* i Y).

Kombinacija vrste i koncentracije lecitina (L x C) ima statistički značajan uticaj na sve parametre boje, osim na učešće crvene (a*) i žute (b*) boje, dok kombinacija koncentracije lecitina i vremena mlevenja (C x VM) statistički značajno utiče na vrednosti a*, b* i Č. Međusobni uticaj vrste lecitina i vremena mlevenja (L x VM) statistički značajno utiče samo na promenu čistoće uzoraka (Č).

Parametri boje na površini lecitina iz soje, suncokreta i uljane repice prikazani su u Tabeli 37 i 38.

Tabela 36. CIE L*a*b* parametri boje lecitina različitog porekla

Lecitin	CIE L*a*b*		
	L*	a*	b*
Sojin	32,72±3,24 ^b	4,41±0,80 ^c	15,20±3,28 ^b
Suncokretov	22,45±5,90 ^a	0,66±0,16 ^a	5,30±2,46 ^a
Repičin	25,38±2,99 ^{a,b}	2,06±0,35 ^b	6,21±1,25 ^a

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

Vrednosti u svakoj koloni označene različitim slovima u superskriptu se statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$)

Merilo svetloće boje L^* pokazuje da suncokretov lecitin ima najmanju vrednost svetloće (22,45), odnosno najtamniju boju, koja se statistički značajno ne razlikuje ($p < 0,05$) od svetloće repičinog lecitina (25,38), ali statistički se značajno razlikuje od svetloće sojinog lecitina (32,72). Sojin lecitin ima najveće (4,41), a suncokretov lecitin najmanje učešće (0,66) crvenog (a^*) tona, gde se vrednosti za sva tri lecitina statistički značajno razlikuju. Učešće žutog tona (b^*) je takođe najmanje zastupljeno u suncokretovom lecitinu (5,30), ali se vrednost statistički značajno ne razlikuje od učešća u repičinom lecitinu (6,21) i statistički značajno razlikuje od učešća u sojinom lecitinu (15,20).

Tabela 37. CIEYxy parametri boje lecitina različitog porekla

Lecitin	CIE Yxy		
	λ (nm)	Y (%)	Č (%)
Sojin	581,25±0,39 ^a	7,47±1,47 ^b	36,12±5,09 ^b
Suncokretov	578,25±0,26 ^b	3,80±1,55 ^a	19,11±11,41 ^a
Repičin	581,39±0,74 ^a	4,59±1,00 ^a	25,23±2,16 ^{a,b}

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, $n=3$

Vrednosti u svakoj koloni označene različitim slovima u superskriptu se statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$)

Nijansa boje lecitina nalazi se u opsegu talasnih dužina od 578,25 nm kod suncokretovog lecitina do 581,39 nm kod repičinog lecitina. Step en svetloće boje najmanje je izražen kod suncokretovog lecitina (3,80%), gde se vrednost statistički značajno ne razlikuje od vrednosti Y (%) izmerene na površini repičinog lecitina (4,59%), a statistički značajno razlikuje od svetloće sojinog lecitina (7,47%). Sojin lecitin ima najveću vrednost čistoće boje na površini (36,12%), koja se satistički značajno razlikuje od čistoće suncokretovog (19,11%) i repičinog (25,13%) lecitina ($p < 0,05$).

3.3.5.2. Boja na površini mazivog krem proizvoda u vremenskom intervalu od šest meseci čuvanja

U Tabeli 39 i 40 prikazana je promena parametara boje CIE $L^*a^*b^*$ i CIEYxy uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom 0,5% lecitina i vremenom zadržavanja od 40 minuta u kugličnom mlinu. Uzorci su čuvani na tamnom mestu i sobnoj temperaturi pri čemu su parametri boje mereni svaki mesec u vremenskom intervalu od šest meseci. U Prilogu V (Tabela P5₁, P5₂, P5₃, P5₄, P5₅, P5₆) date su vrednosti parametara boje svih uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina iz soje, suncokreta i uljane repice u vremenskom intervalu od šest meseci.

Uzorci mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom suncokretovog lecitina imaju najmanje vrednosti svetloće površine (L^*), odnosno najtamniju boju od svih uzoraka, tokom svih šest meseci čuvanja uzoraka. Uzorak Ksu/0,5/40 u prvoj nedelji proizvodnje (nultom mesecu) ima najtamniju boju površine u odnosu na druge uzorke, gde vrednost L^* iznosi 33,69. S druge strane, uzorci sa dodatkom repičinog lecitina imaju najsvetliju boju površine u poređenju sa ostalim uzorcima, pri čemu se vrednosti parametra L^* neznatno povećavaju do četvrtog meseca čuvanja uzoraka, a zatim neznatno opadaju do kraja šestog meseca. Uzorak Kr/0,5/40 nakon trećeg meseca ima najsvetliju boju površine (38,33) koja se statistički značajno razlikuje od ostalih uzoraka na nivou značajnosti od 0,05. Kod svih uzoraka mazivog

kakao-krem proizvoda, vrednosti parametra L* u prvoj nedelji proizvodnje se statistički značajno ne razlikuju od vrednosti ovog parametra nakon šest meseci čuvanja uzoraka.

Tabela 39. CIE L*a*b* parametri boje u vremenskom intervalu od 6 meseci

Mesec	Uzorak	CIE L*a*b* parametri boje		
		L*	a*	b*
0	Ks/0,5/40	35,51±0,32 ^{d,e,f,g}	9,97±0,06 ^{c,d,e}	14,00±0,04 ^f
	Ksu/0,5/40	33,69±0,24 ^a	9,60±0,28 ^b	13,10±0,62 ^b
	Kr/0,5/40	36,28±0,81 ^{g,h,i,j}	9,91±0,25 ^{b,c,d,e}	13,83±0,37 ^{e,f}
1	Ks/0,5/40	35,82±0,32 ^{e,f,g,h}	9,81±0,06 ^{b,c,d}	13,34±0,12 ^{b,c,d,e}
	Ksu/0,5/40	34,60±0,20 ^{b,c}	10,18±0,14 ^{e,f}	13,74±0,28 ^{c,d,e,f}
	Kr/0,5/40	36,90±0,57 ^{i,j,k}	10,04±0,13 ^{d,e,f}	13,88±0,20 ^{e,f}
2	Ks/0,5/40	35,72±0,49 ^{e,f,g,h}	9,76±0,05 ^{b,c,d}	13,35±0,18 ^{b,c,d,e}
	Ksu/0,5/40	34,82±0,09 ^{c,d}	10,01±0,14 ^{c,d,e}	13,68±0,23 ^{b,c,d,e,f}
	Kr/0,5/40	37,07±0,21 ^{i,j,k}	9,74±0,06 ^{b,c,d}	13,52±0,11 ^{b,c,d,e,f}
3	Ks/0,5/40	36,35±0,25 ^{g,h,i,j}	9,89±0,10 ^{b,c,d,e}	13,45±0,24 ^{b,c,d,e,f}
	Ksu/0,5/40	35,04±0,12 ^{c,d,e}	10,05±0,07 ^{d,e,f}	13,65±0,09 ^{b,c,d,e,f}
	Kr/0,5/40	38,33±0,90 ^l	9,27±0,20 ^a	12,36±0,38 ^a
4	Ks/0,5/40	37,12±0,55 ^{j,k}	9,78±0,19 ^{b,c,d}	13,42±0,35 ^{b,c,d,e,f}
	Ksu/0,5/40	35,59±0,07 ^{d,e,f,g,h}	10,05±0,10 ^{d,e,f}	13,85±0,16 ^{e,f}
	Kr/0,5/40	37,30±0,44 ^k	10,31±0,06 ^f	14,56±0,21 ^g
5	Ks/0,5/40	35,63±0,25 ^{d,e,f,g,h}	9,70±0,09 ^{b,c}	13,22±0,19 ^{b,c,d}
	Ksu/0,5/40	35,55±0,17 ^{b,c}	9,74±0,31 ^{b,c,d}	13,17±0,63 ^{b,c}
	Kr/0,5/40	36,43±0,71 ^{h,i,j,k}	9,83±0,11 ^{b,c,d}	13,65±0,32 ^{b,c,d,e,f}
6	Ks/0,5/40	35,33±0,17 ^{c,d,e,f}	9,88±0,16 ^{b,c,d,e}	13,64±0,34 ^{b,c,d,e,f}
	Ksu/0,5/40	33,94±0,21 ^{a,b}	10,02±0,10 ^{d,e}	13,68±0,12 ^{b,c,d,e,f}
	Kr/0,5/40	36,22±1,05 ^{f,g,h,i}	9,96±0,22 ^{c,d,e}	13,82±0,37 ^{d,e,f}

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

Vrednosti u svakoj koloni označene različitim slovima u superskriptu se statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$)

Učešće crvenog (a*) i žutog (b*) tona varira tokom šest meseci čuvanja uzoraka pri čemu najniže vrednosti učešća crvenog i žutog tona imaju uzorci mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom repičinog lecitina, nakon trećeg meseca (9,27 i 12,36, respektivno), a najveće vrednosti takođe uzorci sa repičinim lecitinom, nakon četvrtog meseca (10,31 i 14,56). Ove vrednosti se statistički značajno razlikuju od drugih uzoraka na nivou značajnosti od 0,05.

Boja na površini uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda da dodatkom lecitina različitog porekla se nalazi u intervalu talasnih dužina od 587,78 nm (kod uzorka sa dodatkom repičinog lecitina, nakon četvrtog meseca) do 588,16 nm (kod uzorka sa dodatkom suncokretovog lecitina, nakon trećeg i petog meseca).

Svetloća površine (Y) ima istu tendenciju rasta i opadanja kao i svetloća (L*), pri čemu se vrednosti Y u nultom mesecu statistički značajno ne razlikuju od vrednosti Y nakon šestog meseca čuvanja uzoraka.

Tabela 40. CIE Yxy parametri boje uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla u vremenskom intervalu od šest meseci čuvanja

Mesec	Uzorak	CIE Yxy parametri boje		
		λ (nm)	Y (%)	Č (%)
0	Ks/0,5/40	587,83±0,08 ^{a,b}	8,76±0,16 ^{d,e,f,g,h}	30,92±0,12 ^b
	Ksu/0,5/40	588,09±0,12 ^{e,f,g,h}	7,86±0,11 ^a	33,30±0,18 ^d
	Kr/0,5/40	587,84±0,07 ^{a,b}	9,15±0,43 ^{h,i,j}	34,30±0,06 ^{e,g}
1	Ks/0,5/40	588,06±0,02 ^{e,f,g,h}	8,91±0,17 ^{f,g,h}	30,30±0,10 ^a
	Ksu/0,5/40	588,27±0,06 ⁱ	8,30±0,10 ^{a,b,c,d}	34,00±0,14 ^e
	Kr/0,5/40	587,92±0,04 ^{b,c}	9,48±0,31 ^{i,j,k}	34,30±0,22 ^{e,g}
2	Ks/0,5/40	588,00±0,07 ^{c,d,e,f}	8,86±0,25 ^{e,f,g,h}	30,28±0,18 ^a
	Ksu/0,5/40	588,10±0,04 ^{f,g,h}	8,41±0,05 ^{b,c,d,e}	34,40±0,24 ^{e,g}
	Kr/0,5/40	587,82±0,01 ^{a,b}	9,58±0,11 ^{i,j,k}	32,25±0,42 ^c
3	Ks/0,5/40	588,06±0,06 ^{e,f,g,h}	9,20±0,13 ^{h,i,j}	30,28±0,24 ^a
	Ksu/0,5/40	588,16±0,04 ^h	8,52±0,06 ^{c,d,e,f}	33,42±0,33 ^d
	Kr/0,5/40	588,04±0,03 ^{e,f,g}	10,28±0,05 ^l	31,82±0,31 ^c
4	Ks/0,5/40	587,93±0,04 ^{b,c,d}	9,61±0,30 ^{j,k}	30,90±0,38 ^b
	Ksu/0,5/40	588,01±0,05 ^{c,d,e,f}	8,80±0,04 ^{e,f,g,h}	34,20±0,12 ^e
	Kr/0,5/40	587,78±0,05 ^a	9,70±0,24 ^k	34,10±0,48 ^e
5	Ks/0,5/40	588,04±0,07 ^{d,e,f}	8,82±0,13 ^{e,f,g,h}	30,42±0,38 ^{a,b}
	Ksu/0,5/40	588,16±0,08 ^h	8,27±0,09 ^{a,b,c}	33,20±0,22 ^d
	Kr/0,5/40	587,86±0,09 ^{a,b}	9,24±0,37 ^{h,i,j}	34,00±0,18 ^{e,f}
6	Ks/0,5/40	587,97±0,05 ^{c,d,e}	8,66±0,09 ^{c,d,e,f,g}	32,00±0,54 ^c
	Ksu/0,5/40	588,15±0,04 ^{g,h}	7,98±0,10 ^{a,b}	34,80±0,42 ^g
	Kr/0,5/40	587,90±0,05 ^{b,c}	9,13±0,55 ^{g,h,i}	33,50±0,06 ^{d,f}

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

Vrednosti u svakoj koloni označene različitim slovima u superskriptu se statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$)

Čistoća uzoraka (Č) ima vrednosti od 30,28% do 34,80%. Najmanje vrednosti čistoće uglavnom su dobijene kod uzoraka sa dodatkom sojinog lecitina, a najveće kod uzoraka sa dodatkom suncokretovog lecitina.

3.3.5.3. Statistički uticaj vrste lecitina i vremena čuvanja na parametre boje uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda u vremenskom intervalu od šest meseci

U Tabeli 41 prikazan je statistički uticaj vrste lecitina (L) i meseci čuvanja uzoraka (M), kao i kombinacije ovih nezavisno promenljivih ($V \times M$) na promenu vrednosti parametara boje uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina iz soje, suncokreta i uljane repice na nivou značajnosti 0,05.

Vrsta lecitina statistički značajno utiče na promenu parametara boje $CiEL^*a^*b^*$ sistema u vremenskom intervalu od šest meseci čuvanja uzoraka, dok meseci čuvanja, kao nezavisno promenjiva, statistički značajno utiču na promenu vrednosti parametara L^* i a^* , ali ne i na parametar b^* . Međusobni uticaj dve navedene nezavisno promenjive statistički značajno utiču na učešće crvenog i žutog tona, na nivou značajnosti od 0,05.

Tabela 41. Statistički uticaj vrste lecitina i vremena čuvanja na CIEL*a*b i CIEYxy parametre boje uzoraka Ks/0,5/40, Ksu/0,5/40 i Kr/0,5/40 u vremenskom intervalu od šest meseci čuvanja

Nezavisno promenjive	p – vrednost					
	L*	a*	b*	λ*	Y*	Č
Vrsta lecitina (V)	0,000000*	0,000000*	0,000000*	0,000000*	0,000000*	0,000000*
Mesec (M)	0,000000*	0,044232*	0,202618 ^{ns}	0,000000*	0,000000*	0,000000*
V x M	0,172064 ^{ns}	0,000307*	0,000078*	0,034919*	0,158385 ^{ns}	0,000000*

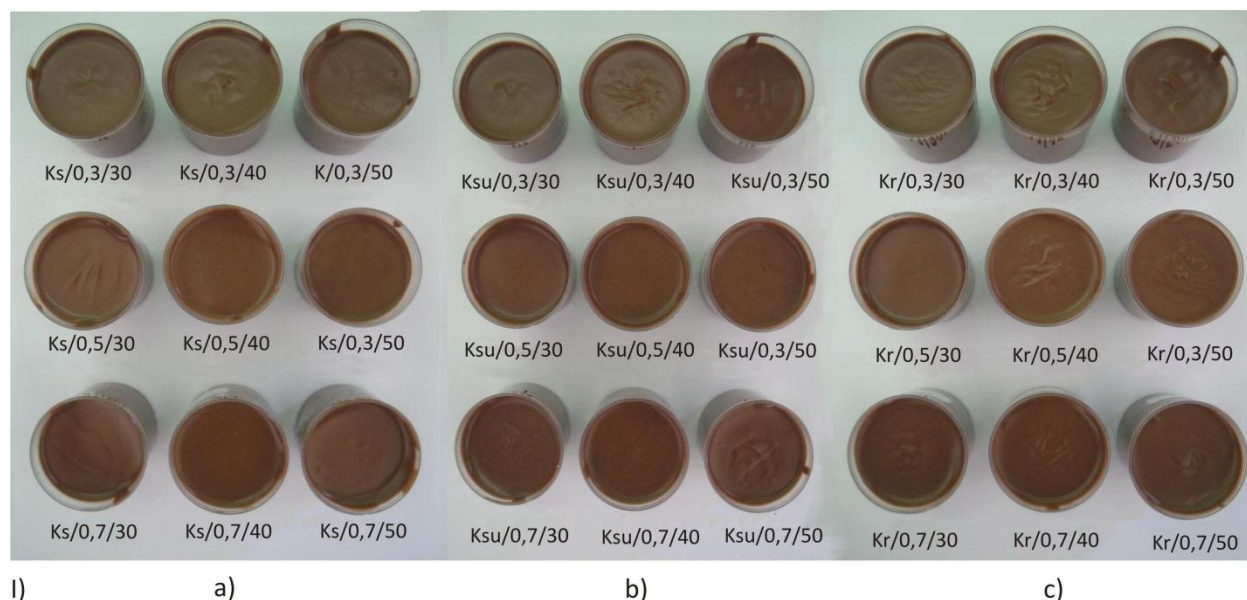
* Nezavisno promenjiva/kombinacija nezavisno promenjivih statistički značajno utiče na dati parametar boje na nivou značajnosti od 0,05 ($p < 0,05$)

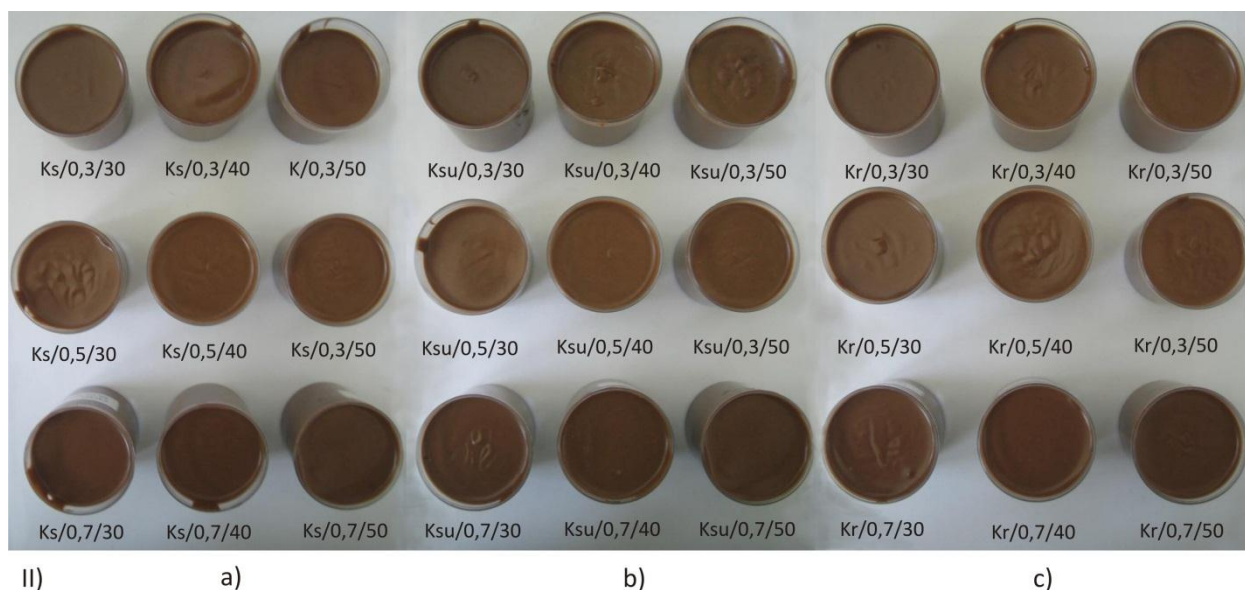
ns - nezavisno promenjiva/kombinacija nezavisno promenjivih statistički značajno ne utiče na dati parametar boje na nivou značajnosti od 0,05 ($p < 0,05$)

Obe nezavisno promenjive statistički značajno utiču na parametre boje CIEYxy sistema, na nivou značajnosti od 0,05. Kombinacija nezavisno promenjivih statistički značajno utiče na promenu vrednosti talasne dužine i čistoće, ali ne utiče statistički značajno na promenu vrednosti svetloće (Y), kao što je slučaj i kod parametra L* iz CIEL*a*b* sistema.

3.3.6. Senzorne karakteristike mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla u vremenskom intervalu od 6 meseci

Na Slici 34 (I) prikazan je izgled uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom sojinog, suncokretovog i repičinog lecitina u prvoj nedelji proizvodnje, dok je na Slici 34 (II) prikazan izgled uzoraka nakon šest meseci čuvanja na tamnom mestu i sobnoj temperaturi.



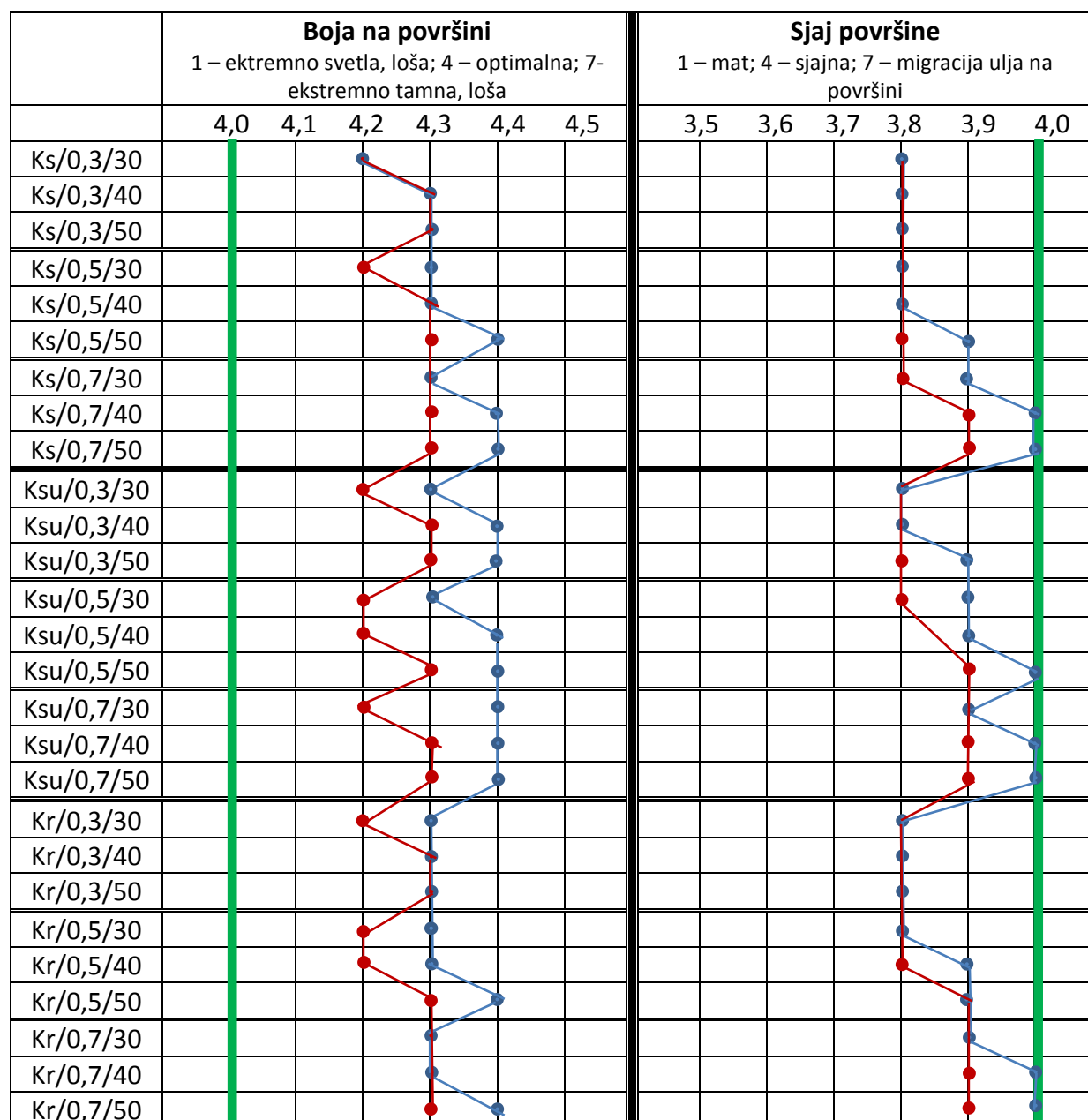


Slika 34. Uzorci mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom: a) sojinog lecitina, b) suncokretovog lecitina i c) repičinog lecitina u: I) prvoj nedelji proizvodnje i II) nakon šest meseci čuvanja

Senzorni pokazatelji su dobijeni metodom skale, sprovedeni od strane deset ocenjivača, u prvoj nedelji pripreme uzoraka, a zatim nakon dva, četiri i šest meseci čuvanja. Rezultati senzorne analize nakon drugog i četvrtog meseca prikazani su Prilogu 6, u Tabelama P6₂ i P6₄.

Na Slici 35 prikazane su senzorne ocene boje i sjaja površine uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda u prvoj nedelji proizvodnje i nakon šest meseci čuvanja. U prvoj nedelji proizvodnje svi uzorci imaju svojstvenu boju po kakau, bez prisustva bele i sive boje na površini. Koncentracija dodatog lecitina i vreme zadržavanja u kugličnom mlinu nemaju uticaja na boju uzoraka. Nakon šest meseci, nije došlo do značajnije promene boje na površini uzoraka.

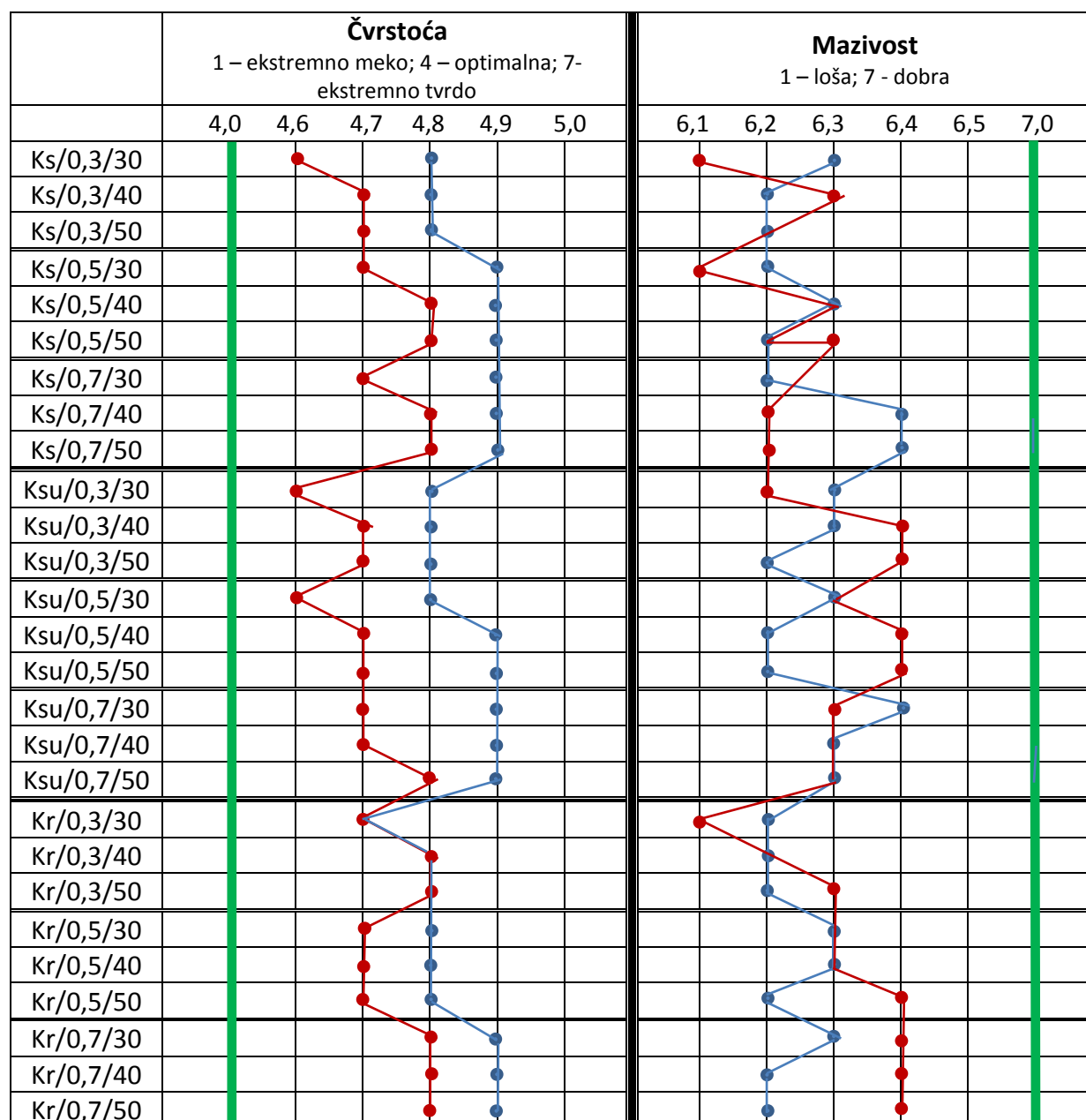
Sjaj površine uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla u prvoj nedelji proizvodnje je izražen, bez izdvajanja ulja na površini. Dodatak maksimalne koncentracije svih lecitina, pri vremenu mlevenja 40 i 50 minuta utiče na pojavu optimalnog sjaja kod svih uzoraka. Stajanjem uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda šest meseci nije došlo do gubitka intenziteta sjaja, niti do migracije ulja na površinu.



Slika 35. Boja i sjaj uzoraka u prvoj nedelji proizvodnje (●) i nakon šest meseci (●)

Na Slici 36 prikazane su senzorne ocene tvrdoće i mazivosti uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom u prvoj nedelji proizvodnje i nakon šest meseci čuvanja.

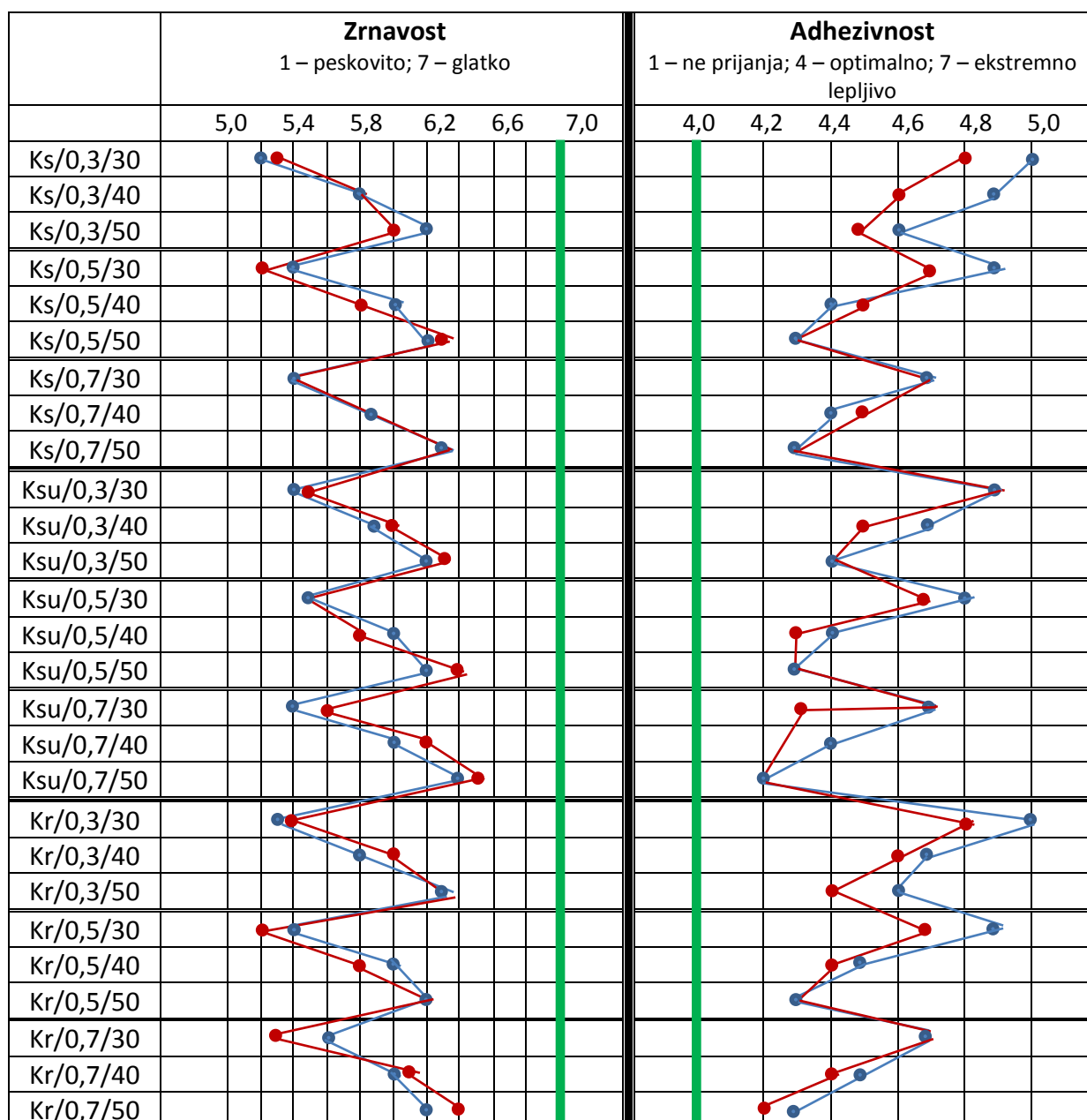
Svi uzorci mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla imaju veoma sličnu čvrstoću, gde je senzornim ocenjivanjem veoma teško uočiti razliku u konzistenciji između pojedinih uzoraka. S druge strane, senzorne ocene pokazuju da je čvrstoća svih uzoraka veća od optimalne. Čvrstoću povećava namenska mast koja je plastična, ali na sobnoj temperaturi ipak čvršće konzistencije od optimalne. Takođe, dodatak arome lešnika umesto dodatka minimalno 10% lešnik paste uslovljava veću čvrstoću uzoraka. Nakon šest meseci čuvanja uzoraka čvrstoća svih uzoraka se neznatno smanjuje, najverovatnije usled hemijskih promena nastalih u periodu čuvanja uzoraka od šest meseci.



Slika 36. Čvrstoća i mazivost uzoraka u prvoj nedelji proizvodnje (●) i nakon šest meseci (●)

Bez obzira na vrstu lecitina, svi uzorci mazivog kakao-krem proizvoda imaju dobru mazivost i pri nanošenju na keks ostavljaju tanak sloj i ne zaostaju na nožu. Međutim, nešto veća čvrstoća uzoraka od optimalne utiče na primenu veće sile pri mazanju, te ni jedan uzorak ne pokazuje optimalnu mazivost. Najbolju mazivost pokazuju uzorci sa dodatkom 0,7% sojinog lecitina pri vremenu mlevenja 40 i 50 minuta, kao i uzorak sa dodatkom 0,7% suncokretovog lecitina pri vremenu mlevenja 30 minuta. Stajanjem uzoraka mazivost se ne pogoršava, a kod nekih uzoraka se čak i poboljšava. Rezultati senzorne analize mazivosti su u skladu sa senzornim ocenjivanjem čvrstoće, koja se nakon šest meseci čuvanja uzoraka takođe smanjuje.

Senzorne ocene zrnivosti i adhezivnosti uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla prikazane su na Slici 37.

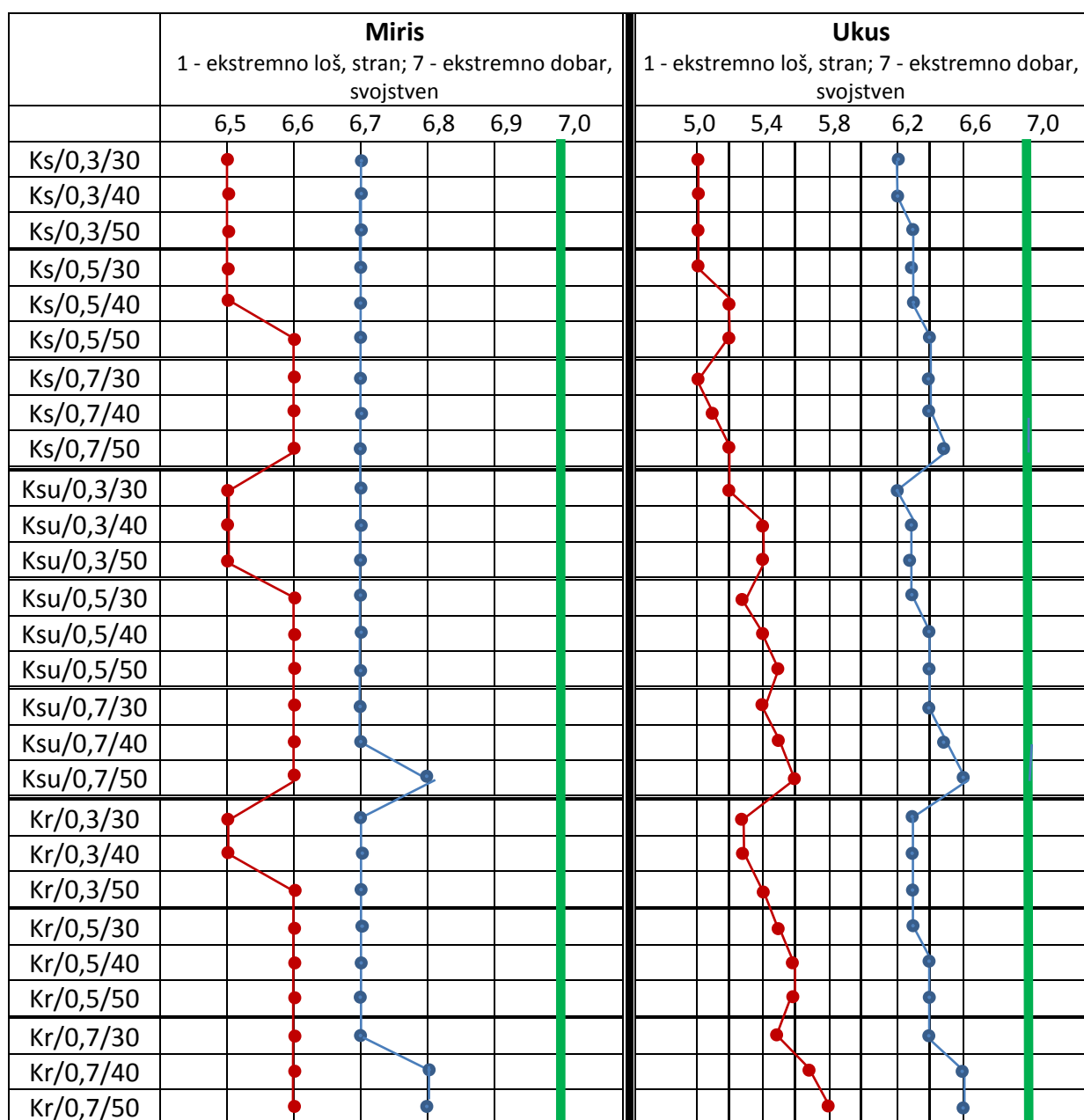


Slika 37. Zrnavost i adhezivnost u prvoj nedelji proizvodnje (●) i nakon šest meseci (●)

Vreme zadržavanja uzoraka u kugličnom mlinu ima uticaj na veličinu čestica i celokupni utisak pri konzumiranju mazivog kakao-krem proizvoda, kako u prvoj nedelji tako i posle šest meseci čuvanja. Uzorci sa vremenom mlevenja od 30 minuta sporije se tope i ostavljaju osećaj peskovitosti u ustima, koji, s druge strane, nije jako izražen. Vreme mlevenja od 40 minuta utiče na znatno poboljšanje topivosti i mazivosti i neznatan osećaj peskovitosti u ustima, dok se uzorci sa vremenom zadržavanja od 50 minuta u kugličnom mlinu najbrže tope i mažu po ustima tokom konzumiranja. Međutim, razlika u zrnavosti nije izražena kod uzoraka pri vremenu mlevenja od 40 i 50 minuta, pri čemu ni vreme mlevenja od 50 minuta nije dovoljno kako bi se uzorci optimalno mazali po ustima i topili prilikom konzumiranja. Uzorak mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom maksimalne koncentracije suncokretovog lecitina i vremenom mlevenja od 50 minuta u kugličnom mlinu ostavlja najbolji senzorni osećaj mazivosti i topivosti.

Koncentracija dodatog lecitina, kao i vreme zadržavanja u kugličnom mlinu, imaju uticaj na adhezivnost uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda prilikom konzumiranja. Produžavanje vremena mlevenja pri pojedinim koncentracijama svih lecitina uslovljava manju adhezivnost, gde najbolju adhezivnost pokazuju uzorci sa dodatkom 0,5 i 0,7% lecitina pri vremenu mlevenja od 50 minuta. Kao u u slučaju zrnivosti, maksimalno vreme zadržavanja od 50 minuta u kugličnom mlinu ipak nije dovoljno kakao bi se uzorci topili u ustima bez lepljenja za nepce. Stajanjem uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda šest meseci adhezivnost se ne pogoršava.

Na Slici 38 prikazane su senzorne ocene mirisa i ukusa uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina iz soje, suncokreta i uljane repice u prvoj nedelji proizvodnje i nakon šest meseci čuvanja.



Slika 38. Miris i ukus uzoraka u prvoj nedelji proizvodnje (●) i nakon šest meseci (●)

Miris svih uzraka je svojstven, zaokružen i aromatičan, bez izdvajanja mirisa po pojedinim sirovinama. Stajanjem uzoraka miris se za nijansu pogoršava, pri čemu je i dalje prijatan i zaokružen, ali je manje izražen.

U prvoj nedelji svi uzorci mazivog kakao-krem proizvoda imaju svojstven, zaokružen i aromatičan ukus, koji je još više naglašen kod uzoraka sa dodatkom maksimalne količine dodatog lecitina, naročito suncokretovog i repičinog lecitina pri vremenu mlevenja od 40 i 50 minuta u kugličnom mlinu. Takođe, ovi uzorci imaju manji osećaj slatkosti koji je dosta naglašen kod svih uzoraka. Nakon dva meseca čuvanja uzoraka ne dolazi do promene ukusa (Prilog 5, Tabela P5₂), dok se ukus neznatno pogoršava nakon četiri meseca čuvanja, pri čemu je slabije zaokružen (Prilog 5, Tabela P5₄). Nakon šest meseci čuvanja uzoraka ukus svih uzoraka je slabije aromatičan, pri čemu se ističe ukus po masti i naglašava osećaj slatkosti.

3.3.6.1. Statistički uticaj nezavisnih promenljivih na senzorne karakteristike uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla u prvoj nedelji proizvodnje

U Tabeli 42 prikazan je statistički uticaj vrste lecitina (L), koncentracije lecitina (C), vremena mlevenja (VM), kao i kombinacije ovih nezavisno promenljivih na promenu vrednosti senzornih parametara uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda na nivou značajnosti 0,05, u prvoj nedelji proizvodnje.

Tabela 42. Statistički uticaj vrste i koncentracije lecitina i vremena mlevenja na senzorne karakteristike uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda u prvoj nedelji proizvodnje

Nezavisno promenjive	p - vrednost			
	Boja na površini	Sjaj površine	Čvrstoća	Mazivost
L	0,653776 ^{ns}	0,629833 ^{ns}	0,578961 ^{ns}	0,761098 ^{ns}
C	0,707825 ^{ns}	0,006456*	0,310266 ^{ns}	0,761098 ^{ns}
VM	0,476374 ^{ns}	0,271032 ^{ns}	0,414736 ^{ns}	0,671309 ^{ns}
L x C	0,964117 ^{ns}	0,939773 ^{ns}	0,931687 ^{ns}	0,932099 ^{ns}
L x VM	0,944900 ^{ns}	0,985631 ^{ns}	0,996569 ^{ns}	0,963807 ^{ns}
C x VM	0,979970 ^{ns}	0,909103 ^{ns}	0,996569 ^{ns}	0,994751 ^{ns}
L x C x VM	0,996650 ^{ns}	0,999853 ^{ns}	0,999923 ^{ns}	0,993331 ^{ns}
Nezavisno promenjive	p - vrednost			
	Zrnavost	Adhezivnost	Miris	Ukus
L	0,813729 ^{ns}	0,371260 ^{ns}	0,966494 ^{ns}	0,793227 ^{ns}
C	0,351978 ^{ns}	0,000034*	0,902871 ^{ns}	0,003665*
VM	0,000000*	0,000000*	0,966494 ^{ns}	0,261749 ^{ns}
L x C	0,996373 ^{ns}	0,899664 ^{ns}	0,997741 ^{ns}	0,982823 ^{ns}
L x VM	0,999763 ^{ns}	0,999175 ^{ns}	0,999422 ^{ns}	0,996182 ^{ns}
C x VM	0,895621 ^{ns}	0,640267 ^{ns}	0,997741 ^{ns}	0,949029 ^{ns}
L x C x VM	0,976211 ^{ns}	0,989617 ^{ns}	0,999999 ^{ns}	0,998737 ^{ns}

* Nezavisno promenjiva/kombinacija nezavisno promenljivih statistički značajno utiče na dati parametar boje na nivou značajnosti od 0,05 ($p < 0,05$)

ns - nezavisno promenjiva/kombinacija nezavisno promenljivih statistički značajno ne utiče na dati parametar boje na nivou značajnosti od 0,05 ($p < 0,05$)

Vrsta lecitina, njegova koncentracija i vreme mlevenja ne utiču statistički značajno ($p < 0,05$) na promenu vrednosti boje na površini mazivog kakao-krem proizvoda, kao i na njegovu tvrdoću, mazivost i miris, kod svih uzoraka. Koncentracija lecitina statistički značajno utiče na sjaj površine uzoraka, kao i na ukus, dok ostale nezavisno promenjive nemaju statistički značajan uticaj na navedene senzorne pokazatelje. Adhezivnost uzoraka statistički značajno zavisi od uticaja koncentracije lecitina i vremena mlevenja ($p < 0,05$).

U Tabeli 43 prikazane su senzorne karakteristike uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom 0,5% lecitina iz soje, suncokreta i uljane repice, pri vremenu mlevenja od 40 minuta, svaka dva meseca u vremenskom intervalu od šest meseci čuvanja uzoraka.

Tabela 43. Senzorne karakteristike uzoraka Ks/0,5/40; Ksu/0,5/40 i Kr/0,5/40 u vremenskom intervalu od šest meseci čuvanja

Mesec	Uzorak	Senzorne karakteristike			
		Boja na površini	Sjaj površine	Čvrstoća	Mazivost
0	Ks/0,5/40	4,3±0,05 ^b	3,8±0,04 ^a	4,9±0,20	6,3±0,32
	Ksu/0,5/40	4,4±0,02 ^c	4,4±0,01 ^e	4,9±0,15	6,2±0,20
	Kr/0,5/40	4,3±0,06 ^b	4,3±0,02 ^d	4,8±0,22	6,3±0,20
2	Ks/0,5/40	4,3±0,01 ^b	3,9±0,05 ^b	4,8±0,13	6,4±0,15
	Ksu/0,5/40	4,3±0,05 ^b	3,8±0,05 ^a	4,8±0,10	6,3±0,25
	Kr/0,5/40	4,4±0,02 ^c	3,9±0,01 ^b	4,8±0,17	6,4±0,12
4	Ks/0,5/40	4,2±0,04 ^a	3,8±0,05 ^a	4,8±0,10	6,2±0,19
	Ksu/0,5/40	4,2±0,05 ^a	3,8±0,02 ^a	4,8±0,15	6,2±0,18
	Kr/0,5/40	4,3±0,07 ^b	3,8±0,04 ^a	4,8±0,16	6,3±0,25
6	Ks/0,5/40	4,3±0,04 ^b	3,8±0,03 ^a	4,8±0,20	6,3±0,22
	Ksu/0,5/40	4,2±0,01 ^a	4,2±0,01 ^c	4,7±0,12	6,4±0,15
	Kr/0,5/40	4,2±0,03 ^a	4,2±0,05 ^c	4,7±0,14	6,3±0,20

Mesec	Uzorak	Senzorne karakteristike			
		Zrnavost	Adhezivnost	Miris	Ukus
0	Ks/0,5/40	6,0±0,25	4,4±0,36	6,7±0,00 ^c	6,3±0,02 ^f
	Ksu/0,5/40	6,0±0,22	4,4±0,26	6,7±0,00 ^c	6,4±0,02 ^g
	Kr/0,5/40	6,0±0,12	4,5±0,50	6,7±0,02 ^c	6,4±0,01 ^g
2	Ks/0,5/40	6,0±0,45	4,5±0,50	6,7±0,00 ^c	6,3±0,00 ^f
	Ksu/0,5/40	5,9±0,27	4,4±0,42	6,7±0,05 ^c	6,3±0,03 ^f
	Kr/0,5/40	6,0±0,75	4,4±0,42	6,7±0,02 ^c	6,4±0,02 ^g
4	Ks/0,5/40	6,0±0,45	4,7±0,50	6,5±0,05 ^a	6,0±0,02 ^e
	Ksu/0,5/40	5,9±0,24	4,4±0,22	6,5±0,05 ^a	5,8±0,02 ^d
	Kr/0,5/40	6,0±0,75	4,5±0,35	6,5±0,03 ^a	5,8±0,02 ^d
6	Ks/0,5/40	5,8±0,20	4,5±0,20	6,5±0,02 ^a	5,2±0,06 ^a
	Ksu/0,5/40	5,8±0,32	4,3±0,35	6,6±0,03 ^b	5,4±0,05 ^b
	Kr/0,5/40	5,8±0,14	4,4±0,24	6,6±0,02 ^b	5,6±0,04 ^c

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

Vrednosti u svakoj koloni označene različitim slovima u superskriptu se statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$)

Boja i sjaj uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla imaju približno optimalne vrednosti tokom svih šest meseci čuvanja uzoraka. Čvrstoća i zrnavost uzoraka imaju za nijansu niže ocene nakon šest meseci, dok se mazivost i adhezivnost ne menjaju. Nakon četvrtog meseca dolazi do blagog pogoršanja mirisa i ukusa, pri čemu nakon šestog meseca miris ne gubi intenzitet, a ukus se dodatno pogoršava.

3.3.6.2. Statistički uticaj vrste lecitina i vremena čuvanja na senzorne parametre uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda u vremenskom intervalu od šest meseci čuvanja

U Tabeli 44 prikazan je statistički uticaj vrste lecitina (L) i meseci čuvanja uzoraka (M), kao i kombinacije ovih nezavisno promenljivih (V x M) na promenu vrednosti senzornih parametara uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom 0,5% lecitina iz soje, suncokreta i uljane repice, pri vremenu mlevenja od 40 minuta u kugličnom mlinu, na nivou značajnosti 0,05.

Tabela 44. Statistički uticaj vrste lecitina i vremena čuvanja na senzorne karakteristike uzoraka Ks/0,5/40, Ksu/0,5/40 i Kr/0,5/40 u vremenskom intervalu od šest meseci čuvanja

Nezavisno promenjive	p – vrednost			
	Boja na površini	Sjaj površine	Čvrstoća	Mazivost
Vrsta lecitina (V)	0,260883 ^{ns}	0,485692 ^{ns}	0,710140 ^{ns}	0,843129 ^{ns}
Mesec (M)	0,000004*	0,002357*	0,318954 ^{ns}	0,525483 ^{ns}
V x M	0,000193*	0,002541*	0,975796 ^{ns}	0,955289 ^{ns}
Nezavisno promenjive	p – vrednost			
	Zrnavost	Adhezivnost	Miris	Ukus
Vrsta lecitina (V)	0,940400 ^{ns}	0,625194 ^{ns}	0,083919 ^{ns}	0,000000*
Mesec (M)	0,718391 ^{ns}	0,886474 ^{ns}	0,000000*	0,000000*
V x M	0,999953 ^{ns}	0,992254 ^{ns}	0,035207*	0,000000*

* Nezavisno promenjiva/kombinacija nezavisno promenljivih statistički značajno utiče na dati parametar boje na nivou značajnosti od 0,05 ($p < 0,05$)

ns - nezavisno promenjiva/kombinacija nezavisno promenljivih statistički značajno ne utiče na dati parametar boje na nivou značajnosti od 0,05 ($p < 0,05$)

Vreme čuvanja uzoraka ima statistički značajan uticaj ($p < 0,05$) na boju i sjaj površine mazivog kakao-krem proizvoda, kao i na miris i ukus. Vrsta lecitina nema statistički značajan uticaj ni na jedan senzorni pokazatelj tokom svih šest meseci čuvanja uzorka. Kombinacija uticaja vrste lecitina i vremena čuvanja ima statistički značajan uticaj na boju, sjaj, miris i ukus uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla.

3.3.7. Održivost uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla u vremenskom intervalu od šest meseci čuvanja

Isparljivi aldehidi, sekundarni produkti oksidacije lipida, utiču na promenu ukusa i ukazuju na kvarljivost proizvoda. Kvantifikacija isparljivih aldehida izvedena je na osnovu distribucije isparljivih jedinjenja između statične gasne faze i uzorka, pod definisanim uslovima, primenom static headspace (SHS-GC) metode. Sadržaj aldehida u uzorcima mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom 0,5% lecitina različitog porekla i pri maksimalnom vremenu zadržavanja u kugličnom mlinu, određen je u prvoj nedelji proizvodnje, a zatim nakon dva, četiri i šest meseci čuvanja na tamnom mestu i sobnoj temperaturi.

Tabela 45. Sadržaj isparljivih aldehida u uzorcima mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla u vremenskom intervalu od šest meseci čuvanja uzoraka

Mesec	Uzorak	Aldehidi (mg/kg)					Ukupni aldehidi (mg/kg)
		Propanal	Pentanal	Heksanal	Heptanal	Oktanal	
0	Ks/0,5/50	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	0,48±0,02	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	0,48±0,02
0	Ksu/0,5/50	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	0,49±0,02	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	0,49±0,02
0	Kr/0,5/50	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	0,50±0,03	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	0,50±0,03
2	Ks/0,5/50	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	0,49±0,02	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	0,49±0,02
2	Ksu/0,5/50	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	0,49±0,01	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	0,49±0,01
2	Kr/0,5/50	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	0,45±0,02	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	0,45±0,02
4	Ks/0,5/50	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	0,47±0,03	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	0,47±0,03
4	Ksu/0,5/50	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	0,45±0,03	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	0,45±0,03
4	Kr/0,5/50	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	0,49±0,02	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	0,49±0,01
6	Ks/0,5/50	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	0,49±0,02	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	0,49±0,02
6	Ksu/0,5/50	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	0,46±0,04	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	0,46±0,04
6	Kr/0,5/50	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	0,48±0,02	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	0,48±0,02

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

a) Nije detektovano

Rezultati prikazani u Tabeli 45 pokazuju da u vremenskom intervalu od šest meseci čuvanja uzoraka dolazi do formiranja zanemarljive količine aldehida, koja u prvoj nedelji proizvodnje iznosi oko 0,50 mg/kg kod svih uzoraka i ne povećava se tokom vremenskog perioda od šest meseci. Prisutan je samo heksanal, dok ostali aldehidi nisu detektovani. S druge strane, na hromatogramu su prisutni neidentifikovani pikovi koji ukazuju da je ipak došlo do formiranja određenih jedinjenja, kao posledica hemijske promene u masnoj fazi uzoraka. Senzorna analiza je takođe potvrdila određene promene u ukusu proizvoda nakon četiri i šest meseci čuvanja, koje nisu izražene u većoj meri, ali ipak ukazuju na pojavu hidrolize i stvaranje ostalih sekundarnih produkata oksidacije u uzorcima mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina iz soje, suncokreta i uljane repice.

3.4. KARAKTERISTIKE MASNE FAZE MAZIVOG KAKAO-KREM PROIZVODA SA ZAMENOM 50, 70 I 100% SUNCOKRETOVOG ULJA ULJIMA IZ SEMENA SOJE, ULJANE REPICE I SUSAMA

3.4.1. Sastav masnih kiselina ulja iz semena suncokreta, soje, uljane repice i susama

U Tabeli 46 prikazan je masnokiselinski sastav ulja iz semena suncokreta, soje, uljane repice i susama, korišćenih u proizvodnji mazivog kakao-krem proizvoda.

Tabela 46. Sastav masnih kiselina ulja iz semena suncokreta, soje, uljane repice i susama

Masna kiselina (%)	Suncokretovo ulje	Ulje iz semena soje	Ulje iz semena uljane repice	Ulje iz semena susama
C14:0	0,15±0,01	0,07±0,01	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}
C16:0	6,91±0,17	10,57±0,26	5,84±0,14	9,38±0,20
C16:1	n.d. ^{a)}	0,04±0,01	0,51±0,04	0,20±0,01
C18:0	4,00±0,15	7,19±0,04	2,03±0,07	5,71±0,13
C18:1	31,68±0,36	28,37±0,21	53,25±0,62	40,88±0,39
C18:2	56,79±0,52	46,51±0,52	24,61±0,32	42,60±0,46
C18:3	n.d. ^{a)}	7,02±0,19	10,95±0,24	1,23±0,10
C20:0	n.d. ^{a)}	n.d. ^{a)}	2,57±0,06	n.d. ^{a)}
Zasićene	11,06	17,83	10,44	15,09
Mononezasićene	31,68	28,41	53,76	41,08
Polinezasićene	56,79	53,53	35,56	43,83

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

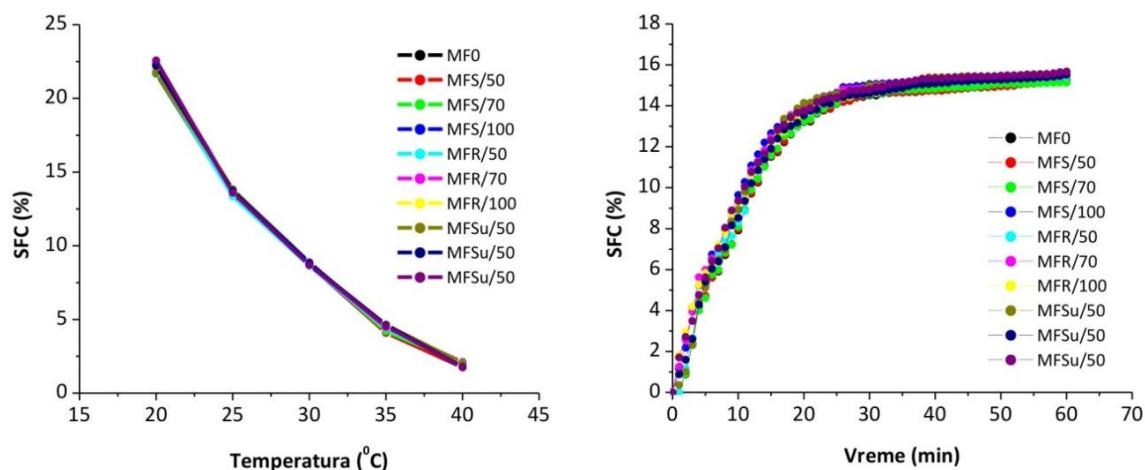
^{b)} Nije detektovano

Suncokretovo ulje, koje se u konditorskoj industriji u Srbiji koristi u proizvodnji mazivog kakao-krem proizvoda, bogato je ω -6 masnim kiselinama (56,79% linolne), sadrži 31,68% ω -9 masnih kiselina (oleinske), ali ne sadrži α -linolensku ω -3 masnu kiselinu. Ulje iz semena soje sadrži niži udeo ω -6 masnih kiselina (46,51%), i ω -9 masnih kiselina (28,37%) od suncokretovog ulja, ali s druge strane, sadrži 7,02% ω -3 masnih kiselina. Za razliku od ulja iz semena soje i suncokreta, ulje iz semena uljane repice sadrži najveći udeo mononezasićenih masnih kiselina (53,25% ω -9), znatno manju količinu ω -6 masnih kiselina (24,61%), i visoki udeo ω -3 masnih kiselina (10,95%). Ulje iz semena susama ima približno isti udeo ω -6 (42,60%) i ω -9 masnih kiselina (40,88%) i mali udeo ω -3 masnih kiselina (1,23%). Mali udeo nezasićene arahinske masne kiseline prisutan je u ulju iz semena uljane repice, dok u ostalim uljima pomenuta masna kiselina nije detektovana.

Sva ispitivana ulja sadrže palmitinsku zasićenu masnu kiselinu, koja je u najvećem udelu prisutna u uljima iz semena soje (10,57%) i susama (9,38%), zatim u ulju iz semena suncokreta (6,91%), a u najmanjem udelu u ulju iz semena uljane repice (5,84%).

3.4.2. Sadržaj čvrstih triglicerida (SFC) masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz soje, uljane repice i susama

Na Slici 39 prikazan je sadržaj čvrstih triglicerida (SFC) masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i susama, na temperaturama 20, 25, 30, 35 i 40°C, kao i promena SFC u funkciji vremena, u izotermnim uslovima na 20°C.



Slika 39. Promena SFC masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i susama u funkciji temperature i vremena

Zamena određenog dela i celokupna zamena suncokretovog ulja uljima iz soje, uljane repice i susama nema uticaj na SFC mešavine masti i ulja. Na 20°C SFC kod svih uzoraka je najveći i iznosi oko 22%, dok sa postepenim povećanjem temperature opada i na 40°C iznosi oko 2% kod svih uzoraka. Na osnovu eksperimentalnih podataka određivanja SFC u funkciji vremena, na 20°C, izračunati su parametri Gompertz-ovog modela (a , μ , λ i R^2) (Tabela 47).

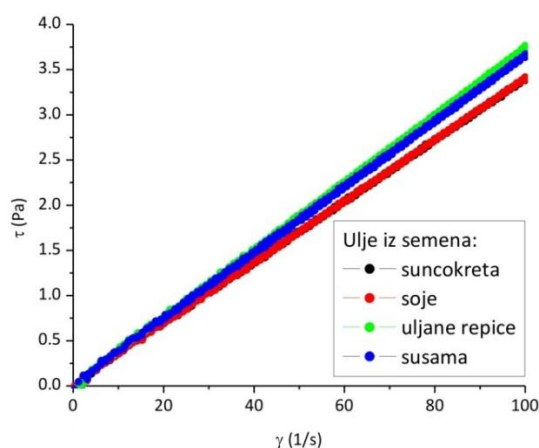
Tabela 47. Parametri Gompertz-ovg matematičkog modela

Uzorak	a (%)	μ (%/min)	λ (min)	R^2
MFO	15,04	0,92	0,31	0,99
MFS/50	14,93	0,88	0,44	0,99
MFS/70	14,97	0,89	0,51	0,99
MFS/100	15,33	0,95	0	0,99
MFR/50	15,19	0,92	0,15	0,99
MFR/70	15,41	0,89	0	0,99
MFR/100	15,31	0,83	0	0,99
MFSu/50	15,38	0,98	0,52	0,99
MFSu/70	15,18	0,89	0	0,99
MFSu/100	15,38	0,89	0,17	0,99

Sadržaj formiranih triglicerida je približno isti u svim uzorcima masne faze mazivog kakao-krem proizvoda, gde uzorci sa zamenom 50 i 70% suncokretovog ulja uljem iz semena soje imaju neznatno manji sadržaj formirane čvrste faze u odnosu na ostale uzorke. Brzina kristalizacije ima vrednosti od 0,83 %/min (MFR/100) do 0,98 %/min (MFSu/50). Parametar λ ima vrednosti od 0 do 0,51 što ukazuje na zanemarljiv indukcionni period i veoma brzo formiranje kristalizacionih centara. Primenljivost Gompertz-ovog matematičkog modela za definisanje kinetike kristalizacije potvrđuje visoka vrednost koeficijenta determinacije čija je vrednost 0,99 kod svih uzoraka.

3.4.3. Viskozitet ulja iz semena suncokreta, soje, uljane repice i susama

Na Slici 40 prikazana je promena napona smicanja ispitivanih ulja u zavisnosti od primenjene brzine smicanja, a srednje vrednosti viskoziteta na maksimalnoj brzini smicanja prikazane su u Tabeli 48.



Slika 40. Krive proticanja ulja iz semena suncokreta, soje, uljane repice i susama

Tabela 48. Viskozitet ulja iz semena suncokreta, soje, uljane repice i susama

Ulje iz semena	Srednja vrednost viskoziteta na max brzini smicanja (Pas)
Suncokreta	0,034±0,005 ^a
Soje	0,034±0,005 ^a
Uljane repice	0,037±0,01 ^b
Susama	0,036±0,005 ^b

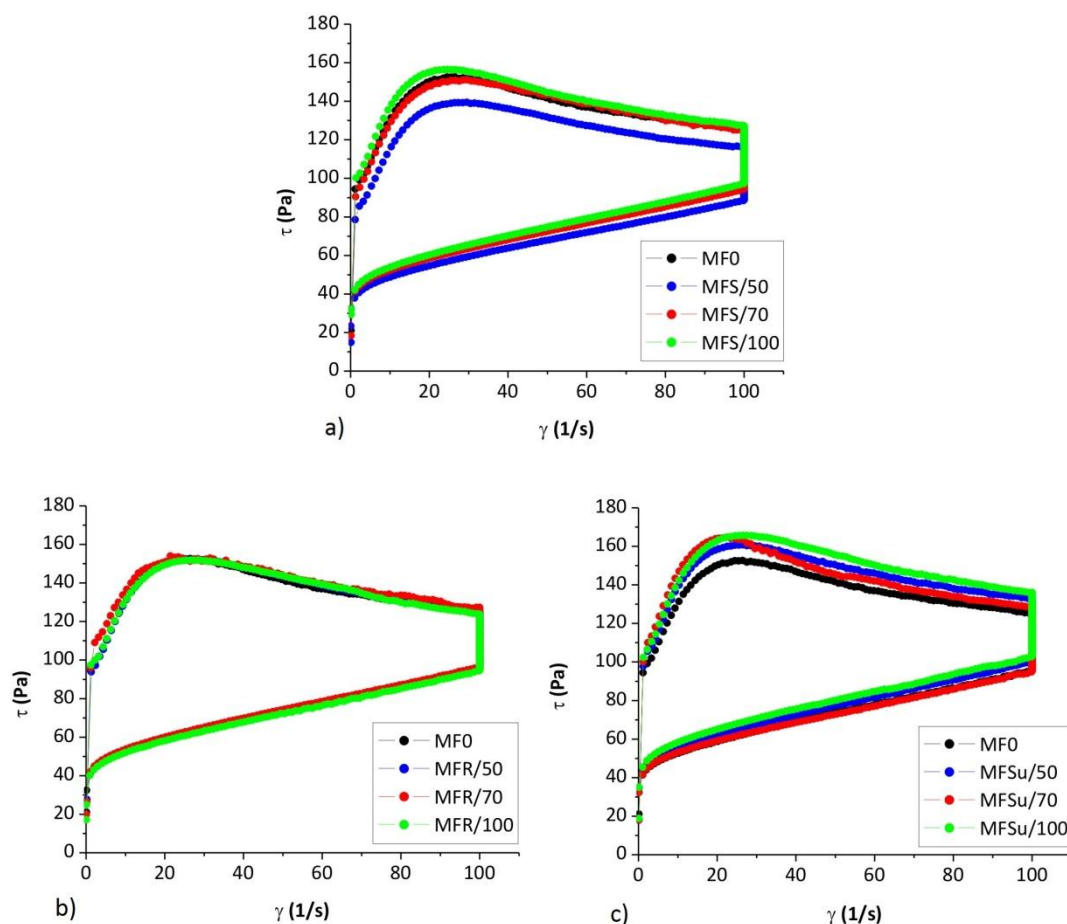
Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

Vrednosti u koloni označene različitim slovima u superskriptu se statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$)

Krive proticanja ulja iz semena soje i suncokreta se poklapaju, a dobijeni rezultati pokazuju da pomenuta ulja imaju istu srednju vrednost viskoziteta (0,034 Pas) na maksimalnoj brzini smicanja od 100s^{-1} . Nešto veću vrednost viskoziteta pokazuju ulja iz semena susama (0,036 Pas) i uljane repice (0,037 Pas), gde se vrednosti međusobno statistički značajno ne razlikuju ($p < 0,05$), ali se statistički značajno razlikuju od vrednosti viskoziteta koje pokazuju ulja iz semena suncokreta i soje.

3.4.4. Reološke karakteristike masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz soje, uljane repice i susama

Na Slici 41 prikazane su krive proticanja masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz soje, uljane repice i susama. Svi uzorci pokazuju tiksotropno proticanje.



Slika 41. Krive proticanja uzoraka masne faze sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz semena: a) soje, b) uljane repice i c) susama

Reološki parametri ispitivanih uzoraka, dobijeni stacionarnim i dinamičkim oscilatornim merenjima, dati su u Tabeli 49. Dinamička oscilatorna merenja u linearnom viskoelastičnom režimu pokazala su dominaciju elastičnog modula kod svih uzoraka masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom dela i celokupne količine suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i susama. Vrednosti odnosa elastičnog (G') i viskoznog modula (G'') se kod svih uzoraka statistički značajno ne razlikuju na nivou značajnosti od 0,05.

Tabela 49. Reološki parametri masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i suncokreta pri dinamičkom oscilatornom i stacionarnom merenju

Uzorak	$\tan \delta = G''/G'$	Prinosni napon (Pa)	Površina tiksotropne petlje (Pa/s)	Srednja vrednost viskoziteta (Pas)
MFO	0,51±0,08	21,09±2,13 ^c	6359±10,42 ^b	1,07±0,03
MFS/50	0,52±0,09	14,91±2,20 ^a	5760±18,80 ^a	1,00±0,05
MFS/70	0,55±0,04	18,49±1,72 ^{b,c}	6410±26,32 ^c	1,06±0,06
MFS/100	0,49±0,05	29,51±1,89 ^d	6562±23,65 ^e	1,09±0,06
MFR/50	0,48±0,04	27,73±2,10 ^d	6407±25,36 ^c	1,08±0,03
MFR/70	0,49±0,08	20,03±1,24 ^{b,c}	6529±33,80 ^{d,e}	1,09±0,05
MFR/100	0,49±0,06	17,18±1,32 ^{a,b}	6510±27,16 ^d	1,05±0,07
MFSu/50	0,50±0,07	18,04±1,10 ^{b,c}	6771±36,10 ^f	1,13±0,04
MFSu/70	0,53±0,04	18,10±1,44 ^{b,c}	7045±24,26 ^h	1,08±0,02
MFSu/100	0,52±0,03	18,86±1,28 ^{b,c}	6920±14,36 ^g	1,16±0,05

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

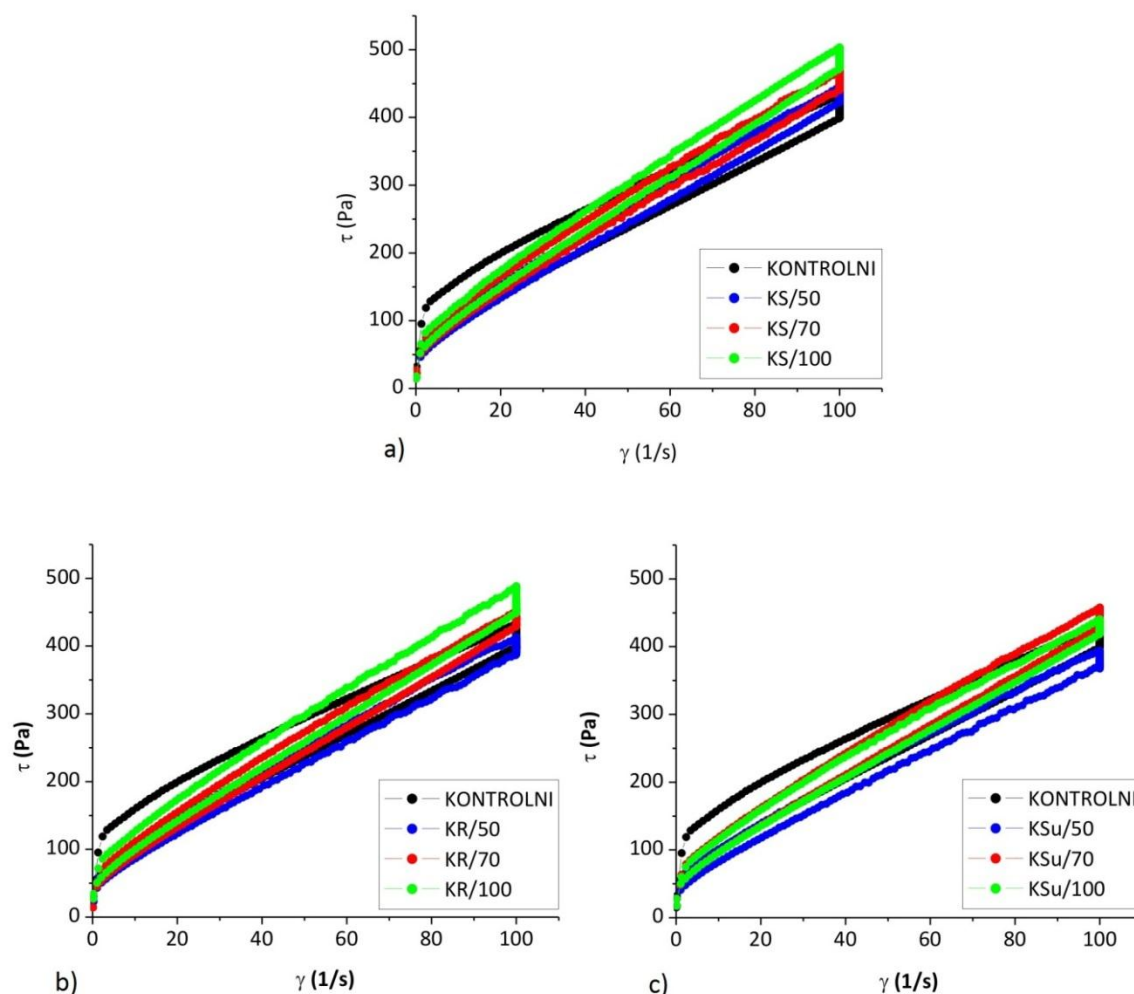
Vrednosti u svakoj koloni označene različitim slovima u superskriptu se statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$)

Površina tiksotropne petlje uzoraka masne faze sa dodatkom ulja iz semena soje, uljane repice i susama se povećava u odnosu na kontrolni uzorak masne faze sa dodatkom 100% ulja iz semena suncokreta (6359 Pa/s). Izuzetak je uzorak sa zamenom 50% suncokretovog ulja uljem iz semena soje koji ima najmanju i statistički značajnu ($p < 0,05$) vrednost površine tiksotropne petlje (5760 Pa/s) u odnosu na ostale uzorke. Pomenuti uzorak ima i najmanju vrednost prinosnog napona (14,91 Pa), koja se takođe statistički značajno razlikuje u odnosu na ostale uzorke masne faze mazivog kakao-krem proizvoda, na nivou značajnosti 0,05. Zamena suncokretovog ulja uljem iz semena susama dovodi povećanja složenosti sistema, gde uzorci masne faze sa dodatkom susamovog ulja imaju statistički značajno veće vrednosti površine tiksotropne petlje u odnosu na ostale uzorke masne faze mazivog kakao-krem proizvoda. Veće vrednosti viskoziteta repičinog i susamovog ulja ne utiču na povećanje viskoziteta masne faze mazivog kakao-krem proizvoda. Srednje vrednosti viskoziteta uzoraka na maksimalnoj brzini smicanja iznose od 1,00 do 1,16 Pas i ne razlikuju se statistički značajno u 95% intervalu poverenja srednje vrednosti tri merenja.

3.5. KARAKTERISTIKE MAZIVOG KAKAO-KREM PROIZVODA SA ZAMENOM 50, 70 I 100% SUNCOKRETOVOG ULJA ULJIMA IZ SEMENA SOJE, ULJANE REPICE I SUSAMA

3.5.1. Reološke karakteristike mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i susama

Na Slici 42 prikazane su reološke karakteristike uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i susama, dobijene pri stacionarnom merenju.



Slika 42. Tiksotropne petlje uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz semena: a) soje, b) uljane repice i c) susama

Svi uzorci pokazuju tiksotropno proticanje, pri čemu kontrolni uzorak sa suncokretovim uljem pokazuje veću složenost sistema pri nižim brzinama smicanja, u odnosu na ostale uzorke mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom sojinog, repičinog i

susamovog ulja. To se manifestuje u najvećoj vrednosti prinosnog napona po Casson-u (74,83 Pa) i površine tiksotropne petlje kontrolnog uzorka (5449 Pa/s), koje se statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$) u odnosu na vrednosti prinosnog napona i površine tiksotropne petlje ostalih uzoraka, kao što je prikazano u Tabeli 50. S druge strane, kontrolni uzorak ima statistički značajnu ($p < 0,05$) najnižu vrednost viskoziteta po Casson-u (1,46 Pas) u odnosu na ostale uzorke mazivog kakao-krem proizvoda.

Tabela 50. Reološki parametri uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i susama pri dinamičkom oscilatornom i stacionarnom merenju

Uzorak	$\tan \delta = G''/G'$	Površina tiksotropne petlje (Pa/s)	Viskozitet na max brzini smicanja (Pas)	Prinosni napon po Casson-u (Pa)	Viskozitet po Casson-u (Pas)
KONTROLNI	0,62±0,14 ^{d,e}	5449±12,36 ^h	4,12±0,04 ^c	74,83±0,23 ^h	1,46±0,09 ^a
KS/50	0,28±0,25 ^a	2657±13,52 ^a	4,32±0,05 ^{d,e}	28,31±0,14 ^a	2,48±0,04 ^{d,e}
KS/70	0,54±0,10 ^{b,c,d,e}	3084±15,62 ^d	4,52±0,06 ^f	33,22±0,09 ^d	2,52±0,05 ^{d,e}
KS/100	0,70±0,11 ^e	3261±21,52 ^e	4,87±0,06 ^g	33,36±0,11 ^d	2,76±0,08 ^f
KR/50	0,55±0,04 ^{c,d,e}	2815±19,10 ^{b,c}	3,97±0,03 ^b	28,72±0,13 ^b	2,23±0,10 ^c
KR/70	0,62±0,08 ^{d,e}	2836±14,30 ^{b,c}	4,38±0,09 ^{d,e}	29,14±0,10 ^c	2,50±0,05 ^{d,e}
KR/100	0,68±0,10 ^e	4111±14,26 ^g	4,61±0,07 ^f	36,77±0,07 ^g	2,54±0,07 ^e
KSu/50	0,36±0,09 ^{a,b}	2811±12,98 ^b	3,78±0,04 ^a	28,10±0,12 ^a	2,11±0,06 ^b
KSu/70	0,47±0,05 ^{b,c,d}	3382±18,42 ^f	4,42±0,06 ^e	33,91±0,08 ^e	2,41±0,05 ^d
KSu/100	0,73±0,09 ^e	2843±13,30 ^c	4,29±0,05 ^d	35,40±0,10 ^f	2,25±0,06 ^c

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

Vrednosti u svakoj koloni označene različitim slovima u superskriptu se statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$)

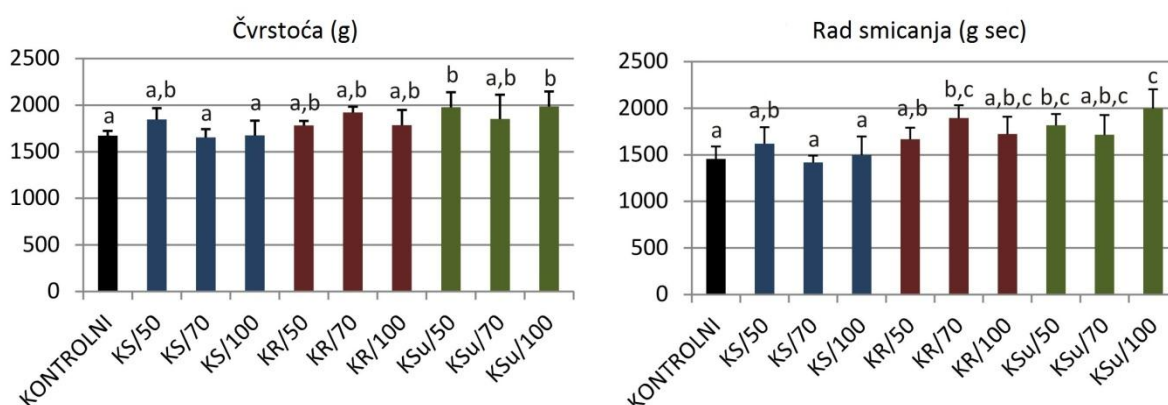
Najmanju i statistički značajnu ($p < 0,05$) vrednost površine tiksotropne petlje (2657 Pa/s) ima uzorak mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50% suncokretovog ulja uljem iz semena soje, kao što je bio slučaj i u samoj masnoj fazi mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom 50% ulja iz semena soje. Povećanje koncentracije sojinog, kao i repičinog ulja, dovodi do povećanja složenosti sistema i viskoziteta. Naime, povećanje koncentracije ulja iz semena soje i repice sa 50 na 70 i 100% dovodi do povećanja vrednosti površine tiksotropne petlje i viskoziteta na maksimalnoj brzini smicanja, kao i viskoziteta po Casson-u. Najveće vrednosti površine tiksotropne petlje i viskoziteta po Casson-u ima uzorak sa 100% ulja iz semena uljane repice (4111 Pa/s i 2,54 Pas), koje se statistički značajno razlikuju u odnosu na ostale uzorke u 95% intervalu srednje vrednosti tri merenja. Povećanje koncentracije susamovog ulja sa 50 na 70% takođe dovodi do povećanja složenosti sistema, koja se manifestuje u povećanju površine tiksotropne petlje, prinosnog napona i viskoziteta. Međutim, zamena celokupne količine suncokretovog ulja uljem iz semena susama dovodi do smanjenja vrednosti pomenutih reoloških parametara u odnosu na uzorke sa zamenom 70% suncokretovog ulja uljem iz semena susama.

Reološka merenja u viskoelastičnom režimu pokazuju dominaciju modula elastičnosti (G') pri svim ugaonim brzinama. Povećanje koncentracije svih ulja uzrokuje povećanje modula viskoznosti i vrednosti $\tan \delta$, što je u korelaciji sa vrednostima viskoziteta uzoraka,

sa izuzetkom kod uzorka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom 100% ulja iz semena susama.

3.5.2. Teksturalne karakteristike mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i susama

Na Slici 43 prikazane su teksturalne karakteristike uzorka mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom dela i celokupne količine suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i susama.



Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

Vrednosti na oba histograma označene različitim slovima se statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$)

Slika 43. Čvrstoća i rad smicanja uzorka mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i susama

Vrednosti teksturalnih karakteristika uzorka mazivog kakao-krem proizvoda se uglavnom statistički značajno ne razlikuju u 95% intervalu poverenja srednje vrednosti tri merenja u odnosu na kontrolni uzorak, gde vrednosti čvrstoće i rada smicanja iznose 1672,65 g i 1456,54 g sec, respektivno. Izuzetak su uzorci sa zamenom 50 i 100% suncokretovog ulja uljem iz semena susama koji imaju povišene vrednosti čvrstoće i rada smicanja. Teksturalni parametri uzorka sa zamenom 50% suncokretovog ulja uljem iz semena susama iznose 1979,95 g za čvrstoću i 1456,64 g sec za rad smicanja, dok kod uzorka sa dodatkom 100% susamovog ulja dostižu vrednost od 1985,31 g za čvrstoću i 2000,91 g sec za rad smicanja.

Vrednosti rada smicanja svih uzorka mazivog kakao-krem proizvoda imaju niže vrednosti od čvrstoće i ukazuju na dobru mazivost, koja predstavlja jednu od najbitnijih karakteristika mazivog kakao-krem proizvoda.

3.5.3. Boja na površini mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i susama u vremenskom intervalu od šest meseci čuvanja uzoraka

Učešće pojedinih tonova boje i svetloća površine mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i susama, u prvoj nedelji proizvodnje, prikazano je u Tabeli 51 (definisano CIE L*a*b* sistemom) i 52 (definisano CIE Yxy sistemom).

Tabela 51. CIE L*a*b* parametri boje na površini kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i susama u prvoj nedelji proizvodnje

Uzorak	CIE L*a*b*		
	L*	a*	b*
KONTROLNI	34,41±0,31 ^c	9,95±0,12 ^{b,c}	11,31±0,33 ^e
KS/50	34,18±0,51 ^c	10,54±0,48 ^d	11,14±0,74 ^{d,e}
KS/70	34,30±0,27 ^c	10,03±0,09 ^c	10,81±0,09 ^{c,d,e}
KS/100	34,48±0,03 ^c	9,94±0,24 ^{b,c}	10,20±0,32 ^{b,c}
KR/50	33,09±0,12 ^b	10,79±0,15 ^d	11,51±0,25 ^e
KR/70	31,44±1,45 ^a	9,82±0,18 ^{a,b,c}	10,45±0,27 ^{b,c,d}
KR/100	32,91±0,30 ^b	9,37±0,55 ^a	9,28±0,68 ^a
KSu/50	32,38±0,17 ^{a,b}	9,96±0,07 ^{b,c}	10,24±0,17 ^{b,c}
KSu/70	33,17±0,12 ^b	9,83±0,25 ^{a,b,c}	10,22±0,34 ^{b,c}
KSu/100	31,52±0,41 ^a	9,47±0,10 ^{a,b}	9,74±0,18 ^b

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

Vrednosti u svakoj koloni označene različitim slovima u superskriptu se statistički značajno razlikuju (p<0,05)

Kontrolni uzorak sa dodatkom 100% suncokretovog ulja i uzorci mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom sojinog ulja imaju najveće vrednosti svetloće (L*), odnosno najvetliju boju površine, koje se međusobno statistički značajno ne razlikuju u 95% intervalu poverenja srednje vrednosti tri merenja. Uzorci sa dodatkom ulja iz semena uljane repice i susama imaju tamniju boju površine, čije se vrednosti statistički značajno razlikuju u odnosu na vrednosti svetloće kontrolnog uzorka i uzoraka sa dodatkom ulja iz semena soje.

Sa povećavanjem udela ulja iz soje, uljane repice i susama učešće crvenog (a*) i žutog (b*) tona opada, pri čemu uzorak sa dodatkom 100% ulja iz semena uljane repice ima statistički značajne najmanje vrednosti crvenog (9,37) i žutog tona (9,28) (p<0,05), u odnosu na ostale uzorke mazivog kakao-krem proizvoda.

Dominantna talasna dužina (λ) raste sa povećanjem udela sojinog, repičinog i susamovog ulja, pri čemu uzorak mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom 100% ulja iz semena uljane repice ima najveću vrednost talasne dužine (591,45 nm), koja se statistički značajno razlikuje u odnosu na ostale uzorke (p<0,05).

Svetloća (Y) uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda ima tendenciju rasta i opadanja kao i svetloća (L*) izražena CIEL*a*b* sistemom.

Tabela 52. CIE Yxy parametri boje na površini kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i susama u prvoj nedelji proizvodnje

Uzorak	CIE Yxy		
	λ (nm)	Y (%)	Č (%)
KONTROLNI	591,12±0,09 ^e	8,07±0,13 ^{c,d}	30,08±0,36 ^f
KS/50	590,46±0,02 ^a	7,63±0,72 ^{a,b}	29,51±0,27 ^e
KS/70	590,91±0,06 ^{c,d}	8,08±0,13 ^{c,d}	27,16±0,54 ^c
KS/100	591,06±0,13 ^{d,e}	8,15±0,26 ^d	25,36±0,34 ^a
KR/50	590,86±0,08 ^c	7,58±0,06 ^{b,c,d}	31,03±0,25 ^g
KR/70	590,72±0,16 ^b	6,85±0,63 ^a	30,58±0,24 ^{f,g}
KR/100	591,45±0,05 ^f	7,50±0,14 ^{b,c}	29,42±0,36 ^e
KSu/50	590,95±0,03 ^{c,d}	7,25±0,08 ^{a,b}	28,68±0,34 ^d
KSu/70	590,96±0,07 ^{c,d}	7,61±0,06 ^{b,c,d}	26,54±0,22 ^b
KSu/100	591,17±0,09 ^e	6,88±0,18 ^a	28,92±0,27 ^{d,e}

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

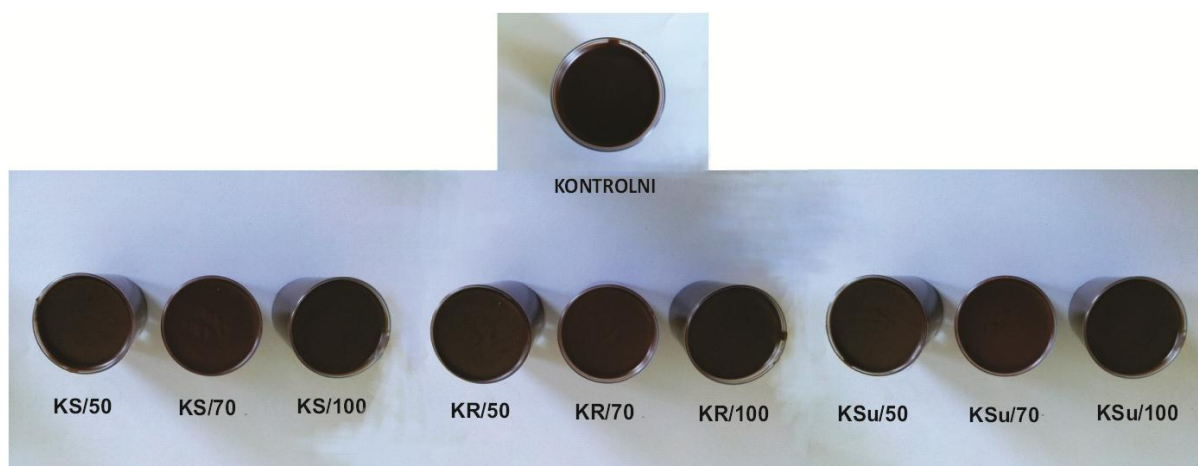
Vrednosti u svakoj koloni označene različitim slovima u superskriptu se statistički značajno razlikuju ($p < 0,05$)

Uzorci sa dodatkom sojinog i susamovog ulja imaju statistički značajno ($p < 0,05$) manje vrednosti čistoće boje na površini u odnosu na kontrolni uzorak (30,08%). S druge strane, uzorak sa dodatkom 50% repičinog ulja ima najveću i statistički značajnu ($p < 0,05$) vrednost čistoće boje (31,03%) u odnosu na ostale uzorke mazivog kakao-krem proizvoda.

U Prilogu VII (Tabele 7₁-7₆) prikazani su parametri boje na površini mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljem iz semena soje, uljane repice i susama u vremenskom intervalu od šest meseci čuvanja uzorka. Nakon šestog meseca čuvanja (Tabela 7₆) površina uzorka nije posvetlela, što potvrđuju vrednosti parametra L* koji se nisu povećali, već su se vrednosti smanjile kod svih uzoraka sa dodatkom ulja iz semena soje, uljane repice i susama. S druge strane, vrednost svetloće kontrolnog uzorka sa suncokretovim uljem se povećala. Učešće crvenog tona (a*) se povećalo kod svih uzoraka, a učešće žutog tona (b*) ostalo je približno isto. Dominantna talasna dužina (λ) nalazi se u intervalu od 591,08 nm do 591,96 nm, gde se za nijansu povećala kod svih uzoraka. Vrednosti čistoće su se takođe povećale kod svih uzoraka, sa izuzetkom kod kontrolnog uzorka, ukazujući da nije došlo do zamućenja boje na površini uzorka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom ulja iz semena soje, uljane repice i susama.

3.5.4. Senzorne karakteristike mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i susama u vremenskom intervalu od šest meseci čuvanja

Tokom vremenskog perioda od šest meseci čuvanja uzoraka na sobnoj temperaturi i tamnom mestu nije došlo do promene izgleda, odnosno, promene boje na površini i migracije ulja na površinu mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom dela i celokupne količine suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i susama (Slika 44).



Slika 44. Uzorci mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom dela i celokupne količine suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i susama nakon šest meseci čuvanja

Na Slikama 45 i 46 prikazani su senzorni pokazatelji uzoraka u prvoj nedelji proizvodnje i nakon šest meseci čuvanja, dok su rezultati senzorne analize nakon drugog i četvrtog meseca prikazani su Prilogu 6, u Tabelama P6₂ i P6₄.

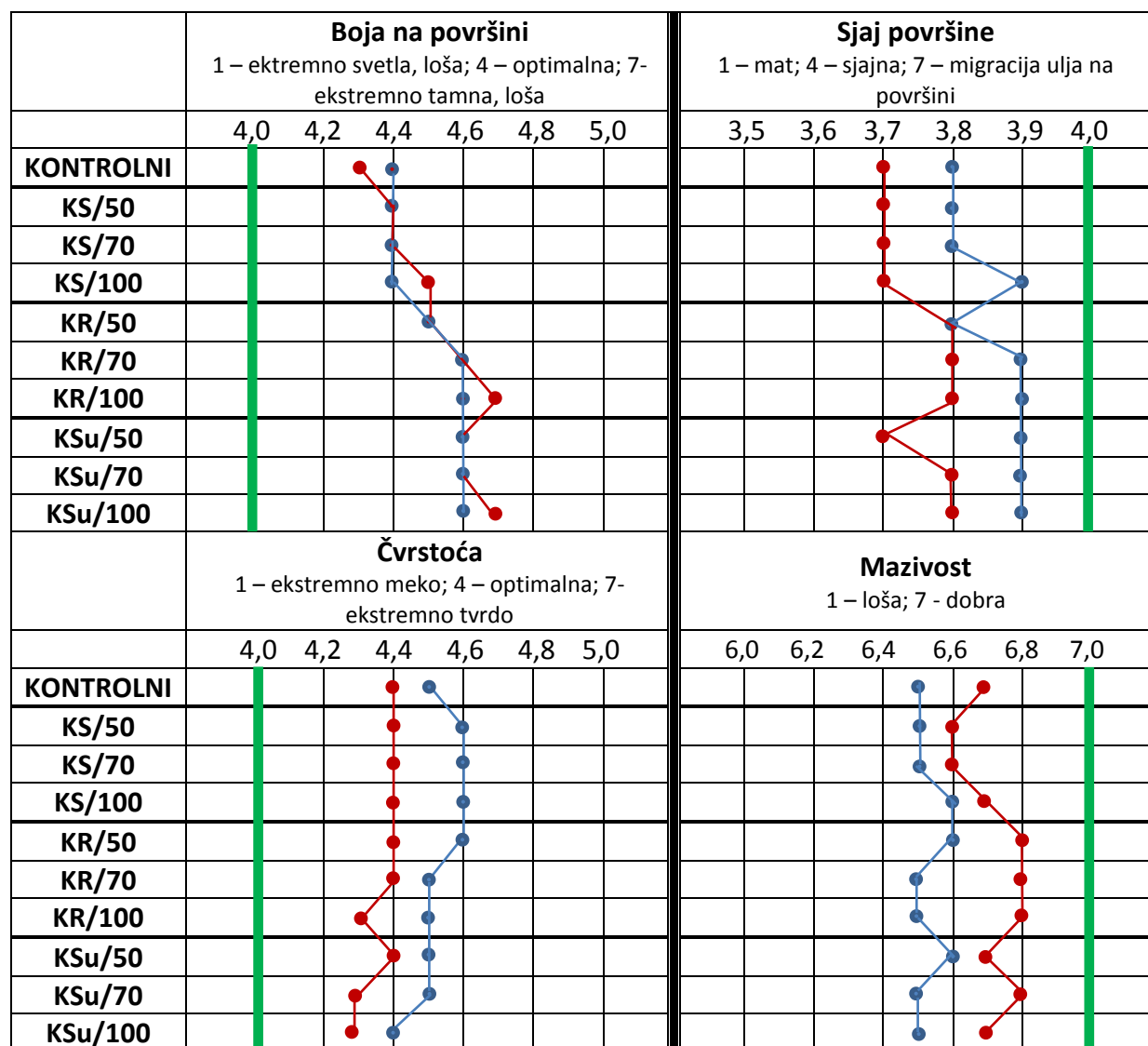
Na Slici 45 prikazane su senzorne ocene boje, sjaja, čvrstoće i mazivosti uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i susama u prvoj nedelji proizvodnje i nakon šest meseci čuvanja.

U prvoj nedelji proizvodnje svi uzorci imaju svojstvenu boju po kakau, bez prisustva bele i sive boje na površini. Kontrolni uzorak sa suncokretovim uljem i uzorci sa dodatkom sojinog ulja imaju za nijansu svetliju boju od uzoraka sa dodatkom ulja iz semena uljane repice i susama. Nakon šest meseci, boja na površini uzoraka nije se promenila.

Svi uzorci mazivog kakao-krem proizvoda imaju sjajnu površinu, bez izdvajanja ulja na površini. Stajanjem uzoraka šest meseci nije došlo do gubitka intenziteta sjaja, niti do migracije ulja na površinu.

Čvrstoća uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda je veoma ujednačena, gde uzorci sa dodatkom susamovog ulja imaju za nijansu manju čvrstoću. Čvrstoća svih uzoraka je veća od optimalne usled korišćenja namenske masti koja na sobnoj temperaturi ima čvršću konzistenciju od optimalne, za proizvodnju mazivog kakao-krem proizvoda. Nakon šest meseci čuvanja uzoraka čvrstoća svih uzoraka se neznatno smanjuje, najverovatnije usled hemijskih promena nastalih u periodu čuvanja.

Svi uzorci mazivog kakao-krem proizvoda imaju dobru mazivost pri nanošenju na keks, ostavljaju tanak sloj i ne zaostaju na nožu. S druge strane, mazivost uzoraka je manja od optimalne usled veće čvrstoće uzoraka. Najbolju mazivost pokazuju uzorci sa dodatkom ulja iz semena uljane repice. Stajanjem uzoraka mazivost uzoraka se poboljšava, najverovatnije usled izvesnih hemijskih promena u nastalih u periodu čuvanja.

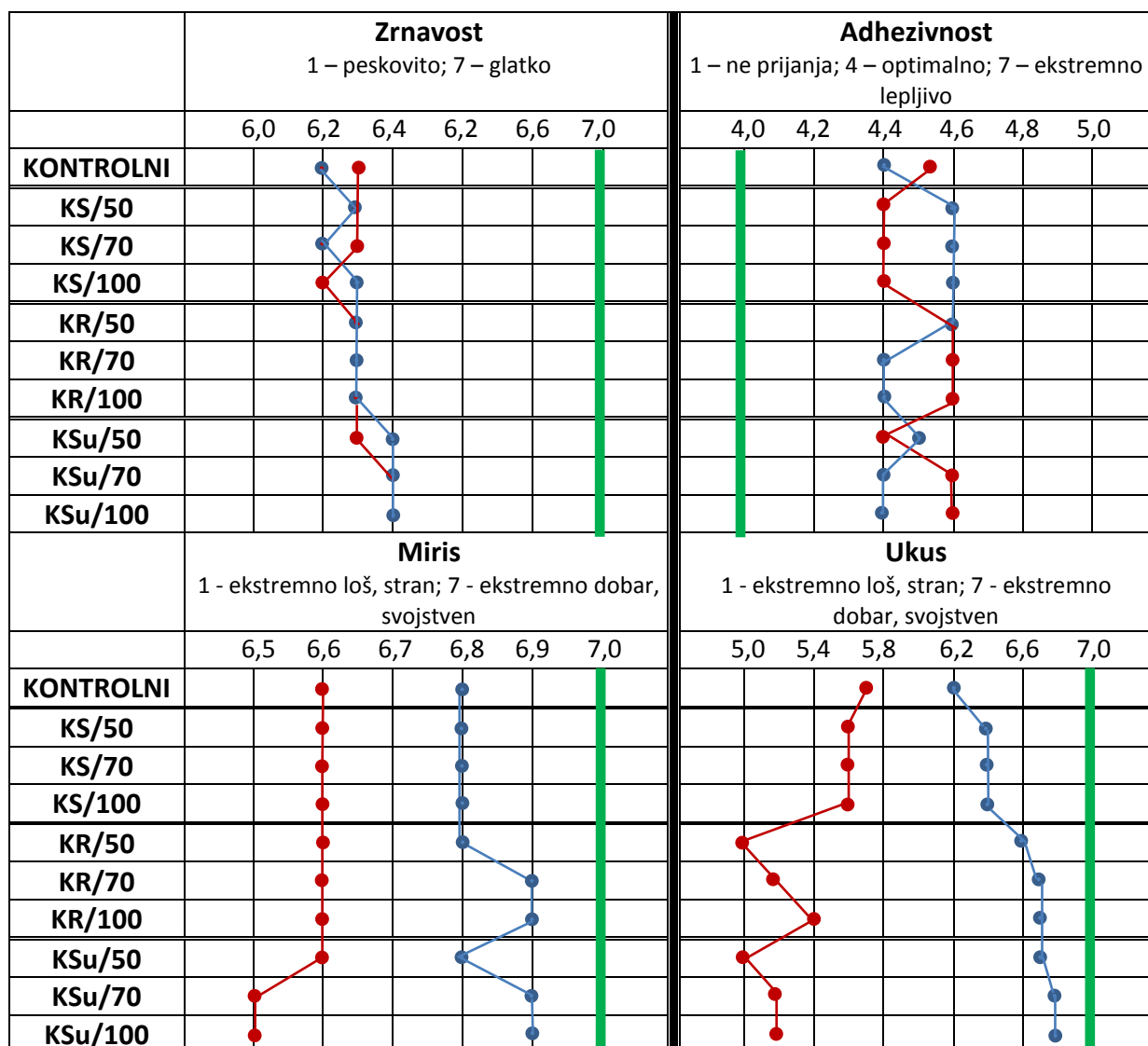


Slika 45. Senzorne karakteristike - boja, sjaj, čvrstoća i mazivost uzoraka u prvoj nedelji proizvodnje (●) i nakon šest meseci čuvanja (●)

Senzorne ocene zrnivosti, adhezivnosti, mirisa i ukusa uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda prikazane su na Slici 46.

Budući da su se uzorci mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom ulja iz semena soje, uljane repice i susama zadržavali 40 minuta u kugličnom mlinu, zrnivost je veća od optimalne, odnosno, uzorci ostavljaju neznatan osećaj peskovitosti u ustima prilikom konzumiranja. Uzorci sa dodatkom 70 i 100% ulja iz semena susama ostavljaju najbolji

senzorni osećaj u ustima tokom konzumiranja, kako u prvoj nedelji proizvodnje tako i nakon šest meseci čuvanja.



Slika 46. Senzorne karakteristike – zrnavost, adhezivnost, miris i ukus u prvoj nedelji proizvodnje (●) i nakon šest meseci čuvanja (●)

Svi uzorci mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom dela i celokupne količine suncokretovog ulja uljima iz soje, uljane repice i susama imaju ogovarajuću adhezivnost, pri čemu se dobro mažu po ustima i tope, ali veoma malo zaostaju na nepcu. Nakon šest meseci čuvanja uzoraka adhezivnost se ne pogoršava.

Miris svih uzraka je svojstven, zaokružen i aromatičan, bez izdvajanja mirisa po pojedinim uljima, masti i ostalim sirovinama. Uzorci sa dodatkom 70 i 100% ulja iz semena uljane repice i susama imaju za nijansu izraženiji miris. Stajanjem uzoraka šest meseci miris se za nijansu pogoršava, pri čemu je i dalje prijatan i zaokružen, ali je manje naglašen.

Zamena dela i celokupne količine suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i susama poboljšava ukus mazivog kakao-krem proizvoda u odnosu na kontrolni uzorak sa dodatkom suncokretovog ulja. U prvoj nedelji svi uzorci imaju svojstven,

zaokružen i aromatičan ukus, koji je još prijatniji kod uzoraka sa dodatkom ulja iz uljane repice i susama. Ovi uzorci imaju manji osećaj slatkosti koji je dosta naglašen kod uzoraka sa dodatkom suncokretovog i sojinog ulja. Dodatak ulja iz semena susama doprinosi stvaranju prijatne arome proizvoda. Nakon dva meseca čuvanja ne dolazi do hemijskih promena u uzorcima i promene ukusa kod svih uzoraka (Prilog 8, Tabela P8₂). Međutim, nakon četiri meseca čuvanja ukus se neznatno pogoršava, pri čemu je slabije zaokružen kod svih uzoraka. U uzorcima sa dodatkom repičinog i susamovog ulja ističe se ukus po masti (Prilog 8, Tabela P8₄). Nakon šest meseci čuvanja ukus kontrolnog uzorka je slabije aromatičan, ali zaokružen sa veoma malim isticanjem ukusa po masti. Ukus uzoraka sa dodatkom sojinog ulja se pogoršava, pri čemu se ističe osećaj slatkosti i početka užeglosti. Užeglost je još izraženija kod uzoraka sa dodatkom repičinog ulja i najizraženija kod uzoraka sa dodatkom susamovog ulja, gde uzorci sa dodatkom 50% suncokretovog ulja i 50% ulja iz semena uljane repice, odnosno susama, imaju najveći osećaj užeglosti prilikom konzumiranja.

3.5.5. Održivost uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i susama u vremenskom intervalu od šest meseci čuvanja

U Tabeli 53 prikazan je sadržaj ukupnih aldehida u uzorcima mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom dela i celokupne količine suncokretovog ulja uljima iz soje, uljane repice i susama u prvoj nedelji proizvodnje, a zatim nakon dva, četiri i šest meseci čuvanja.

Tabela 53. Sadržaj ukupnih aldehida u uzorcima mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i susama

Mesec	Uzorak	Aldehidi (mg/kg)	Mesec	Uzorak	Aldehidi (mg/kg)
0	KONTROLNI	1,13±0,02	4	KONTROLNI	1,10±0,02
0	KS/50	1,05±0,03	4	KS/50	1,07±0,03
0	KS/70	1,07±0,01	4	KS/70	1,09±0,01
0	KS/100	0,48±0,01	4	KS/100	1,06±0,01
0	KR/50	1,06±0,02	4	KR/50	1,08±0,02
0	KR/70	1,10±0,01	4	KR/70	1,10±0,01
0	KR/100	1,08±0,03	4	KR/100	1,07±0,03
0	KSu/50	0,48±0,02	4	KSu/50	0,49±0,02
0	KSu/70	1,06±0,03	4	KSu/70	1,09±0,03
0	KSu/100	1,02±0,01	4	KSu/100	1,11±0,01
2	KONTROLNI	1,06±0,01	6	KONTROLNI	1,12±0,01
2	KS/50	1,11±0,03	6	KS/50	1,09±0,03
2	KS/70	1,09±0,04	6	KS/70	1,11±0,04
2	KS/100	0,46±0,02	6	KS/100	1,08±0,02
2	KR/50	1,07±0,03	6	KR/50	1,09±0,03
2	KR/70	1,11±0,03	6	KR/70	1,11±0,03
2	KR/100	1,07±0,04	6	KR/100	1,09±0,04
2	KSu/50	0,47±0,01	6	KSu/50	1,01±0,01
2	KSu/70	1,07±0,05	6	KSu/70	1,13±0,05
2	KSu/100	1,14±0,02	6	KSu/100	1,19±0,02

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

Sadržaj ukupnih aldehida, od kojih su detektovani pentanal i heksanal, prisutan je u malom udelu kod svih uzoraka od 0,46 do 1,19 mg/kg i ne povećava se u vremenskom intervalu od šest meseci čuvanja uzoraka. Prisustvo neidentifikovanih pikova na histogramu ukazuje da je ipak došlo do hemijske razgradnje unutar masne faze mazivog kakao-krem proizvoda i formiranja određenih sekundarnih jedinjenja. To potvrđuju i rezultati senzorne analize nakon četiri i šest meseci čuvanja, koje ukazuju na promenu ukusa usled hidrolize i stvaranja sekundarnih produkata oksidacije masti i ulja.

IV ZAKLJUČAK

- Namenska biljna mast korišćena u proizvodnji mazivog kakao-krem proizvoda sadrži 0,21% nepoželjnih *trans*-masnih kiselina.
- Suncokretov lecitin ne sadrži nestabilnu polinezasićenu α -linolensku (ω -3) masnu kiselinu, što uslovljava bolju oksidativnu stabilnost u poređenju sa sojinim i repičinim lecitinom.
- Dodatak različitih koncentracija lecitina različitog porekla nema značajan uticaj na kristalizacione karakteristike i kinetiku kristalizacije non trans masti.
- Suncokretov lecitin ima oko tri puta manju vrednost viskoziteta u odnosu na sojin i repičin lecitin, što olakšava manipulaciju u proizvodnji mazivog kakao-krem proizvoda.
- Uzorak non trans masti sa dodatkom 0,5% sojinog lecitina ima najbolju homogenost i mazivost u odnosu na ostale uzorke.
- Dodatak lecitina različitog porekla smanjuje čvrstoću i rad smicanja non trans masti, koja na sobnoj temperaturi ima čvrstoću veću od optimalne za proizvodnju mazivog kakao-krem proizvoda.
- Non trans mast se topi u širokom temperaturnom intervalu i ima tri frakcije topljenja.
- Dodatak lecitina različitog porekla ima uticaj na promenu temperature topljenja pojedinih frakcija non trans masti, dok promena koncentracije lecitina od 0,3 do 0,7% nema bitnog uticaja na toplotne osobine non trans masti.
- Dodatak suncokretovog ulja u non trans mast sa dodatkom lecitina različitog porekla uzrokuje smanjenje SFC na svim ispitivanim temperaturama, na 20°C za čak oko 35% u odnosu na non trans mast sa dodatkom lecitina različitog porekla.
- Vrednosti površine tiksotropnih petlji uzoraka masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla su se prepolovile, vrednosti prinosnih napona su znatno niže, a vrednosti viskoziteta na maksimalnoj brzini smicanja smanjile su se za oko sedam puta u odnosu na uzorke non trans masti sa dodatkom lecitina različitog porekla.
- Teksturalni parametri uzoraka masne faze mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla smanjile su se za oko 5000 jedinica u odnosu na uzorke non trans masti sa dodatkom lecitina različitog porekla, odnosno, za više od tri puta, što ukazuje na poboljšanu mazivost.
- Dodatak suncokretovog ulja u non trans mast sa dodatkom lecitina različitog porekla znatno smanjuje prisustvo frakcije 1 i 2, a utiče na dominaciju frakcije 3, čije se

temperature topljenja ne razlikuju mnogo od uzoraka non trans masti sa dodatkom lecitina različitog porekla.

- Uzorak mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom 0,5% sojinog lecitina i vremenom zadržavanja od 40 minuta u kugličnom mlinu ima najhomogeniju strukturu i složenost sistema u odnosu na ostale uzorke sa dodatkom sojinog lecitina.
- Dodatak 0,5% suncokretovog lecitina i vreme mlevenja od 40 minuta daje uzorke mazivog kakao-krem proizvoda sa zadovoljavajućim reološkim karakteristikama, gde povećanje koncentracije suncokretovog lecitina na 0,7% utiče na dodatno smanjenje vrednosti svih reoloških parametara.
- Uzorci mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom repičinog lecitina pokazuju veoma slične reološke karakteristike kao uzorci sa dodatkom sojinog lecitina, sa optimalnom koncentracijom repičinog lecitina od 0,5% i vremenom mlevenja od 40 minuta u kugličnom mlinu.
- Komercijalni mazivi krem proizvodi sa domaćeg tržišta pokazuju tiksotropno proticanje koje je veoma slično proticanju uzoraka sa dodatkom lecitina različitog porekla.
- Uzorci mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom sojinog lecitina uglavnom pokazuju najmanje vrednosti čvrstoće i rada smicanja u odnosu na uzorke sa dodatkom suncokretovog i repičinog lecitina.
- Svi uzorci mazivog kakao-proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla imaju veoma slične toplotne karakteristike i pokazuju karakteristike topljenja u pogodnom području za topljenje u ustima prilikom konzumiranja.
- Merilo svetloće boje L^* pokazuje da suncokretov lecitin ima tamniju boju u odnosu na sojin i repičin lecitin.
- Parametri boje na površini uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla se u većini slučajeva statistički značajno ne razlikuju ($p < 0,05$) u prvoj nedelji proizvodnje, dok uzorci mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom suncokretovog lecitina imaju najmanje vrednosti svetloće površine (L^*), odnosno najtamniju boju od svih uzoraka, tokom svih šest meseci čuvanja uzoraka.
- Senzorna analiza je potvrdila da ne postoje značajne razlike u kvalitetu mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom sojinog, suncokretovog i repičinog lecitina, pri čemu dodatak 0,7% suncokretovog i repičinog lecitina i maksimalno vreme mlevenja utiču na poboljšanje ukusa mazivog kakao-krem proizvoda.
- Nakon čuvanja uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla šest meseci na tamnom mestu i sobnoj temperaturi, došlo je do izvesnih promena u senzornom kvalitetu, koje su u većoj meri izražene samo u ukusu, koji je slabije aromatičan, pri čemu se ističe ukus po masti i naglašava osećaj slatkosti kod svih uzoraka.

- Sadržaj ukupnih aldehida, od kojih je detektovan heksanal, prisutan je u malom udelu kod svih uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla i ne povećava se u vremenskom intervalu od šest meseci čuvanja uzoraka.
- Ulje iz semena suncokreta, koje se u konditorskoj industriji u Srbiji koristi u proizvodnji mazivog kakao-krem proizvoda, bogato je linolnom (ω -6) i oleinskom (ω -9) masnom kiselinom, ali ne sadrži α -linolensku (ω -3) masnu kiselinu.
- Zamena određenog dela i celokupna zamena suncokretovog ulja uljima iz semena soje, uljane repice i susama nema bitan uticaj na kristalizacione karakteristike i kinetiku kristalizacije mešavine non trans masti i ulja.
- Ulja iz semena susama i uljane repice pokazuju nešto veću vrednost viskoziteta od ulja iz semena suncokreta i soje, međutim, ne utiču na povećanje viskoziteta masne faze mazivog kakao-krem proizvoda.
- Kontrolni uzorak mazivog kakao-krem proizvoda sa suncokretovim uljem pokazuje veću složenost sistema pri nižim brzinama smicanja, ali s druge strane, ima najmanju vrednost viskoziteta po Casson-u u odnosu na uzorke mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom sojinog, repičinog i susamovog ulja.
- Uzorci mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50 i 100% suncokretovog ulja uljem iz semena susama imaju povišene vrednosti teksturalnih parametara u odnosu na uzorke sa dodatkom sojinog i repičinog ulja.
- Nakon šest meseci čuvanja površina uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda nije posvetlela, što potvrđuju vrednosti parametra L^* koje se nisu povećale, već su se vrednosti smanjile kod svih uzoraka sa dodatkom sojinog, repičinog i susamovog ulja.
- Dodatak ulja iz semena soje, uljane repice i susama poboljšava ukus mazivog kakao-krem proizvoda u odnosu na kontrolni uzorak sa dodatkom ulja iz semena suncokreta.
- Senzorna analiza nakon šest meseci čuvanja pokazuje najmanje promene kod kontrolnog uzorka mazivog kakao-krem proizvoda sa suncokretovim uljem i uzorka sa dodatkom sojinog ulja, koji imaju ukus po masti i naglašeni osećaj slatkosti, dok uzorci sa dodatkom repičinog i susamovog ulja imaju ukus po užegloj masti prilikom konzumiranja.
- Sadržaj ukupnih aldehida, od kojih su detektovani pentanal i heksanal, prisutan je u malom udelu kod svih uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom ulja iz semena soje, uljane repice i susama i ne povećava se u vremenskom intervalu od šest meseci čuvanja uzoraka.

V PRILOG

Prilog I - Specifikacija lecitina iz semena soje, suncokreta i uljane repice

SPECIFIKACIJA SOJINOG LECITINA

- 1. Specifikacija kvaliteta proizvoda za: Antioksidans i emulgator**, proizveden od odabranog, zdravog semena uljarica, regulisan zakonskom regulativom:
 - ◆ Zakonom o zdravstvenoj ispravnosti predmeta opšte upotrebe („Sl. Glasnik RS“, br. 92/2011).
 - ◆ Zakonom o zaštiti od jonizujućeg zračenja i o nuklearnoj sigurnosti (“Sl. glasnik RS”, br. 36/2009)
 - ◆ Zakonom o genetički modifikovanim organizmima (“Sl. glasnik RS”, br. 41/2009)
 - ◆ Zakonom o standardizaciji (“Sl. glasnik RS”, br. 36/2009)
- 2. Karakteristike proizvoda** precizirane su Pravilnikom o kvalitetu i uslovima upotrebe aditiva u namirnicama i o drugim zahtevima za aditive i njihove mešavine (“Sl list SCG”, 56/03 i 4/04,5/04 i 16/05).

Senzorna i fizičko hemijska svojstva	Granice	Metod analize
Konzistencija	Plastična	Senzorna analiza
Miris i ukus	Svojstven proizvodu	Senzorna analiza
Izgled	Viskozna polučvrsta masa, bez tamnih tačkica i pene na površini	Senzorna analiza
Materije nerastvorne u acetonu, %	Min. 60	Gravimetrijski
Kiselinski broj, mg KOH/g	Max. 35	Volumetrijski
Peroksidni broj, meq O ₂ /kg	Max. 5	Volumetrijski
Supstance nerastvorljive u toluenu, % (m/m)	Max. 0,3	Gravimetrijski
Vlaga i isparljive materije, % (m/m)	Max. 1	Gravimetrijski

- 3. Sadržaj teških metala, pesticida i mikotoksina** regulisan je Pravilnikom o maksimalno dozvoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje za koju se utvrđuju maksimalno dozvoljene količine ostataka sredstava za zaštitu bilja (Sl.glasnik RS 25/2010, 28/2011), evropskom Regulativom br. 396/2005 i Standardima za proizvod GMP+BA1.

Dozvoljene količine metala, nemetala i nekih specifičnih kontaminenata u namirnicama:

Sadržaj teških metala	Granica	Metod analize
Sadržaj olova (Pb) (mg/kg)	Max. 5	ICP/MS
Sadržaj arsena (As) (mg/kg)	Max. 3	ICP/MS
Sadržaj žive (Hg) (mg/kg)	Max. 1	ICP/MS
Teški metali (kao Pb) (mg/kg)	Max. 10	ICP/MS

4. Sadržaj radionuklida regulisan je Pravilnikom o granicama radioaktivne kontaminacije životne sredine i o načinu sprovođenja dekontaminacije (Sl. list SRJ, br. 9/99).

5. Sadržaj mikroorganizama regulisan je Vodičem za primenu mikrobioloških kriterijuma za hranu (prvo izdanje jun, 2011.) poglavlje IV.

Mikrobiološke karakteristike	Granica	Metod analize
Broj aerobnih kolonija (CFU/g)	Max. 10000	Izolacija i identifikacija aerobnih kolonija

6. Sadržaj dioksina regulisan je Standardima za proizvode GMP+BA1.

Sadržaj dioksina	Granica akcija	Granica odbijanja	Metod analize
Sadržaj dioksina (ng/kg)	0,5	0,75	GC/MS
Sadržaj dioksinu sličanih PCBs (ng/kg)	-	0,5	GC/MS
Sadržaj (suma) dioksina i dioksinu sličanih PCBs (ng/kg)	-	1,5	GC/MS

7. Genetička modifikovanost regulisana je Pravilnikom o načinu obeležavanja poljoprivrednih prehrambenih proizvoda dobijenih od genetički modifikovanih organizama (Sl. list SRJ, br. 6/03).

Genetička modifikovanost	Granica	Metoda
Genetička modifikovanost	Max 0,9%	PCR

8. Pakovanje, porudžbina i isporuka

Ispravnost ambalaže koja dolazi u neposredan dodir sa životnim namirnicama regulisana je Pravilnikom o uslovima u pogledu zdravstvene ispravnosti predmeta opšte upotrebe koji se mogu stavlјati u promet (Sl.list SFRJ, br. 26/83, 61/84, 56/86, 50/89 i 18/91).

Šifra proizvoda	Naziv proizvoda
318092	SOJIN LECITIN

PAKOVANJE I TRANSPORT

Pakovanje: Sojin lecitin se pakuje i isporučuje u rasutom stanju u **kamion cistenama, buradima od 60, 200, 1000 kg**. Deklaracija proizvoda sadrži podatke za kvalitativnu i kvantitativnu identifikaciju proizvoda.

Transport: Transportovati u čistim i suvim uslovima, zaštićeno od spoljašnjih uticaja.

Uslovi skladištenja: Skladišti na hladnom i suvom mestu, zaštićenom od spoljašnjih uticaja.

Rok trajanja: 12 meseci.

9. Primena proizvoda

PRIMENA SOJINOG LECITINA

Industrija mesa	Pekarska industrija	Konditorska industrija	Proizvodnja hrane za životinje	Dijetetika i parafarmaceutika	Farmaceutska industrija	Društvena ishrana
-	x	x	x	x	-	x

SPECIFIKACIJA SUNCOKRETOVOG LECITINA

1. Specifikacija kvaliteta proizvoda za: Antioksidans i emulgator, proizveden od odabranog, zdravog semena uljarica, regulisan zakonskom regulativom:

- ◆ Zakonom o zdravstvenoj ispravnosti predmeta opšte upotrebe („Sl. Glasnik RS“, br. 92/2011).
- ◆ Zakonom o zaštiti od jonizujućeg zračenja i o nuklearnoj sigurnosti („Sl. glasnik RS“, br. 36/2009)
- ◆ Zakonom o genetički modifikovanim organizmima („Sl. glasnik RS“, br. 41/2009)
- ◆ Zakonom o standardizaciji („Sl. glasnik RS“, br. 36/2009)

2. Karakteristike proizvoda precizirane su Pravilnikom o kvalitetu i uslovima upotrebe aditiva u namirnicama i o drugim zahtevima za aditive i njihove mešavine („Sl list SCG“, 56/03 i 4/04,5/04 i 16/05).

Senzorna i fizičko hemijska svojstva	Granice	Metod analize
Konzistencija	Plastična	Senzorna analiza
Miris i ukus	Svojtven proizvodu	Senzorna analiza
Izgled	Viskozna polučvrsta masa, bez tamnih tačkica i pene na površini	Senzorna analiza
Materije nerastvorne u acetonu, %(m/m)	Min. 60	Gravimetrijski
Kiselinski broj, mgKOH/g	Max. 35	Volumetrijski
Peroksidni broj, meq O ₂ /kg	Max. 5	Volumetrijski
Supstance nerastvorljive u toluenu, % (m/m)	Max. 0,3	Gravimetrijski
Vlaga i isparljive materije, % (m/m)	Max. 1	Gravimetrijski

3. Sadržaj teških metala, pesticida i mikotoksina regulisan je Pravilnikom o maksimalno dozvoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za životinje za koju se utvrđuju maksimalno dozvoljene količine ostataka sredstava za zaštitu bilja (Sl.glasnik RS 25/2010, 28/2011), evropskom Regulativom br. 396/2005 i Standardima za proizvod GMP+BA1.

Dozvoljene količine metala, nemetala i nekih specifičnih kontaminanata u namirnicama:

Sadržaj teških metala	Granica	Metod analize
Sadržaj olova (Pb) (mg/kg)	Max. 5	ICP/MS
Sadržaj arsena (As) (mg/kg)	Max. 3	ICP/MS
Sadržaj žive (Hg) (mg/kg)	Max. 1	ICP/MS
Teški metali (kao Pb) (mg/kg)	Max. 10	ICP/MS

4. Sadržaj radionuklida regulisan je Pravilnikom o granicama radioaktivne kontaminacije životne sredine i o načinu sprovođenja dekontaminacije (Sl.list SRJ, br. 9/99).

5. Sadržaj mikroorganizama regulisan je Vodičem za primenu mikrobioloških kriterijuma za hranu (prvo izdanje jun, 2011.) poglavlje IV.

Mikrobiološke karakteristike	Granica	Metod analize
Broj aerobnih kolonija (CFU/g)	Max. 10000	Izolacija i identifikacija aerobnih kolonija

6. Sadržaj dioksina regulisan je Standardima za proizvode GMP+BA1.

Sadržaj dioksina	Granica akcija	Granica odbijanja	Metod analize
Sadržaj dioksina (ng/kg)	0,5	0,75	GC/MS
Sadržaj dioksinu sličanih PCBs (ng/kg)	-	0,5	GC/MS
Sadržaj (suma) dioksina i dioksinu sličanih PCBs (ng/kg)	-	1,5	GC/MS

7. Genetička modifikovanost regulisana je Pravilnikom o načinu obeležavanja poljoprivrednih i prehrambenih proizvoda dobijenih od genetički modifikovanih organizama (Sl. list SRJ, br. 6/03).

Genetička modifikovanost	Granica	Metoda
Genetička modifikovanost	Max 0,9%	PCR

8. Pakovanje, porudžbina i isporuka

Ispravnost ambalaže koja dolazi u neposredan dodir sa životnim namirnicama regulisana je Pravilnikom o uslovima u pogledu zdravstvene ispravnosti predmeta opšte upotrebe koji se mogu stavljati u promet (Sl.list SFRJ, br. 26/83, 61/84, 56/86, 50/89 i 18/91).

Šifra proizvoda	Naziv proizvoda
318091	SUNCOKRETOV LECITIN

PAKOVANJE I TRANSPORT

Pakovanje: Suncokretov lecitin se pakuje i isporučuje u rasutom stanju u **kamion cistenama, buradima od 60, 200, 1000 kg**. Deklaracija proizvoda sadrži podatke za kvalitativnu i kvantitativnu identifikaciju proizvoda.

Transport: Transportovati u čistim i suvim uslovima, zaštićeno od spoljašnjih uticaja.

Uslovi skladištenja: Skladišti na hladnom i suvom mestu, zaštićenom od spoljašnjih uticaja.

Rok trajanja: 12 meseci.

9. Primena proizvoda

PRIMENA SUNCOKRETOVOG LECITINA

Industrija mesa	Pekarska industrija	Konditorska industrija	Proizvodnja hrane za životinje	Dijetetika i parafarmaceutika	Farmaceutika industrija	Društvena ishrana
-	x	x	x	x	x	x

SPECIFIKACIJA REPIČINOG LECITINA

1. Specifikacija kvaliteta proizvoda za: Antioksidans i emulgator, proizveden od odabranog, zdravog semena uljarica, regulisan zakonskom regulativom:

- ◆ Zakonom o o zdravstvenoj ispravnosti predmeta opšte upotrebe („Sl. Glasnik RS“, br.92/2011).
- ◆ Zakonom o zaštiti od jonizujućeg zračenja i o nuklearnoj sigurnosti (“Sl. glasnik RS”, br. 36/2009)
- ◆ Zakonom o genetički modifikovanim organizmima (“Sl. glasnik RS”, br. 41/2009)
- ◆ Zakonom o standardizaciji (“Sl. glasnik RS”, br. 36/2009)

2. Karakteristike proizvoda precizirane su Pravilnikom o kvalitetu i uslovima upotrebe aditiva u namirnicama i o drugim zahtevima za aditive i njihove mešavine (“Sl list SCG “, 56/03,5/04 i 16/05).

Senzorna i fizičko hemijska svojstva	Granice	Metod analize
Konzistencija	Plastična	Senzorna analiza
Miris i ukus	Svojtven proizvodu	Senzorna analiza
Izgled	Viskozna polučvrsta masa, bez tamnih tačkica i pene na površini	Senzorna analiza
Materije nerastvorne u acetonu, % (m/m)	Min. 60	Gravimetrijski

Kiselinski broj, mgKOH/g	Max. 35	Volumetrijski
Peroksidni broj, meqO ₂ /kg	Max. 5	Volumetrijski
Supstance nerastvorljive u toluenu,%(m/m)	Max. 0,3	Gravimetrijski
Vlaga i isparljive materije, % (m/m)	Max. 1	Gravimetrijski

3. Sadržaj teških metala, pesticida i mikotoksina regulisan je Pravilnikom o maksimalno dozvoljenim količinama ostataka sredstava za zaštitu bilja u hrani i hrani za koju se utvrđuju maksimalno dozvoljene količine ostataka sredstava za zaštitu bilja (Sl.glasnik RS 25/2010, 28/2011), evropskom Regulativom br. 396/2005 i Standardima za proizvod GMP+BA1.

Dozvoljene količine metala, nemetala i nekih specifičnih kontaminenata u namirnicama:

Sadržaj teških metala	Granica	Metod analize
Sadržaj olova (Pb) (mg/kg)	Max. 5	ICP/MS
Sadržaj arsena (As) (mg/kg)	Max. 3	ICP/MS
Sadržaj žive (Hg) (mg/kg)	Max. 1	ICP/MS
Teški metali (kao Pb) (mg/kg)	Max. 10	ICP/MS

4. Sadržaj radionuklida regulisan je Pravilnikom o granicama radioaktivne kontaminacije životne sredine i o načinu sprovođenja dekontaminacije (Sl. list SRJ, br. 9/99).

5. Sadržaj mikroorganizama regulisan je Vodičem za primenu mikrobioloških kriterijuma za hranu (prvo izdanje jun, 2011.) poglavlje IV.

Mikrobiološke karakteristike	Granica	Metod analize
Broj aerobnih kolonija (CFU/g)	Max. 10000	Izolacija i identifikacija aerobnih kolonija

6. Sadržaj dioksina regulisan je Standardima za proizvode GMP+BA1.

Sadržaj dioksina	Granica akcija	Granica odbijanja	Metod analize
Sadržaj dioksina (ng/kg)	0,5	0,75	GC/MS
Sadržaj dioksinu sličanih PCBs (ng/kg)	-	0,5	GC/MS
Sadržaj (suma) dioksina i dioksinu sličanih PCBs (ng/kg)	-	1,5	GC/MS

7. Genetička modifikovanost regulisana je Pravilnikom o načinu obeležavanja poljoprivrednih i prehrambenih proizvoda dobijenih od genetički modifikovanih organizama (Sl. list SRJ, br. 6/03).

Genetička modifikovanost	Granica	Metoda
Genetička modifikovanost	Max. 0,9%	PCR

8. Pakovanje, porudžbina i isporuka

Ispravnost ambalaže koja dolazi u neposredan dodir sa životnim namirnicama regulisana je Pravilnikom o uslovima u pogledu zdravstvene ispravnosti predmeta opšte upotrebe koji se mogu stavljati u promet (Sl.list SFRJ, br. 26/83, 61/84, 56/86, 50/89 i 18/91).

Šifra proizvoda	Naziv proizvoda
318090	REPIČIN LECITIN

PAKOVANJE I TRANSPORT

Pakovanje: Repičin lecitin se pakuje i isporučuje u rasutom stanju u **kamion cistenama, buradima od 60, 200, 1000 kg**. Deklaracija proizvoda sadrži podatke za kvalitativnu i kvantitativnu identifikaciju proizvoda.

Transport: Transportovati u čistim i suvim uslovima, zaštićeno od spoljašnjih uticaja.

Uslovi skladištenja: Skladišti na hladnom i suvom mestu, zaštićenom od spoljašnjih uticaja.

Rok trajanja: 12 meseci.

9. Primena proizvoda

PRIMENA PROIZVODA						
Industrija mesa	Pekarska industrija	Konditorska industrija	Proizvodnja hrane za životinje	Dijetetika i parafarmaceutika	Farmaceutska industrija	Društvena ishrana
-	x	x	x	x	x	-

Prilog II - Regresioni koeficijenti i t-vrednosti dobijeni primenom regresione jednačine:
 $z = b_0 + b_1x + b_2y + b_{11}x^2 + b_{12}xy + b_{22}y^2$ na reološke parametre uzoraka mazivog kakao-krem
 proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla

Tabela P2. Regresioni koeficijenti i t-vrednosti uticaja lecitina različitog porekla na reološke parametare uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda

Regresioni koeficijenti	Površina tiksotropne petlje (Pa/s)		Prinosni napon po Casson-u (Pa)		Viskozitet po Casson-u (Pas)	
	Vrednost b	t-vrednost df=3	Vrednost b	t-vrednost df=3	Vrednost b	t-vrednost df=3
Mazivi kakao-krem proizvod sa dodatkom sojinog lecitina - Ks						
b ₀	6525,1	0,96346	10,2003	0,18521	3,61944	2,75003
b ₁	-10203,3	-0,93930	4,6832	0,05302	-2,86667	-1,35795
b ₂	-50,2	-0,16232	0,3535	0,14067	-0,03371	-0,56122
b ₁₂	-208,5	-1,56719	-2,0687	-1,91216	0,00875	0,33843
b ₁₁	17079,2	1,81550	132,5834	1,73309	0,83333	0,45582
b ₂₂	2,6	0,68076	0,0129	0,42102	0,00063	0,86606
Mazivi kakao-krem proizvod sa dodatkom suncokretovog lecitina - Ksu						
b ₀	25147,68	3,02466	115,4148	2,40968	4,13583	2,54371
b ₁	11350,00	0,85111	-90,9334	-1,18368	5,38333	2,06427
b ₂	-1290,45	-3,40112	-3,5795	-1,63764	-0,14692	-1,98006
b ₁₂	-128,87	-0,78906	-0,0637	-0,06775	0,01750	0,54791
b ₁₁	-9045,83	-0,78326	100,4167	1,50933	-6,75000	-2,98875
b ₂₂	18,31	3,96394	0,0507	1,90388	0,00195	2,15854
Mazivi kakao-krem proizvod sa dodatkom repičinog lecitina - Kr						
b ₀	12052,6	13,38565	27,142	0,56701	3,82389	2,43327
b ₁	-14083,3	-9,75159	-180,217	-2,34721	3,53333	1,40179
b ₂	-228,1	-5,55120	2,273	1,04046	-0,10958	-1,52803
b ₁₂	-62,5	-3,53349	-0,894	-0,95045	0,05750	1,86260
b ₁₁	14837,5	11,86315	231,708	3,48473	-6,83333	-3,13039
b ₂₂	3,3	6,68614	-0,021	-0,78455	0,00122	1,39341

Prilog III - Regresioni koeficijenti i t-vrednosti dobijeni primenom regresione jednačine: $z = b_0 + b_1x + b_2y + b_{11}x^2 + b_{12}xy + b_{22}y^2$ na teksturalne parametre uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla

Tabela P3. Regresioni koeficijenti i t-vrednosti uticaja lecitina različitog porekla na teksturalne parametare uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda

Regresioni koeficijenti	Čvrstoća (g)		Rad smicanja (gsec)	
	Vrednost b	t-vrednost df=3	Vrednost b	t-vrednost df=3
Mazivi kakao-krem proizvod sa dodatkom sojinog lecitina - Ks				
b ₀	3027,11	1,91692	3134,89	2,01694
b ₁	-3118,33	-1,23115	-3691,67	-1,48083
b ₂	-44,76	-0,62115	-49,95	-0,70422
b ₃	18,62	0,60040	29,50	0,96618
b ₁₁	1583,33	0,72182	1816,67	0,84145
b ₂₂	0,47	0,53377	0,46	0,52880
Mazivi kakao-krem proizvod sa dodatkom suncokretovog lecitina - Ksu				
b ₀	2707,514	6,64896	8,29900	-0,5964
b ₁	-503,333	-0,77064	-1546,67	7,9693
b ₂	-56,858	-3,05971	-67,55	-0,6761
b ₃	3,750	0,46879	14,12	0,9495
b ₁₁	204,166	0,36095	829,17	-10,0286
b ₂₂	0,722	3,18963	0,77	0,4708
Mazivi kakao-krem proizvod sa dodatkom repičinog lecitina - Kr				
b ₀	2022,51	2,17174	2062,26	2,60970
b ₁	1655,00	1,10796	2738,33	2,16045
b ₂	-50,20	-1,18110	-67,01	-1,85826
b ₃	-7,87	-0,43046	-6,37	-0,41067
b ₁₁	-1445,83	-1,11767	-2520,83	-2,29653
b ₂₂	0,82	1,57827	1,02	2,31551

Prilog IV - Regresioni koeficijenti i t-vrednosti dobijeni primenom regresione jednačine: $z = b_0 + b_1x + b_2y + b_{11}x^2 + b_{12}xy + b_{22}y^2$ na toplotne parametre uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla

Tabela P4. Regresioni koeficijenti i t-vrednosti uticaja lecitina različitog porekla na toplotne parametare uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda

Regresioni koeficijenti	Tačka topljenja (°C)		Entalpija topljenja (J/g)	
	Vrednost b	t-vrednost df=3	Vrednost b	t-vrednost df=3
Mazivi kakao-krem proizvod sa dodatkom sojinog lecitina - Ks				
b ₀	34,4262	1,91763	-0,522223	-0,137801
b ₁	-30,0333	-1,04302	1,133336	0,186452
b ₂	0,2674	0,32641	0,061125	0,353443
b ₃	0,2875	0,81523	-0,051250	-0,688427
b ₁₁	21,3750	0,85716	0,333331	0,063322
b ₂₂	-0,0056	-0,55640	-0,000417	-0,197882
Mazivi kakao-krem proizvod sa dodatkom suncokretovog lecitina - Ksu				
b ₀	22,9828	2,40856	-3,93319	-3,31010
b ₁	-6,8667	-0,44866	4,60000	2,41360
b ₂	0,7290	1,67421	0,19354	3,56922
b ₃	0,5613	2,99417	-0,06375	-2,73113
b ₁₁	-14,1666	-1,06881	-2,45833	-1,48942
b ₂₂	-0,0136	-2,55887	-0,00183	-2,77689
Mazivi kakao-krem proizvod sa dodatkom repičinog lecitina - Kr				
b ₀	31,6112	2,46213	3,995555	1,70140
b ₁	-47,9833	-2,33008	0,266669	0,07080
b ₂	0,6579	1,12284	-0,164625	-1,53613
b ₃	0,3462	1,37286	0,006250	0,13548
b ₁₁	33,3750	1,87142	-0,333334	-0,10219
b ₂₂	-0,0104	-1,45789	0,002117	1,62219

Prilog V – Parametri instrumentalnog merenja boje na površini uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla u vremenskom intervalu čuvanja od šest meseci

Tabela 5₁. Parametri boje na površini mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla nakon mesec dana čuvanja

Uzorak	CIE L*a*b*			λ	CIEYxy	
	L*	a*	b*		Y	Č
Ks/0,3/30	35,58±0,06	9,50±0,24	12,58±0,27	588,25±0,10	8,79±0,03	30,20±0,32
Ks/0,3/40	34,85±1,05	9,65±0,43	12,97±0,89	588,19±0,11	8,43±0,53	30,32±0,21
Ks/0,3/50	36,64±0,49	9,85±0,27	13,49±0,58	587,98±0,09	9,35±0,26	30,24±0,30
Ks/0,5/30	35,43±0,47	9,71±0,16	12,97±0,33	588,22±0,06	8,71±0,24	30,45±0,08
Ks/0,5/40	35,82±0,32	9,81±0,06	13,34±0,12	588,06±0,02	8,91±0,17	30,30±0,10
Ks/0,5/50	35,91±0,22	9,19±0,39	12,21±0,72	588,15±0,05	8,96±0,12	30,34±0,40
Ks/0,7/30	35,76±0,87	10,14±0,27	14,15±0,59	587,92±0,04	8,89±0,45	31,12±0,25
Ks/0,7/40	36,52±1,60	8,97±0,30	12,24±0,56	587,83±0,07	9,30±0,84	29,80±0,33
Ks/0,7/50	35,52±0,46	8,61±0,20	11,60±0,33	587,90±0,04	8,76±0,24	28,94±0,42
Ksu/0,3/30	35,31±0,28	9,89±0,16	13,45±0,37	588,10±0,08	8,65±0,14	32,31±0,35
Ksu/0,3/40	36,23±0,82	9,55±0,22	12,67±0,42	588,21±0,04	9,14±0,43	30,26±0,14
Ksu/0,3/50	35,77±0,47	9,75±0,17	13,04±0,41	588,20±0,07	8,89±0,24	30,42±0,09
Ksu/0,5/30	34,56±0,48	9,14±0,47	11,97±0,82	588,32±0,07	8,28±0,24	30,24±0,36
Ksu/0,5/40	34,60±0,20	10,18±0,14	13,74±0,28	588,27±0,06	8,30±0,10	32,00±1,14
Ksu/0,5/50	37,56±1,13	9,29±0,19	12,77±0,31	587,79±0,08	9,86±0,61	30,10±0,65
Ksu/0,7/30	35,68±0,60	10,28±0,18	14,19±0,41	588,04±0,07	8,85±0,30	34,48±0,30
Ksu/0,7/40	36,59±0,50	9,83±0,20	13,24±0,48	588,13±0,12	9,32±0,26	35,04±0,49
Ksu/0,7/50	36,59±1,89	10,06±0,50	13,94±0,97	587,94±0,06	9,35±1,01	34,30±0,65
Kr/0,3/30	37,06±0,51	9,64±0,11	13,23±0,23	587,90±0,04	9,57±0,27	30,22±0,24
Kr/0,3/40	36,96±0,30	9,63±0,11	13,43±0,27	587,76±0,05	9,52±0,16	28,00±0,48
Kr/0,3/50	37,55±0,43	9,41±0,15	12,63±0,26	588,04±0,04	9,84±0,24	28,30±0,61
Kr/0,5/30	37,82±0,47	9,58±0,13	12,70±0,26	588,16±0,03	9,99±0,26	33,00±0,47
Kr/0,5/40	36,90±0,57	10,04±0,13	13,88±0,20	587,92±0,04	9,48±0,31	34,30±1,22
Kr/0,5/50	37,96±0,07	9,67±0,12	13,21±0,12	587,91±0,06	10,06±0,04	33,00±0,23
Kr/0,7/30	35,45±0,84	9,31±0,35	12,53±0,72	588,07±0,07	8,73±0,42	30,20±0,36
Kr/0,7/40	36,96±0,58	9,66±0,48	13,16±0,99	587,99±0,11	9,52±0,31	30,25±0,24
Kr/0,7/50	36,91±0,79	10,23±0,42	14,31±0,85	587,88±0,07	9,49±0,43	32,10±1,08

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

Tabela 52. Parametri boje na površini uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla nakon dva meseca čuvanja

Uzorak	CIE L*a*b*			CIEYxy		
	L*	a*	b*	λ	Y	Č
Ks/0,3/30	35,81±0,98	9,55±0,12	12,88±0,38	588,09±0,13	8,91±0,51	30,25±0,35
Ks/0,3/40	36,01±1,62	9,46±0,64	12,71±1,20	588,11±0,08	9,03±0,84	30,32±0,45
Ks/0,3/50	36,79±0,17	9,72±0,23	13,37±0,42	587,91±0,04	9,43±0,09	30,34±1,02
Ks/0,5/30	35,16±0,69	9,83±0,06	13,30±0,17	588,14±0,07	8,59±0,35	30,41±1,23
Ks/0,5/40	35,72±0,49	9,76±0,05	13,35±0,18	588,00±0,07	8,86±0,25	30,28±0,18
Ks/0,5/50	35,53±0,30	9,15±0,21	12,28±0,32	588,05±0,03	8,77±0,15	30,18±0,56
Ks/0,7/30	35,88±0,52	10,12±0,26	14,08±0,47	587,93±0,02	8,95±0,27	34,32±0,08
Ks/0,7/40	36,17±1,09	8,88±0,19	12,21±0,39	587,76±0,04	9,10±0,56	30,05±0,36
Ks/0,7/50	35,10±0,79	8,61±0,14	11,82±0,19	587,74±0,02	8,55±0,40	30,00±0,24
Ksu/0,3/30	35,38±0,17	9,67±0,16	13,12±0,41	588,07±0,10	8,69±0,09	30,23±0,52
Ksu/0,3/40	36,05±1,06	9,48±0,17	12,71±0,41	588,12±0,13	9,04±0,55	30,29±0,34
Ksu/0,3/50	36,02±0,50	9,50±0,09	12,75±0,25	588,11±0,05	9,02±0,26	30,35±1,11
Ksu/0,5/30	34,02±0,88	8,86±0,25	11,48±0,38	588,37±0,03	8,02±0,42	30,08±0,20
Ksu/0,5/40	34,82±0,10	10,01±0,14	13,68±0,23	588,10±0,04	8,41±0,05	34,40±0,24
Ksu/0,5/50	36,55±1,24	9,29±0,17	12,85±0,23	587,76±0,05	9,43±0,68	30,24±0,69
Ksu/0,7/30	35,66±0,60	10,21±0,11	14,36±0,28	587,87±0,04	8,84±0,31	34,48±1,08
Ksu/0,7/40	36,79±0,25	9,75±0,19	13,38±0,43	587,94±0,07	9,42±0,13	30,22±0,95
Ksu/0,7/50	36,55±1,24	10,13±0,29	14,30±0,55	587,77±0,04	9,31±0,66	34,26±0,12
Kr/0,3/30	37,33±0,46	9,61±0,06	13,43±0,15	587,71±0,05	9,72±0,25	30,35±0,63
Kr/0,3/40	37,23±0,52	9,46±0,07	13,33±0,10	587,62±0,04	9,67±0,29	30,30±0,54
Kr/0,3/50	37,81±0,57	9,19±0,18	12,44±0,30	587,90±0,02	9,98±0,32	29,85±0,32
Kr/0,5/30	37,50±0,24	9,32±0,28	12,66±0,72	587,91±0,19	9,81±0,13	29,68±1,17
Kr/0,5/40	37,07±0,21	9,74±0,06	13,52±0,11	587,82±0,01	9,58±0,11	32,25±0,42
Kr/0,5/50	37,97±0,40	9,45±0,10	13,14±0,29	587,71±0,08	10,08±0,23	29,90±0,09
Kr/0,7/30	35,11±0,79	9,41±0,60	12,91±1,10	587,94±0,06	8,56±0,41	30,30±0,27
Kr/0,7/40	36,80±1,20	9,57±0,32	13,29±0,78	587,80±0,10	9,44±0,65	32,08±0,65
Kr/0,7/50	36,69±0,95	10,24±0,48	14,67±1,02	587,67±0,05	9,38±0,50	33,33±0,61

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

Tabela 53. Parametri boje na površini uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla nakon tri meseca čuvanja

Uzorak	CIE L*a*b*			λ	CIEYxy	
	L*	a*	b*		Y	Č
Ks/0,3/30	36,26±0,87	9,91±0,33	13,22±0,58	588,25±0,09	9,15±0,46	30,22±0,62
Ks/0,3/40	36,25±1,45	9,76±0,51	13,07±0,96	588,19±0,04	9,16±0,77	33,40±0,54
Ks/0,3/50	37,31±0,34	9,99±0,16	13,70±0,35	587,97±0,06	9,71±0,19	30,31±0,23
Ks/0,5/30	36,23±0,38	9,87±0,19	13,28±0,37	588,15±0,04	9,13±0,19	30,35±0,42
Ks/0,5/40	36,35±0,25	9,89±0,10	13,46±0,24	588,06±0,06	9,20±0,13	30,28±1,24
Ks/0,5/50	35,80±0,32	9,12±0,22	12,04±0,37	588,19±0,04	8,91±0,17	29,80±0,35
Ks/0,7/30	36,57±0,53	10,42±0,21	14,60±0,38	587,90±0,03	9,31±0,28	33,33±0,98
Ks/0,7/40	37,48±0,89	9,25±0,28	12,69±0,60	587,80±0,07	9,81±0,49	29,90±0,34
Ks/0,7/50	36,32±0,33	8,81±0,20	11,90±0,27	587,88±0,04	9,18±0,18	29,85±0,46
Ksu/0,3/30	35,72±0,29	9,79±0,26	13,36±0,50	588,03±0,06	8,87±0,15	30,35±0,65
Ksu/0,3/40	36,86±0,38	9,67±0,06	12,95±0,07	588,13±0,06	9,46±0,21	30,30±0,24
Ksu/0,3/50	36,03±0,16	9,60±0,42	13,01±0,67	588,04±0,04	9,03±0,08	30,38±0,25
Ksu/0,5/30	35,12±0,68	9,07±0,44	11,93±0,74	588,24±0,04	8,56±0,34	29,79±0,96
Ksu/0,5/40	35,04±0,12	10,05±0,07	13,65±0,09	588,16±0,04	8,52±0,06	33,42±0,33
Ksu/0,5/50	37,74±0,86	9,24±0,22	12,71±0,42	587,77±0,09	9,95±0,47	31,22±0,65
Ksu/0,7/30	36,13±0,42	10,31±0,14	14,37±0,27	587,94±0,01	9,07±0,22	34,00±0,31
Ksu/0,7/40	37,85±0,88	9,62±0,19	13,00±0,45	588,01±0,09	10,01±0,49	30,15±0,24
Ksu/0,7/50	37,06±1,62	10,12±0,40	14,21±0,77	587,80±0,03	9,59±0,88	34,40±0,16
Kr/0,3/30	38,13±0,42	9,62±0,06	13,51±0,12	587,64±0,08	10,16±0,23	30,25±0,25
Kr/0,3/40	37,78±0,15	9,60±0,12	13,58±0,31	587,59±0,07	9,97±0,08	30,20±0,43
Kr/0,3/50	37,93±0,42	9,35±0,32	12,74±0,53	587,87±0,02	10,05±0,23	30,85±0,31
Kr/0,5/30	38,43±0,49	9,64±0,02	13,25±0,13	587,84±0,08	10,33±0,28	30,95±0,36
Kr/0,5/40	38,33±0,90	9,27±0,20	12,36±0,38	588,04±0,04	10,28±0,50	31,82±0,31
Kr/0,5/50	37,31±0,30	9,99±0,28	14,01±0,51	587,77±0,02	9,70±0,16	33,42±1,21
Kr/0,7/30	36,18±1,25	9,10±0,66	12,31±1,20	587,97±0,05	9,11±0,66	29,80±0,65
Kr/0,7/40	37,74±0,75	9,52±0,52	13,09±1,00	587,85±0,11	9,95±0,42	31,00±1,08
Kr/0,7/50	37,45±0,73	10,19±0,47	14,38±0,92	587,76±0,02	9,79±0,40	33,22±0,34

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

Tabela 54. Parametri boje na površini uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla nakon četiri meseca čuvanja

Uzorak	CIE L*a*b*			λ	CIEYxy	
	L*	a*	b*		Y	Č
Ks/0,3/30	36,63±0,62	9,91±0,25	13,39±0,41	588,11±0,04	9,34±0,33	30,42±0,36
Ks/0,3/40	36,47±1,12	9,78±0,36	13,36±0,71	588,00±0,03	9,27±0,59	30,28±0,52
Ks/0,3/50	37,60±0,67	9,94±0,14	13,87±0,23	587,79±0,03	9,87±0,37	34,10±0,34
Ks/0,5/30	36,79±0,29	9,86±0,09	13,32±0,13	588,09±0,04	9,43±0,16	31,00±0,89
Ks/0,5/40	37,12±0,55	9,78±0,19	13,42±0,36	587,93±0,05	9,61±0,30	30,90±0,38
Ks/0,5/50	36,55±0,27	9,35±0,26	12,54±0,34	588,06±0,06	9,30±0,15	29,82±0,35
Ks/0,7/30	37,47±0,37	10,28±0,26	14,42±0,43	587,83±0,09	9,79±0,20	34,25±0,24
Ks/0,7/40	37,65±0,75	9,23±0,43	12,82±0,82	587,69±0,05	9,90±0,42	30,10±1,28
Ks/0,7/50	36,53±0,58	8,72±0,14	12,02±0,21	587,67±0,05	9,29±0,31	29,70±0,65
Ksu/0,3/30	36,47±0,04	9,86±0,14	13,62±0,35	587,91±0,08	9,25±0,02	30,15±0,24
Ksu/0,3/40	36,72±0,57	9,67±0,29	13,00±0,46	588,11±0,02	9,39±0,31	29,85±0,36
Ksu/0,3/50	37,02±0,26	9,61±0,10	12,94±0,16	588,06±0,05	9,55±0,14	30,30±0,50
Ksu/0,5/30	36,22±0,69	8,66±0,41	11,30±0,60	588,20±0,04	9,13±0,36	28,50±0,56
Ksu/0,5/40	35,59±0,07	10,05±0,10	13,85±0,16	588,01±0,05	8,80±0,04	34,20±0,12
Ksu/0,5/50	38,17±0,79	9,36±0,06	13,08±0,09	587,64±0,02	10,18±0,44	29,80±0,65
Ksu/0,7/30	37,22±0,19	10,06±0,18	14,05±0,37	587,83±0,03	9,66±0,11	33,00±0,24
Ksu/0,7/40	37,79±0,31	9,95±0,18	13,71±0,31	587,90±0,04	9,97±0,18	32,04±0,72
Ksu/0,7/50	37,43±1,77	10,20±0,60	14,40±1,18	587,77±0,04	9,79±0,99	34,40±0,36
Kr/0,3/30	38,59±0,41	9,67±0,07	13,53±0,10	587,67±0,02	10,42±0,23	32,84±0,28
Kr/0,3/40	38,20±0,39	9,58±0,07	13,58±0,09	587,56±0,04	10,20±0,22	30,82±1,04
Kr/0,3/50	38,16±0,62	9,46±0,25	13,02±0,53	587,79±0,07	10,18±0,35	29,79±0,98
Kr/0,5/30	38,48±0,96	9,35±0,34	12,67±0,86	587,91±0,18	10,37±0,55	29,84±0,92
Kr/0,5/40	37,30±0,44	10,31±0,06	14,56±0,21	587,78±0,05	9,70±0,24	34,10±0,48
Kr/0,5/50	38,72±0,22	9,77±0,07	13,59±0,06	587,75±0,05	10,50±0,12	30,52±0,56
Kr/0,7/30	36,08±1,43	9,38±0,67	12,81±1,26	587,94±0,08	9,06±0,76	29,90±1,25
Kr/0,7/40	38,18±0,22	9,55±0,32	13,19±0,60	587,79±0,04	10,19±0,13	30,72±0,35
Kr/0,7/50	37,34±0,79	10,50±0,35	15,16±0,77	587,64±0,06	9,72±0,43	34,00±0,32

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

Tabela 55. Parametri boje na površini uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla nakon pet meseci čuvanja

Uzorak	CIE L*a*b*			CIEYxy		
	L*	a*	b*	λ	Y	Č
Ks/0,3/30	35,96±0,16	9,56±0,13	12,80±0,23	588,14±0,06	8,99±0,08	30,22±0,65
Ks/0,3/40	35,28±1,10	9,55±0,43	12,92±0,86	588,09±0,07	8,65±0,56	30,18±0,54
Ks/0,3/50	36,52±0,43	9,73±0,19	13,43±0,26	587,89±0,03	9,28±0,23	30,31±0,26
Ks/0,5/30	35,47±0,75	9,76±0,12	13,06±0,21	588,21±0,02	8,74±0,38	30,28±1,12
Ks/0,5/40	35,63±0,25	9,70±0,09	13,22±0,19	588,04±0,07	8,82±0,13	30,42±0,38
Ks/0,5/50	35,32±0,66	9,09±0,25	12,24±0,50	588,02±0,05	8,66±0,33	29,80±1,20
Ks/0,7/30	36,00±0,46	10,30±0,07	14,37±0,16	587,94±0,04	9,01±0,25	34,00±1,32
Ks/0,7/40	36,34±0,62	9,20±0,35	12,73±0,68	587,77±0,05	9,18±0,33	30,28±0,36
Ks/0,7/50	35,54±0,59	8,83±0,14	12,11±0,20	587,79±0,04	8,77±0,30	29,78±0,89
Ksu/0,3/30	35,20±0,27	9,77±0,04	13,24±0,25	588,12±0,12	8,60±0,14	32,18±0,54
Ksu/0,3/40	36,08±0,61	9,52±0,29	12,61±0,63	588,23±0,10	9,05±0,32	30,90±0,56
Ksu/0,3/50	34,89±0,44	9,55±0,37	12,81±0,56	588,18±0,06	8,44±0,22	30,82±0,32
Ksu/0,5/30	34,33±0,47	9,03±0,35	11,68±0,55	588,41±0,06	8,17±0,23	30,00±0,50
Ksu/0,5/40	34,55±0,17	9,75±0,32	13,17±0,63	588,16±0,08	8,27±0,09	33,20±0,22
Ksu/0,5/50	37,51±0,34	9,34±0,07	12,87±0,02	587,78±0,10	9,82±0,18	30,12±0,65
Ksu/0,7/30	35,60±0,26	10,15±0,22	14,09±0,45	587,98±0,04	8,80±0,13	33,50±1,10
Ksu/0,7/40	36,74±0,80	9,65±0,20	13,01±0,40	588,08±0,08	9,26±0,42	29,90±0,54
Ksu/0,7/50	36,23±1,13	9,97±0,47	13,86±0,91	587,89±0,06	9,14±0,60	33,50±0,82
Kr/0,3/30	37,14±0,50	9,58±0,04	13,29±0,28	587,78±0,13	9,61±0,28	30,20±0,36
Kr/0,3/40	36,88±0,25	9,58±0,13	13,40±0,26	587,72±0,02	9,47±0,13	30,30±0,42
Kr/0,3/50	37,39±0,88	9,41±0,34	12,77±0,56	587,93±0,04	9,76±0,48	30,25±0,36
Kr/0,5/30	38,01±0,85	9,43±0,24	12,62±0,56	588,05±0,10	10,10±0,49	29,40±0,52
Kr/0,5/40	36,43±0,71	9,83±0,11	13,65±0,32	587,86±0,09	9,24±0,37	34,00±0,18
Kr/0,5/50	37,98±0,27	9,41±0,11	12,79±0,17	587,91±0,07	10,08±0,15	29,90±0,90
Kr/0,7/30	35,01±1,02	9,23±0,45	12,52±0,86	588,01±0,05	8,51±0,51	30,22±0,65
Kr/0,7/40	36,65±0,97	9,60±0,35	13,21±0,77	587,89±0,08	9,36±0,52	30,30±0,35
Kr/0,7/50	36,84±0,66	10,04±0,25	14,09±0,51	587,80±0,03	9,46±0,35	33,62±0,72

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

Tabela 56. Parametri boje na površini uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla nakon šest meseci čuvanja

Uzorak	CIE L*a*b*			CIEYxy		
	L*	a*	b*	λ	Y	Č
Ks/0,3/30	36,18±0,38	9,66±0,22	13,01±0,37	588,10±0,08	9,10±0,20	30,15±0,63
Ks/0,3/40	34,91±1,19	9,84±0,54	13,40±1,03	588,11±0,03	8,47±0,59	33,00±0,25
Ks/0,3/50	36,37±0,29	9,77±0,16	13,48±0,27	587,91±0,02	9,20±0,15	30,20±0,92
Ks/0,5/30	35,26±0,24	9,80±0,17	13,32±0,28	588,09±0,04	8,63±0,12	33,42±1,24
Ks/0,5/40	35,33±0,17	9,88±0,16	13,64±0,34	587,97±0,05	8,66±0,09	32,00±0,58
Ks/0,5/50	34,70±0,51	9,32±0,30	12,65±0,60	588,02±0,06	8,35±0,25	30,22±0,22
Ks/0,7/30	35,96±0,68	10,19±0,25	14,20±0,46	587,93±0,06	8,99±0,36	33,80±1,14
Ks/0,7/40	35,70±1,00	9,04±0,41	12,37±0,88	587,87±0,09	8,86±0,51	30,33±0,65
Ks/0,7/50	35,19±0,58	8,85±0,20	12,13±0,29	587,81±0,06	8,60±0,29	29,90±0,54
Ksu/0,3/30	34,73±0,04	9,83±0,17	13,36±0,28	588,12±0,03	8,37±0,02	32,90±0,36
Ksu/0,3/40	35,68±0,42	9,63±0,14	12,91±0,17	588,16±0,05	8,84±0,22	30,40±0,24
Ksu/0,3/50	35,24±0,64	9,43±0,39	12,66±0,63	588,13±0,03	8,62±0,32	30,82±0,82
Ksu/0,5/30	34,14±0,93	8,54±0,10	10,99±0,18	588,36±0,04	8,08±0,44	28,55±0,65
Ksu/0,5/40	33,94±0,21	10,02±0,10	13,68±0,12	588,15±0,04	7,98±0,10	34,80±0,42
Ksu/0,5/50	36,17±0,62	9,15±0,14	12,44±0,13	587,91±0,07	9,10±0,32	30,00±0,34
Ksu/0,7/30	35,42±0,39	10,39±0,36	14,63±0,78	587,92±0,07	8,71±0,20	34,90±1,10
Ksu/0,7/40	36,64±0,61	9,68±0,15	13,20±0,29	587,98±0,12	9,34±0,32	30,42±0,82
Ksu/0,7/50	36,18±1,70	9,98±0,54	13,98±1,03	587,83±0,05	9,12±0,89	33,20±0,70
Kr/0,3/30	36,76±0,61	9,56±0,07	13,35±0,22	587,74±0,13	9,41±0,33	30,25±0,36
Kr/0,3/40	36,30±0,59	9,44±0,09	13,19±0,23	587,72±0,06	9,17±0,31	30,32±0,64
Kr/0,3/50	36,72±0,83	9,34±0,30	12,74±0,59	587,91±0,04	9,39±0,44	33,40±1,16
Kr/0,5/30	37,21±0,92	9,37±0,20	12,63±0,43	588,00±0,09	9,66±0,51	29,78±0,89
Kr/0,5/40	36,22±1,05	9,96±0,22	13,82±0,37	587,90±0,05	9,13±0,55	33,50±0,06
Kr/0,5/50	37,86±0,38	9,56±0,10	13,12±0,22	587,85±0,05	10,01±0,22	30,25±0,36
Kr/0,7/30	34,02±0,68	9,34±0,43	12,90±0,88	587,90±0,09	8,02±0,33	33,10±0,24
Kr/0,7/40	36,53±0,50	9,61±0,37	13,25±0,75	587,88±0,07	9,29±0,27	30,17±0,63
Kr/0,7/50	36,23±1,24	10,33±0,59	14,67±1,29	587,80±0,09	9,14±0,66	33,28±0,85

Rezultati predstavljaju 95% interval poverenja srednje vrednosti, n=3

Prilog VI – Senzorne karakteristike uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla nakon dva i četiri meseca čuvanja

Tabela P6₂ - Senzorne karakteristike uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla nakon dva meseca čuvanja

Uzorak	Boja površine	Sjaj površine	Čvrstoća	Mazivost	Zrnavost	Adhezivnost	Miris	Ukus
Ks/0,3/30	4,2±0,07	3,8±0,04	4,7±0,17	6,4±0,25	5,4±0,27	4,9±0,22	6,7±0,05	6,0±0,02
Ks/0,3/40	4,2±0,05	3,8±0,05	4,8±0,15	6,2±0,15	5,7±0,45	4,8±0,27	6,7±0,05	6,2±0,05
Ks/0,3/50	4,3±0,05	3,8±0,05	4,8±0,14	6,2±0,15	6,2±0,16	4,3±0,27	6,7±0,02	6,2±0,06
Ks/0,5/30	4,3±0,06	3,8±0,02	4,8±0,17	6,1±0,22	5,4±0,27	4,8±0,27	6,7±0,00	6,2±0,04
Ks/0,5/40	4,3±0,01	3,9±0,05	4,8±0,13	6,4±0,15	6,0±0,45	4,5±0,50	6,7±0,00	6,3±0,00
Ks/0,5/50	4,3±0,07	3,8±0,05	4,9±0,15	6,4±0,12	6,2±0,27	4,5±0,50	6,8±0,05	6,3±0,00
Ks/0,7/30	4,3±0,02	3,8±0,02	4,8±0,20	6,4±0,25	5,4±0,42	4,8±0,27	6,7±0,02	6,2±0,05
Ks/0,7/40	4,4±0,05	3,8±0,04	4,9±0,15	6,4±0,25	6,1±0,76	4,4±0,89	6,7±0,00	6,3±0,05
Ks/0,7/50	4,4±0,02	3,9±0,04	4,9±0,14	6,4±0,27	6,3±0,27	4,4±0,55	6,7±0,05	6,3±0,02
Ksu/0,3/30	4,2±0,07	3,9±0,02	4,8±0,17	6,4±0,15	5,4±0,27	4,8±0,27	6,7±0,02	6,2±0,01
Ksu/0,3/40	4,2±0,05	3,8±0,05	4,8±0,15	6,3±0,14	5,8±0,22	4,6±0,42	6,7±0,05	6,2±0,00
Ksu/0,3/50	4,2±0,05	3,9±0,02	4,8±0,15	6,2±0,25	6,4±0,45	4,4±0,42	6,7±0,02	6,3±0,00
Ksu/0,5/30	4,2±0,07	3,8±0,06	4,8±0,10	6,3±0,22	5,5±0,27	4,8±0,27	6,7±0,00	6,3±0,02
Ksu/0,5/40	4,3±0,05	3,8±0,05	4,8±0,10	6,3±0,25	5,9±0,27	4,4±0,42	6,7±0,05	6,3±0,03
Ksu/0,5/50	4,3±0,07	3,8±0,05	4,8±0,12	6,3±0,16	6,1±0,27	4,3±0,45	6,7±0,05	6,4±0,02
Ksu/0,7/30	4,3±0,05	3,8±0,07	4,8±0,17	6,4±0,25	5,3±0,27	4,8±0,27	6,7±0,02	6,4±0,02
Ksu/0,7/40	4,4±0,05	3,8±0,00	4,8±0,15	6,4±0,15	6,1±0,50	4,4±0,42	6,8±0,01	6,4±0,04
Ksu/0,7/50	4,4±0,06	3,8±0,05	4,8±0,10	6,5±0,27	6,2±0,65	4,3±0,42	6,8±0,05	6,4±0,05
Kr/0,3/30	4,2±0,07	3,8±0,05	4,7±0,12	6,4±0,22	5,2±0,84	4,8±0,27	6,7±0,05	6,2±0,02
Kr/0,3/40	4,2±0,05	3,8±0,07	4,7±0,12	6,3±0,26	5,8±0,57	4,5±0,35	6,7±0,02	6,2±0,04
Kr/0,3/50	4,3±0,05	3,8±0,03	4,8±0,14	6,4±0,25	6,2±0,27	4,3±0,27	6,7±0,06	6,4±0,05
Kr/0,5/30	4,4±0,02	3,8±0,05	4,7±0,17	6,3±0,15	5,3±0,22	4,5±0,50	6,7±0,05	6,2±0,05
Kr/0,5/40	4,4±0,02	3,9±0,01	4,8±0,17	6,4±0,12	6,0±0,75	4,4±0,42	6,7±0,02	6,4±0,02
Kr/0,5/50	4,4±0,02	3,9±0,02	4,8±0,14	6,3±0,25	6,2±0,12	4,2±0,42	6,8±0,05	6,4±0,05
Kr/0,7/30	4,3±0,05	3,8±0,06	4,8±0,15	6,4±0,13	5,4±0,27	4,7±0,45	6,8±0,02	6,3±0,02
Kr/0,7/40	4,4±0,07	3,9±0,02	4,8±0,15	6,4±0,15	6,1±0,65	4,4±0,42	6,8±0,00	6,4±0,00
Kr/0,7/50	4,4±0,05	3,9±0,01	4,8±0,11	6,4±0,15	6,2±0,27	4,2±0,42	6,8±0,02	6,4±0,05

* **boja na površini** (1 - ekstremno svetla, loša; 4 - optimalna, 7 - ekstremno tamna, loša), **sjaj površine** (1 – mat; 4 – sjajna; 7 - izdvajanje ulja na površinu), **čvrstoća** (1 - ekstremno meko; 4 – optimalno; 7 - ekstremno tvrdo), **mazivost** (1 - loša mazivost; 7 – dobra mazivost), **zrnavost** (1 – peskovito; 7 - glatko), **adhezivnost** (1 - ne prijanya; 4 – optimalno; 7 - ekstremno lepljivo), **miris** (1 - ekstremno loš, stran; 7 - ekstremno dobar, svojstven), **ukus** (1 - ekstremno loš, stran; 7 - ekstremno dobar, svojstven)

Tabela P6₄ - Senzorne karakteristike uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa dodatkom lecitina različitog porekla nakon četiri meseca čuvanja

Uzorak	Boja površine	Sjaj površine	Čvrstoća	Mazivost	Zrnavost	Adhezivnost	Miris	Ukus
Ks/0,3/30	4,2±0,08	3,8±0,04	4,7±0,10	6,3±0,10	5,3±0,24	4,8±0,12	6,5±0,05	5,8±0,00
Ks/0,3/40	4,2±0,02	3,8±0,04	4,7±0,14	6,2±0,10	5,8±0,58	4,6±0,25	6,5±0,05	5,8±0,02
Ks/0,3/50	4,2±0,09	3,8±0,02	4,7±0,12	6,2±0,22	6,2±0,76	4,2±0,20	6,6±0,00	5,8±0,02
Ks/0,5/30	4,2±0,05	3,8±0,02	4,7±0,11	6,3±0,17	5,4±0,24	4,8±0,50	6,4±0,02	5,8±0,00
Ks/0,5/40	4,2±0,04	3,8±0,05	4,8±0,10	6,2±0,19	6,0±0,45	4,7±0,50	6,5±0,05	6,0±0,02
Ks/0,5/50	4,2±0,04	3,8±0,05	4,8±0,12	6,4±0,16	6,2±0,24	4,5±0,50	6,6±0,05	6,0±0,02
Ks/0,7/30	4,2±0,09	3,8±0,04	4,8±0,17	6,2±0,16	5,4±0,42	4,8±0,45	6,4±0,02	5,9±0,05
Ks/0,7/40	4,3±0,08	3,8±0,04	4,8±0,19	6,2±0,10	6,1±0,76	4,6±0,27	6,6±0,07	5,9±0,05
Ks/0,7/50	4,3±0,02	3,8±0,05	4,9±0,18	6,3±0,20	6,3±0,24	4,4±0,50	6,6±0,05	6,0±0,03
Ksu/0,3/30	4,2±0,04	3,8±0,05	4,7±0,14	6,2±0,18	5,4±0,24	4,8±0,27	6,5±0,00	5,8±0,01
Ksu/0,3/40	4,2±0,08	3,8±0,05	4,7±0,17	6,2±0,20	5,8±0,21	4,5±0,50	6,5±0,00	5,8±0,04
Ksu/0,3/50	4,2±0,07	3,8±0,05	4,8±0,13	6,4±0,20	6,4±0,45	4,3±0,50	6,6±0,02	5,9±0,05
Ksu/0,5/30	4,2±0,04	3,8±0,02	4,8±0,12	6,1±0,19	5,5±0,24	4,8±0,65	6,5±0,04	5,8±0,02
Ksu/0,5/40	4,2±0,05	3,8±0,02	4,8±0,15	6,2±0,18	5,9±0,24	4,4±0,22	6,5±0,05	5,8±0,02
Ksu/0,5/50	4,3±0,03	3,8±0,00	4,8±0,14	6,3±0,22	6,1±0,24	4,3±0,45	6,6±0,05	5,8±0,02
Ksu/0,7/30	4,2±0,06	3,8±0,04	4,8±0,19	6,4±0,14	5,3±0,24	4,9±0,27	6,5±0,02	6,0±0,02
Ksu/0,7/40	4,3±0,06	3,8±0,04	4,8±0,19	6,2±0,12	6,1±0,50	4,5±0,45	6,6±0,02	6,2±0,04
Ksu/0,7/50	4,2±0,05	3,8±0,05	4,9±0,12	6,4±0,32	6,2±0,65	4,2±0,65	6,6±0,05	6,2±0,02
Kr/0,3/30	4,2±0,04	3,8±0,03	4,8±0,18	6,2±0,31	5,2±0,84	4,8±0,20	6,5±0,05	5,8±0,02
Kr/0,3/40	4,2±0,08	3,8±0,00	4,8±0,15	6,1±0,28	5,7±0,57	4,5±0,20	6,6±0,02	5,8±0,04
Kr/0,3/50	4,2±0,07	3,8±0,00	4,8±0,15	6,2±0,23	6,0±0,27	4,3±0,27	6,6±0,02	5,9±0,00
Kr/0,5/30	4,2±0,08	3,8±0,02	4,8±0,17	6,2±0,19	5,3±0,22	4,7±0,50	6,5±0,05	5,8±0,00
Kr/0,5/40	4,3±0,07	3,8±0,04	4,8±0,16	6,3±0,25	6,0±0,75	4,5±0,35	6,5±0,03	5,8±0,02
Kr/0,5/50	4,3±0,08	3,8±0,04	4,8±0,20	6,4±0,28	6,2±0,82	4,2±0,12	6,6±0,05	6,0±0,02
Kr/0,7/30	4,3±0,09	3,8±0,03	4,8±0,14	6,3±0,12	5,4±0,24	4,8±0,45	6,5±0,04	6,0±0,04
Kr/0,7/40	4,3±0,08	3,8±0,02	4,9±0,18	6,4±0,11	6,1±0,65	4,5±0,12	6,6±0,00	6,0±0,04
Kr/0,7/50	4,3±0,05	3,8±0,02	4,9±0,18	6,4±0,14	6,2±0,24	4,2±0,12	6,6±0,02	6,2±0,02

* **boja na površini** (1- ekstremno svetla, loša; 4 - optimalna, 7 - ekstremno tamna, loša), **sjaj površine** (1 – mat; 4 – sjajna; 7 - izdvajanje ulja na površinu), **čvrstoća** (1 - ekstremno meko; 4 – optimalno; 7 - ekstremno tvrdo), **mazivost** (1 - loša mazivost; 7 – dobra mazivost), **zrnavost** (1 – peskovito; 7 - glatko), **adhezivnost** (1 - ne prijanja; 4 – optimalno; 7 - ekstremno lepljivo), **miris** (1 - ekstremno loš, stran; 7 - ekstremno dobar, svojstven), **ukus** (1 - ekstremno loš, stran; 7 - ekstremno dobar, svojstven)

Prilog VII – Parametri instrumentalnog merenja boje mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljem iz semena soje, uljane repice i susama u vremenskom intervalu čuvanja od šest meseci

Tabela 7₁. Parametri boje na površini uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljem iz semena soje, uljane repice i susama nakon mesec dana čuvanja

Uzorak	CIE L*a*b*			λ	CIEYxy	
	L*	a*	b*		Y	Č
KONTROLNI	34,35±0,22	9,95±0,51	10,54±0,14	591,15±0,12	8,19±0,15	30,10±0,32
KS/50	32,41±1,36	10,01±0,30	10,25±0,51	591,19±0,08	7,28±0,60	30,12±0,24
KS/70	32,21±0,38	9,96±0,22	10,62±0,29	590,68±0,02	7,18±0,17	29,62±0,36
KS/100	33,29±0,35	9,38±0,41	9,36±0,59	591,32±0,19	7,67±0,16	28,45±0,12
KR/50	32,28±0,27	10,43±0,09	10,89±0,14	591,06±0,03	7,21±0,12	30,85±0,36
KR/70	29,84±0,08	9,48±0,26	9,83±0,44	591,04±0,14	6,17±0,03	30,60±0,42
KR/100	31,53±0,19	9,46±0,25	9,42±0,35	591,45±0,07	6,88±0,08	30,24±0,25
KSu/50	32,11±0,26	9,38±0,10	9,61±0,12	591,03±0,03	7,13±0,12	28,45±0,31
KSu/70	31,76±0,13	9,58±0,13	9,66±0,17	591,30±0,06	6,98±0,06	28,04±0,14
KSu/100	30,79±0,17	9,69±0,18	9,76±0,11	591,39±0,16	6,57±0,07	29,12±0,20

Tabela 7₂. Parametri boje na površini uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljem iz semena soje, uljane repice i susama nakon dva meseca čuvanja

Uzorak	CIE L*a*b*			λ	CIEYxy	
	L*	a*	b*		Y	Č
KONTROLNI	34,63±0,32	9,90±0,47	10,55±0,53	591,29±0,14	8,50±0,43	30,12±0,32
KS/50	33,11±2,26	10,13±0,83	10,32±1,14	591,28±0,05	7,62±1,02	30,42±0,56
KS/70	31,90±0,64	10,13±0,12	10,80±0,19	590,76±0,20	7,04±0,28	30,20±0,54
KS/100	32,41±1,56	10,12±0,81	10,26±1,11	591,37±0,13	7,28±0,71	29,55±0,21
KR/50	31,96±0,09	10,81±0,18	11,37±0,33	591,08±0,11	7,07±0,04	30,75±0,65
KR/70	29,65±0,03	9,92±0,31	10,43±0,46	590,99±0,12	6,09±0,01	30,62±0,42
KR/100	31,51±0,24	9,61±0,89	9,62±1,17	591,45±0,18	6,87±0,10	30,40±0,36
KSu/50	31,86±0,27	9,87±0,07	10,21±0,11	591,06±0,05	7,02±0,12	29,32±0,20
KSu/70	32,22±0,24	9,65±0,19	9,74±0,20	591,28±0,05	7,19±0,11	28,46±0,24
KSu/100	30,49±0,24	10,18±0,07	10,42±0,11	591,34±0,06	6,44±0,10	29,54±0,53

Tabela 7₃. Parametri boje na površini uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljem iz semena soje, uljane repice i susama nakon tri meseca čuvanja

Uzorak	CIE L*a*b*			λ	CIEYxy	
	L*	a*	b*		Y	Č
KONTROLNI	34,45±0,50	10,42±0,44	10,66±0,45	591,41±0,17	8,66±0,37	30,06±0,32
KS/50	32,25±1,58	10,53±0,55	10,79±0,74	591,34±0,04	7,21±0,71	30,90±0,65
KS/70	32,20±0,62	10,10±0,16	10,69±0,16	591,29±0,07	7,23±0,21	30,56±0,23
KS/100	32,74±0,46	10,04±0,34	10,23±0,44	591,25±0,05	7,42±0,21	30,25±0,45
KR/50	32,21±0,15	10,89±0,13	11,38±0,19	591,18±0,02	7,18±0,07	30,90±0,26
KR/70	29,59±0,79	9,83±0,29	10,34±0,46	590,98±0,17	6,07±0,32	31,04±0,34
KR/100	31,51±0,29	9,91±0,29	10,07±0,33	591,32±0,04	6,87±0,13	30,19±0,16
KSu/50	32,02±0,17	9,93±0,03	10,31±0,04	591,01±0,04	7,09±0,08	30,26±0,65
KSu/70	32,32±0,47	9,79±0,12	9,91±0,15	590,81±0,13	7,18±0,27	29,98±1,22
KSu/100	30,60±0,25	10,18±0,19	10,34±0,18	591,44±0,12	6,49±0,11	29,50±0,54

Tabela 7₄. Parametri boje na površini uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljem iz semena soje, uljane repice i susama nakon četiri meseca čuvanja

Uzorak	CIE L*a*b*			λ	CIEYxy	
	L*	a*	b*		Y	Č
KONTROLNI	35,89±0,70	10,82±0,41	10,98±0,58	591,34±0,15	8,96±0,36	30,09±0,26
KS/50	33,25±1,77	11,11±0,85	11,10±1,31	591,77±0,18	7,67±0,81	32,54±0,24
KS/70	33,11±0,31	10,68±0,09	10,78±0,09	591,49±0,10	7,59±0,14	32,45±0,23
KS/100	33,76±0,67	10,80±0,26	10,59±0,49	591,87±0,25	7,90±0,32	30,36±0,55
KR/50	32,58±0,10	11,55±0,38	11,86±0,61	591,55±0,15	7,34±0,05	31,87±0,32
KR/70	30,57±2,00	10,98±0,37	11,43±0,60	591,36±0,07	6,50±0,85	32,04±0,14
KR/100	32,13±0,17	10,83±0,34	10,45±0,50	592,17±0,12	7,14±0,07	30,69±0,50
KSu/50	32,19±0,31	10,78±0,09	10,90±0,06	591,56±0,07	7,17±0,14	30,26±0,41
KSu/70	32,39±0,24	10,80±0,10	10,64±0,15	591,86±0,06	7,26±0,11	30,20±0,36
KSu/100	31,43±0,51	11,07±0,15	10,95±0,25	591,94±0,06	6,84±0,22	29,84±0,27

Tabela 7₅. Parametri boje na površini uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljem iz semena soje, uljane repice i susama nakon pet meseci čuvanja

Uzorak	CIE L*a*b*			CIEYxy		
	L*	a*	b*	λ	Y	Č
KONTROLNI	35,61±0,54	10,93±0,19	11,28±0,31	591,15±0,11	8,81±0,28	30,09±0,236
KS/50	33,90±2,59	10,84±1,05	10,76±1,50	591,77±0,12	8,00±1,20	33,52±0,27
KS/70	33,48±0,22	10,56±0,17	10,76±0,21	591,33±0,09	7,76±0,10	33,64±0,29
KS/100	34,20±0,98	10,64±0,54	10,55±0,75	591,69±0,10	8,11±0,47	30,28±0,42
KR/50	32,40±0,40	11,44±0,10	11,88±0,25	591,39±0,16	7,27±0,18	33,65±0,35
KR/70	30,03±1,66	10,94±0,32	11,46±0,49	591,29±0,12	6,26±0,69	34,16±0,74
KR/100	32,62±0,23	10,40±0,23	9,96±0,30	592,13±0,10	7,36±0,11	30,50±0,10
KSu/50	32,57±0,38	10,48±0,42	10,81±0,60	591,22±0,10	7,34±0,17	29,84±0,51
KSu/70	32,17±0,47	10,60±0,23	10,92±0,28	591,28±0,03	7,16±0,21	30,18±0,12
KSu/100	31,29±0,55	11,02±0,27	11,05±0,41	591,77±0,08	6,78±0,24	30,10±0,32

Tabela 7₆. Parametri boje na površini uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljem iz semena soje, uljane repice i susama nakon šest meseci čuvanja

Uzorak	CIE L*a*b*			CIEYxy		
	L*	a*	b*	λ	Y	Č
KONTROLNI	35,82±0,30	10,61±0,28	11,18±0,29	591,62±0,08	8,71±0,16	30,02±0,27
KS/50	32,31±1,03	11,07±0,35	11,32±0,57	591,50±0,07	7,23±0,46	34,48±0,34
KS/70	32,66±0,30	10,29±0,07	10,68±0,09	591,08±0,07	7,38±0,14	34,25±0,25
KS/100	34,06±0,88	10,22±0,19	10,18±0,38	591,50±0,18	8,05±0,42	30,31±0,43
KR/50	32,45±0,24	10,93±0,17	11,24±0,37	591,37±0,20	7,29±0,11	34,20±0,50
KR/70	30,59±1,50	10,11±0,15	10,46±0,08	591,19±0,09	6,49±0,63	34,50±0,12
KR/100	32,07±0,31	10,09±0,37	9,78±0,55	591,96±0,16	7,12±0,14	30,42±0,36
KSu/50	31,96±0,29	10,82±0,39	10,96±0,48	591,08±0,10	7,07±0,13	30,54±0,24
KSu/70	32,49±0,41	10,21±0,12	10,50±0,17	591,21±0,02	7,31±0,19	30,28±0,25
KSu/100	30,62±0,55	10,12±0,34	10,49±0,50	591,63±0,05	6,49±0,23	30,12±0,32

Prilog VIII – Senzorne karakteristike uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljem iz semena soje, uljane repice i susama nakon dva i četiri meseca čuvanja

Tabela P8₂ - Senzorne karakteristike uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljem iz semena soje, uljane repice i susama nakon dva meseca čuvanja

Uzorak	Boja površine	Sjaj površine	Čvrstoća	Mazivost	Zrnastost	Adhezivnost	Miris	Ukus
KONTROLNI	4,3±0,02	3,8±0,03	4,5±0,11	6,5±0,20	6,2±0,40	4,4±0,20	6,7±0,03	6,6±0,03
KS/50	4,4±0,02	3,8±0,06	4,6±0,10	6,6±0,11	6,2±0,22	4,5±0,27	6,7±0,05	6,2±0,03
KS/70	4,4±0,07	3,8±0,02	4,6±0,12	6,5±0,15	6,2±0,24	4,5±0,35	6,7±0,02	6,2±0,05
KS/100	4,4±0,04	3,8±0,04	4,6±0,09	6,5±0,23	6,3±0,12	4,4±0,20	6,8±0,05	6,4±0,06
KR/50	4,5±0,05	3,8±0,05	4,5±0,12	6,6±0,11	6,2±0,36	4,6±0,50	6,7±0,02	6,4±0,02
KR/70	4,6±0,02	3,8±0,05	4,6±0,10	6,6±0,15	6,3±0,25	4,4±0,45	6,8±0,03	6,4±0,00
KR/100	4,6±0,09	3,8±0,05	4,6±0,08	6,6±0,08	6,3±0,42	4,4±0,30	6,8±0,02	6,4±0,04
KSu/50	4,5±0,03	3,8±0,03	4,6±0,15	6,5±0,07	6,4±0,40	4,4±0,14	6,8±0,02	6,4±0,03
KSu/70	4,6±0,04	3,9±0,04	4,6±0,12	6,6±0,20	6,4±0,34	4,4±0,26	6,8±0,00	6,2±0,02
KSu/100	4,6±0,06	3,9±0,02	4,5±0,16	6,5±0,15	6,4±0,22	4,5±0,34	6,8±0,03	6,2±0,04

*

Tabela P8₄ - Senzorne karakteristike uzoraka mazivog kakao-krem proizvoda sa zamenom 50, 70 i 100% suncokretovog ulja uljem iz semena soje, uljane repice i susama nakon četiri meseca čuvanja

Uzorak	Boja površine	Sjaj površine	Čvrstoća	Mazivost	Zrnastost	Adhezivnost	Miris	Ukus
KONTROLNI	4,3±0,07	3,7±0,02	4,5±0,17	6,6±0,08	6,2±0,25	4,4±0,30	6,6±0,05	5,8±0,02
KS/50	4,4±0,03	3,7±0,04	4,5±0,14	6,7±0,12	6,2±0,45	4,5±0,25	6,6±0,00	5,7±0,04
KS/70	4,4±0,09	3,7±0,06	4,5±0,22	6,6±0,20	6,3±0,12	4,5±0,15	6,7±0,02	5,7±0,05
KS/100	4,5±0,06	3,8±0,03	4,4±0,10	6,6±0,14	6,3±0,22	4,4±0,36	6,6±0,01	5,7±0,05
KR/50	4,6±0,09	3,7±0,05	4,5±0,08	6,7±0,20	6,2±0,35	4,6±0,50	6,7±0,04	5,7±0,02
KR/70	4,6±0,04	3,8±0,06	4,5±0,22	6,7±0,11	6,3±0,27	4,4±0,50	6,7±0,03	5,6±0,00
KR/100	4,6±0,03	3,8±0,05	4,5±0,09	6,7±0,09	6,3±0,42	4,4±0,35	6,7±0,00	5,6±0,03
KSu/50	4,6±0,05	3,8±0,03	4,4±0,23	6,6±0,11	6,3±0,32	4,4±0,36	6,8±0,04	5,6±0,03
KSu/70	4,6±0,04	3,8±0,05	4,4±0,14	6,7±0,22	6,4±0,27	4,4±0,50	6,8±0,02	5,4±0,00
KSu/100	4,7±0,05	3,8±0,03	4,4±0,16	6,7±0,14	6,4±0,20	4,5±0,22	6,8±0,02	5,4±0,02

*

* **boja na površini** (1- ekstremno svetla, loša; 4 – optimalna; 7 - ekstremno tamna, loša), **sjaj površine** (1 – mat; 4 – sjajna; 7 - izdvanjanje ulja na površinu), **čvrstoća** (1 - ekstremno meko; 4 – optimalno; 7 - ekstremno tvrdo), **mazivost** (1 - loša mazivost; 7 – dobra mazivost), **zrnastost** (1 – peskovito; 7 - glatko), **adhezivnost** (1 - ne prijanja; 4 – optimalno; 7 - ekstremno lepljivo), **miris** (1 - ekstremno loš, stran; 7 - ekstremno dobar, svojstven), **ukus** (1 - ekstremno loš, stran; 7 - ekstremno dobar, svojstven)

VI LITERATURA

- Abou-Gharbia H.A., Shehata A.A.Y., Shahidi F. (2000): Effect of processing on oxidative stability and lipid classes of sesame oil, *Food Research International*, 33, 331-340.
- Alamprese C., Datei L., Semeraro Q. (2007): Optimization of processing parameters of a ball mill refiner for chocolate, *Journal of Food Engineering*, 83, 629–636.
- Amarowicz R., Raab B., Shahidi F. (2003): Antioxidant activity of phenolic fractions of rapeseed, *Journal of Food Lipids*, 10, 51-62.
- Andersen P.C., Hill K., Gorbet D.W., Brodbeck B.V. (1998): Fatty acid and amino acid profiles of selected peanut cultivars and breeding lines, *Journal of Food Composition and Analysis*, 11, 100–111.
- Arab-Tehrany E., Jacquot M., Gaiani C., Imran M., Desobry S., Linder M. (2012): Beneficial effects and oxidative stability of omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids, *Trends in Food Science & Technology*, 25 (1), 24-33.
- Arnold G., Schuldt S., Schneider Y., Frederichs J., Babick F., Werner C., Rohm H. (2013): The impact of lecithin on rheology, sedimentation and particle interactions in oil-based dispersions, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 418, 147-156.
- Bail S., Stuebiger G., Unterweger H., Buchbauer G., Krist S. (2009): Characterization of volatile compounds and triacylglycerol profiles of nut oils using SPME-GC-MS and MALDI-TOF-MS, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 111, 170–182.
- Barth C. (2009): Nutritional value of rapeseed oil and its high oleic/low linolenic variety – A call for differentiation, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 111, 953–956.
- Beardsell D., Francis J., Ridley D. (2001): Health promoting constituents in plant derived edible oils, *Journal of Food Lipids*, 9, 1-34.
- Beckett S. T. (2008): *Science of chocolate*, 2nd edition, RSC publishing, Cambridge, England.
- Benito M., Oria R., Sanchez-Gimeno A.C. (2010): Characterization of the olive oil from three potentially interesting varieties from aragon (Spain), *Food Science Technology International*, 6, 523–528.
- Betoret E., Betoret N., Vidal D., Fito P. (2011): Functional foods development: Trends and technologies, *Trends in Food Science and Technology*, 22, 498-508.
- Boskou D. (2006): Sources of natural phenolic antioxidants, *Trends in Food Science & Technology*, 17, 505–512.
- Bot A., Flöter E., Lammers J.G., Pelanin E (2003): Controlling the texture of spreads. In *Texture in food, volume 1: Semi-solid foods*, edited by Brian M. McKenna, CRC press, Boca Raton Boston, New York, Washington DC.

- Cabezas D.M., Diehl B., Tomas M.C. (2009): Effect of processing parameters on sunflower phosphatidylcholine-enriched fractions extracted with aqueous ethanol, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 111, 993-1002.
- Calisir S., Marakoglu T., Ogut H., Ozturk O. (2005): Physical properties of rapeseed (*Brassica napus oleifera* L.), *Journal of Food Engineering*, 69, 61–66.
- Calvo P., Castano A. L., Hernandez M.T., Gonzalez-Gomez D. (2011): Effects of microcapsule constitution on the quality of microencapsulated walnut oil, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113, 1273–1280.
- Campoli E., Rustichelli C., Avallone R (2012): n-3 dietary supplementation and lipid metabolism: Differences between vegetable- and fish-derived oils, *Journal of Functional Foods*, 4, 207-212.
- Campos R., Narine S. S., Marangoni A. G. (2002): Effect of cooling rate on the structure and mechanical properties of milk and lard, *Food Research International*, 35, 971-981.
- Chen B., McClements D.J., Gray D.A., Decker E.A. (2012): Physical and oxidative stability of pre-emulsified oil bodies extracted from soybeans, *Food Chemistry*, 132, 1514–1520.
- CIE (1976): International commission on illumination, colorimetry: Official recommendation of the international commission on illumination. Publication CIE no. (E-1.31) bureau central de la CIE, Paris, France.
- Ciftci O.N., Przybylski R., and Rudzinska M. (2012): Lipid components of flax, perilla, and chia seeds, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 114 (7), 794-800.
- Codex Alimentarius (2001): Named vegetable oils, Codex Standard 210.
- De Graef V., Depypere F., Minnaert M., Dewettinck K. (2011): Chocolate yield stress as measured by oscillatory rheology, *Food Research International*, 44, 2660–2665.
- De Graef V., Dewettinck K., Verbeken D., Foubert I. (2006): Rheological behavior of crystallizing palm oil, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108, 864-870.
- Dimić E. (2005): Hladno ceđena ulja, Monografija, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad, Srbija.
- Doig S.D. & Diks R.M.M. (2003): Toolbox for exchanging constituent fatty acids in lecithins, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 105, 359–367.
- Döker O., Salgin U., Yildiz N., Aydogmus M., Çalimli A. (2010): Extraction of sesame seed oil using supercritical CO₂ and mathematical modeling, *Journal of Food Engineering*, 97, 360–366.
- Dunford N.T. (2005): Germ oils from different sources, in: Bailey's industrial oil and fat products, 6th edition, edited by F. Shahidi, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

- El-Hadad N.N.M., Youssef M.M., Abd El-Aal M.H., Abou-Gharbia H.H. (2011): Utilisation of red palm olein in formulating functional chocolate spread, *Food Chemistry*, 124, 285–290.
- Fauzi S.H.M., Rashid N.A., Omar Z. (2013): Effects of chemical interesterification on the physicochemical, microstructural and thermal properties of palm stearin, palm kernel oil and soybean oil blends, *Food Chemistry*, 137, 8–17.
- Fernández M.B., Perez E.E., Crapiste G.H., Nolasco S.M. (2012): Kinetic study of canola oil and tocopherol extraction: Parameter comparison of nonlinear models, *Journal of Food Engineering*, 111, 682–689.
- Foubert I., Fredrick E., Vereecken J., Sichiën M., Dewettinck K. (2008): Stop-and-return DSC method to study fat crystallization, *Thermochimica Acta*, 471, 7–13.
- Foubert I., Vanrollenghem P. A., Vanhoutte B., Dewettinck K. (2002): Dynamic mathematical model of the crystallization of the crystallization kinetics of fats, *Food Research International*, 35, 945-956.
- Garbolino C., Bartocchini M., Floter E. (2005): The influence of emulsifiers on the crystallisation behaviour of a palm oil-based blend, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 107, 616-626.
- Gavrilović M. (2003): Tehnologija konditorskih proizvoda, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad, Srbija.
- Geoffrey G.R., Litwinenko J.W., Marangoni A.G. (2005): Fat crystal networks, in: Bailey's industrial oil and fat products, 6th edition, edited by F. Shahidi, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Giménez A., Ares F., Ares G. (2012): Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches, *Food Research International*, 49, 311–325.
- Graça Costa do Nascimento E.M., Piler Carvalho C. W., Takeiti C.Y., Castro Freitas D.G., Ramirez Ascheri J.L. (2012): Use of sesame oil cake (*Sesamum indicum* L.) on corn expanded extrudates, *Food Research International*, 45, 434–443.
- Grompone M.A. (2005): Sunflower oil, in: Bailey's industrial oil and fat products, 6th edition, edited by F. Shahidi, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Hack D.M., Jr P.L.B, Jr S.W.H. (2009): Nutrition, sensory evaluation, and performance analysis of hydrogenated frying oils, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(8), 647–661.
- Hammond E.G., Johnson L.A., Su C., Wang T., White P.J. (2005): Soybean oil, in: Bailey's industrial oil and fat products, 6th edition, edited by F. Shahidi, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Harbaum-Piayda B., Oehlke K., Sonnichsen F.D., Zacchi P., Eggers R., Schwarz K. (2010): New polyphenolic compounds in commercial deodistillate and rapeseed oils, *Food Chemistry*, 123, 607–615.

- Hartel R.W. (1999): Chocolate: Fat bloom during storage, *Manufacturing Confectioner*, 79, 89-99.
- Hartel R.W. (2002) Crystallization in foods, in: Myerson, A.S. Handbook of industrial crystallization, 2nd edition, Butterworth-Heinemann, Boston.
- Hasenhuettl G.L. & Hartel R.W. (2008): Food emulsifiers and their applications, second edition, Springer Science, New York.
- Himawan C., Starov V.M., Stapley A.G.F. (2006): Thermodynamic and kinetic aspects of fat crystallization, *Advances in Colloid and Interface Science*, 122, 3-33.
- Hough G., Calle M.L., Serrat C., Curia A. (2007): Number of consumers necessary for shelf life estimations based on survival analysis statistics, *Food Quality and Preference*, 18, 771-775.
- <http://www.guidechem.com>
- <http://www.stablemicrosystem>
- Hu J., Sari O., Eicher S., Rija Rakotozanakajy A. (2009): Determination of specific heat of milk at different fat content between 1°C and 59°C using micro DSC, *Journal of Food Engineering*, 90, 395-399.
- Hwang L.S. (2005): Sesame Oil, in: Bailey's industrial oil and fat products, 6th edition, edited by F. Shahidi, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- ISO 4142 (1987): Sensory analysis – Methodology – Evaluation of food products by methods using scales.
- ISO 5492 (1992): Sensory analysis – Vocabulary.
- ISO 8586-1 (1993): Sensory analysis – General guidance for the selection, training and monitoring of assessors – Part 1: Selected assessors.
- ISO 8586-2 (1994): Sensory analysis – General guidance for the selection, training and monitoring of assessors – Part 2: Experts.
- ISO 8589 (1988): Sensory analysis – General guidance for the design of test rooms.
- Jackson, E.B. (1995): Sugar Confectionery manufacture, 2nd Edition, Cambridge University, Great Britain.
- Jia M., Kim H.J., Min D.B. (2007): Effects of soybean oil and oxidized soybean oil on the stability of β -carotene, *Food Chemistry*, 103, 695-700.
- Kamal-Eldin A. (2005): Minor Components of Fats and Oils, in: Bailey's industrial oil and fat products, 6th edition, edited by F. Shahidi, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Kamal-Eldin A., Pettersson D., and Appelqvist L. (1995): Sesamin (a compound from sesame oil) increases tocopherol levels in rats fed ad libitum, *Journal of American Oil Chemists' Society*, 30 (6), 499-505.

- Karabulut I., Kayahan M., Yapraka S. (2003): Determination of changes in some physical and chemical properties of soybean oil during hydrogenation, *Food Chemistry*, 81, 453–456.
- Konsoula Z. & Liakopoulou-Kyriakides M. (2010): Effect of endogenous antioxidants of sesame seeds and sesame oil to the thermal stability of edible vegetable oils, *LWT - Food Science and Technology*, 43, 1379-1386.
- Koski A., Pekkarinen S., Hopia A., Wahala K., Heinonen M. (2003): Processing of rapeseed oil: effects on sinapic acid derivative content and oxidative stability, *European Food Research and Technology*, 217, 110-114.
- Kuhnen S., Menel Lemos P.M., Campestrini L.H., Ogliari J.B., Dias P.F., Maraschin M. (2009): Antiangiogenic properties of carotenoids: A potential role of maize as functional food, *Journal of Functional Foods*, 1, 284-290.
- Lawless H.T. & Heymann H. (2010): *Sensory Evaluation of Food, Principles and Practices*, Second Edition, Springer, USA.
- Lee J., Lee Y., Choe E. (2008): Effects of sesamol, sesamin, and sesamolin extracted from roasted sesame oil on the thermal oxidation of methyl linoleate, *LWT - Food Science and Technology*, 41, 1871-1875.
- Lee W.L., Mc Carthy M.J., Mc Carthy K.L. (2010): Oil Migration in 2-component confectionery systems, *Journal of Food Science*, 75, 1, 83-89.
- Lidefelt J. (2002): *Handbook: Vegetable oils and fats*, Karlshamns AB.
- Lin K.-M. & Koseoglu S.S. (2003): Separation of sterols from deodorizer distillate by crystallization, *Journal of Food Lipids*, 10, 107-127.
- McKenna B.M. & Lyng J.G. (2003): Introduction to food rheology and its measurement, In: *Texture in food, Volume 1: Semi-solid foods*, Edited by Brian M. McKenna, CRC Press, Boca Raton Boston, New York, Washington DC.
- Metin S.M. & Hartel R.W. (2005): Crystallization of fats and oils, in: *Bailey's industrial oil and fat products*, 6th edition, edited by F. Shahidi, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Mezger T.G. (2002). *The rheology handbook*, Vincentz Verlag, Hannover, Germany.
- Mirghania M.E.S., Che Mana Y.B., Jinap S, Baharina B.S., Bakara J. (2003): Application of FTIR spectroscopy in determining sesamol in sesame seed oil, *Journal of the American oil Chemists' Society*, 80 (1), 1-4.
- Nieuwenhuyzen W. & Tomas M.C. (2008): Update on vegetable lecithin and phospholipid technologies, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110, 472-486.
- Nimet G., da Silva E.A., Palú F, Dariva C., dos Santos Freitas L., Neto A.M., Filho L.C. (2011): Extraction of sunflower (*Heliantus annuus* L.) oil with supercritical CO₂ and subcritical propane: Experimental and modeling, *Chemical Engineering Journal*, 168, 262–268.

- Nunes G.F.M., de Paula A.V., de Castro H.F., dos Santos J.C. (2011): Compositional and textural properties of milkfat–soybean oil blends following enzymatic interesterification, *Food Chemistry*, 125, 133–138.
- O’Keefe S. F. (2008): Nomenclature and classification of lipids, in: *Food lipids – chemistry, nutrition, and biotechnology*, edited by Akoh, C.C. & Min, D.B., 3rd edition, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- OICCC (2000): Viscosity of cocoa and chocolate products, analytical method 46, available from CAOISCO, rue Defacqz 1, B-1000 Bruxelles, Belgium.
- Oliveira A.C. & Rosa M.F. (2006): Enzymatic transesterification of sunflower oil in an aqueous-oil biphasic system, *Journal of the American Oil Chemists Society*, 83, 21-25.
- Pajin B. (2009): Praktikum iz tehnologije konditorskih proizvoda, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad, Srbija.
- Pajin B., Dokić Lj., Zarić D., Šoronja-Simović D., Lončarević I., Nikolić I. (2013): Crystallization and rheological properties of soya milk chocolate produced in a ball mill, *Journal of Food Engineering*, 114, 70–74.
- Pajin B., Đ. Karlović, R. Omorjan, V. Sovilj, D. Antić (2007): Influence of filling fat type on praline products with nougat filling, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109 (12), 1203-1207.
- Pajin B., Karlović, Đ., Dokić Lj., Hadnađev M. (2006): Karakterizacija mazivnih krem proizvoda, *Uljarstvo*, 37 (1-2), 13-16.
- Park Y.W., Chang P.S., Lee J. (2010): Application of triacylglycerol and fatty acid analyses to discriminate blended sesame oil with soybean oil, *Food Chemistry*, 123, 377–383.
- Parry J., Hao Z., Luther M., Su L., Zhou K., Yu L. (2006): Characterization of cold-pressed onion, parsley, cardamom, mullein, roasted pumpkin and milk thistle seed oils. *Journal of the American oil Chemists' Society*, 83 (10), 847-854.
- Pérez Elortondo F.J., Ojeda M., Albisu M., Salmerón J., Etayo I., Molina M. (2007): Food quality certification: An approach for the development of accredited sensory evaluation methods, *Food Quality and Preference*, 18, 425–439.
- Petković M. (2012): Uticaj procesnih parametara proizvodnje na fizičke osobine, toplotna svojstva i kvalitet mazivog krem proizvoda sa maltitolom, Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad, Srbija.
- Petković M., Pajin B., Tomić J., Torbica A., Šereš Z., Zarić D., Šoronja Simović D. (2012): Teksturalna i senzorna svojstva krem proizvoda sa saharozom i maltitolom, *Hemijska Industrija*, 66(3), 385–394.
- Phillips K.M., Ruggio D.M, Ashraf-Khorassani M. (2005): Phytosterol composition of nuts and seeds commonly consumed in the United States, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 9436-9445.

- Piska I., Zarubova M., Loužecký T., Karami H., Filip V. (2006): Properties and crystallization of fat blends, *Journal of Food Engineering*, 77, 433–438.
- Popov-Raljić J. (1999): Tehnologija i kvalitet gotove hrane, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad, Srbija.
- Pravilnik o kvalitetu i drugim zahtevima za kakao-proizvode, čokoladne proizvode, proizvode slične čokoladnim i krem-proizvode (Pravilnik je objavljen u Službenom listu SCG, br. 1/2005, 2005. godine.)
- Pravilnik o metodama uzimanja uzoraka i metodama vršenja hemijskih i fizičkih analiza kakao-zrna, kakao-proizvoda, proizvoda sličnih čokoladi, bombonskih proizvoda, krem-proizvoda, keksa i proizvoda srodnih keksu (Pravilnik je objavljen u Službenom listu SFRJ br. 41/87, 1987. godine).
- Przybylski R. (2005): Flax Oil and High Linolenic Oils, in: Bailey's industrial oil and fat products, 6th edition, edited by F. Shahidi, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Przybylski R., Mag T., Eskin N.A.M., McDonald B.E. (2005): Canola oil, in: Bailey's industrial oil and fat products, 6th edition, edited by F. Shahidi, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Rabrenović B. (2011): Uticaj fizičko-hemijskih karakteristika uljane tikve (*Cucurbita pepo L.*) na kvalitet i nutritivna svojstva hladno presovanog ulja, Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad, Srbija.
- Radočaj O. (2011): Optimizacija tehnološkog procesa proizvodnje namaza sa visokim sadržajem omega masnih kiselina upotrebom pogače semena uljane tikve golice, Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad, Srbija.
- Ramadan M.F. (2008): Quercetin increases antioxidant activity of soy lecithin in a triolein model system, *Lwt-food Science and Technology*, 41, 581-587.
- Rangkadilok N., Pholphana N, Mahidol C., Wongyai W., Saengsooksree K., Nookabkaew S., Satayavivad J. (2010): Variation of sesamin, sesamol and tocopherols in sesame (*Sesamum indicum L.*) seeds and oil products in Thailand, *Food Chemistry*, 122, 724–730.
- Reichert R.D. (2002): Oilseed medicinals: In natural drugs, dietary supplements and in new functional foods, *Trends in Food Science & Technology*, 13, 353–360.
- Ribeiro A.P.B., Grimaldi R., Gioielli L.A., Gonçalves L.A.G. (2009): Zero trans fats from soybean oil and fully hydrogenated soybean oil: Physico-chemical properties and food applications, *Food Research International* 42, 401–410.
- Rodrigues J.N. & Gioielli L.A. (2003): Chemical interesterification of milkfat and milkfat-corn oil blends, Chemical interesterification of milkfat and milkfat-corn oil blends, *Food Research International*, 36, 149–159.

- Rousseau D. & Marangoni A. (1999): The effects of interesterification on physical and sensory attributes of butterfat and butterfat canola oil spreads, *Food Research International*, 31 (5), 381-388.
- Rousset P., Sellapan P., Daoud P. (2002): Effect of emulsifiers on surface properties of sucrose by inverse gas chromatography, *Journal of Chromatography*, 969, 97-101.
- Sakiyan O., Sumnu G., Sahin S. (2004): Influence of fat content and emulsifier type on the rheological properties of cake batter, *European Food Research and Technology*, 219, 635-638.
- Sakurai H. & Pokorny J. (2003): The development and application of novel vegetable oils tailor-made for specific human dietary needs, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 105, 769-778.
- Santana A., Fernandez X., Larrayoz M.A. Recasens F. (2008): Vegetable fat hydrogenation in supercritical-fluid solvents: Melting behavior analysis by DSC and NMR, *The Journal of Supercritical Fluids*, 46, 322-328.
- Santos J.C.O., Santos I.M.G., Souza A.G. (2005): Effect of heating and cooling on rheological parameters of edible vegetable oils, *Journal of Food Engineering*, 67, 401-405.
- Sato K. (2001): Crystallization behaviour of fats and lipids – a review, *Chemical Engineering Science*, 56, 2255-2265.
- Schakel S.F., Marilyn Buzzard I., Gebhardt S.E. (1997): Procedures for Estimating Nutrient Values for Food Composition Databases, *Journal of Food Composition and Analysis*, 10, 102-114.
- Schantz B. & Rohm H. (2005): Influence of lecithin-PGPR blends on the rheological properties of chocolate, *LWT - food Science and Technology*, 38, 41-45.
- Schoefs B. (2002): Chlorophyll and carotenoid analysis in food products. Properties of the pigments and methods of analysis, *Trends in Food Science & Technology*, 13, 361-371.
- Schwartz H., Ollilainen V., Piironen V., Lampi A.M. (2008): Tocopherol, tocotrienol and plant sterol contents of vegetable oils and industrial fats, *Journal of Food Composition and Analysis*, 21, 152-161.
- Sedaj I. (2011): Funkcionalna i antioksidativna svojstva novih proizvoda od heljde, Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad, Srbija.
- Shahidi F. & Miraliakbari H. (2005): Tree nut oils, in: Bailey's industrial oil and fat products, 6th edition, edited by F. Shahidi, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Shahidi F. & Zhong Y. (2005): Lipid oxidation: Measurement methods, in: Bailey's industrial oil and fat products, 6th edition, edited by F. Shahidi, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Shukla V.K.S., Goudappel G.J., Gribnau M.C.M., van Doynhoven J. (1999): Solid fat content determination by NMR, *INFORM*, 10, 479-484.

- Siger A., Nogala-Kalucka M., Lampart-Szczapa E. (2007): The content and antioxidant activity of phenolic compounds in cold-pressed plant oils, *Journal of Food Lipids*, 15, 137–149.
- Sokmen A. & Gunes G. (2006): Influence of some bulk sweeteners on rheological properties of chocolate, *LWT - food Science and Technology*, 39, 1053–1058.
- Sovova H., Galushko A.A., Stateva R.P., Rochova K., Sajfrtova M., Bartlova M. (2010): Supercritical fluid extraction of minor components of vegetable oils: β -Sitosterol, *Journal of Food Engineering*, 101, 201–209.
- Spanova M. & Daum G. (2011): Squalene – biochemistry, molecular biology, process biotechnology, and applications, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113, 1299–1320.
- Stauffer C.E. (2005): Emulsifiers for the food industry, in: Bailey's industrial oil and fat products, 6th edition, edited by F. Shahidi, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Stoiljković D. & Pilić B. (2007): Struktura i svojstva polimernih materijala, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad, Srbija.
- Szczesniak A.S. (2002): Texture is a sensory property, *Food Quality and Preference*, 13, 215–225.
- Szuhaj B.F. (2005): Lecithins, in: Bailey's industrial oil and fat products, 6th edition, edited by F. Shahidi, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Timms R.E. (2003): Confectionery fats handbook - Properties, production and application, Oil Press, Bridgwater, England.
- Tuorila H. & Monteleone E. (2009): Sensory food science in the changing society: Opportunities, needs, and challenges, *Trends in Food Science & Technology*, 20, 54-62.
- Tynek M., Pawłowicz R., Gromadzka J., Tylingo R., Wardencki W., Karlovits G. (2012): Virgin rapeseed oils obtained from different rape varieties by cold pressed method – their characteristics, properties, and differences, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 114, 357–366.
- Viljanen K., Sundberg S., Ohshima T., Heinonen M. (2002): Carotenoids as antioxidants to prevent photooxidation, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104, 353–359.
- Wei F., Yang M., Zhou Q., Zheng C., Peng J.H., Liu C.S., Huang F.H., Chen H. (2012): Varietal and processing effects on the volatile profile of rapeseed oils, *LWT - Food Science and Technology*, 48, 323-329.
- Wennermark M. (1992): Finished product design confectionery fats, High quality performing filling fats, AOCs Congress, Budapest, Hungary.
- Whitehurs, R.J. (2004): Emulsifiers in food technology, Blackwell Publishing Ltd, Oxford OX4 2DQ, UK.

- Wu W.H. (2007): The contents of lignans in commercial sesame oils of Taiwan and their changes during heating, *Food Chemistry*, 104, 341–344.
- Yang M., Zheng C., Zhou Q., Huang F., Liu C., Wang H. (2013): Minor components and oxidative stability of cold-pressed oil from rapeseed cultivars in China, *Journal of Food Composition and Analysis*, 29, 1-9.
- Yanishlieva N.V. & , Marinova E.M. (2001): Stabilisation of edible oils with natural antioxidants, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 103, 752–767.
- Yoshida H., Tanaka M., Tomiyama Y., Mizushina Y. (2007): Antioksidant distributions and triacylglycerol molecular species of sesame seeds (*Sesamum indicum*), *Journal of the American oil Chemists' Society*, 84, 165-172.
- Zarubova M., Filip V., Kšandova L., Šmidrkal J., Piska I. (2010): Rheological and crystalline properties of trans-free model fat blends as affected by the length of fatty acid chains, *Journal of Food Engineering*, 99, 459-464.
- Zeb A., Murkovic M. (2011): Determination of thermal oxidation and oxidation products of β -carotene in corn oil triacylglycerols, *Food Research International*, 50 (2), 534-544.