

DOKTORSKA DISERTACIJA

**UTICAJ SASTAVA MASNE FAZE MARGARINA
NA FIZIČKE OSOBINE I KVALITET
PECIVA OD LAMINIRANOG TESTA**

Mr Dragana M. Šoronja Simović, dipl.ing.

Novi Sad, 2009.

SADRŽAJ

1	UVOD	1
2	TEORIJSKI DEO	3
2.1	PECIVO OD LAMINIRANOG TESTA.....	4
2.1.1	Sirovinski sastav osnovnog testa u funkciji kvaliteta peciva.....	5
2.2	REOLOŠKE OSOBINE TESTA.....	7
2.3	MASTI ZA IZRADU PECIVA OD LAMINIRANOG TESTA.....	11
2.3.1	Masti za zames testa.....	12
2.3.2	Masti za laminiranje.....	12
2.3.2.1	Fizičke karakteristike masti.....	13
2.3.2.2	Vrste namenskih masti.....	14
2.4	TEHNOLOŠKI POSTUPAK PROIZVODNJE LISNATOG PECIVA.....	16
2.4.1	Formiranje slojevite strukture testa.....	18
2.5	MASTI U KONCEPTU PRAVILNE ISHRANE.....	22
2.5.1	Uloga masti u ishrani.....	22
2.5.2	<i>Trans</i> masne kiseline.....	24
2.6	MOGUĆNOSTI POBOLJŠANJA NUTRITIVNOG KVALITETA PECIVA.OD LAMINIRANOG TESTA.....	28
3	MATERIJAL I METODE RADA	31
3.1	MATERIJAL.....	31
3.2	METODE RADA.....	33
3.2.1	Metode za definisanje kvaliteta brašna.....	34
3.2.2	Metode za definisanje kvaliteta margarina.....	34
3.2.2.1	Određivanje sastava masnih kiselina.....	34
3.2.2.2	Određivanje sadržaja čvrstih triglicerida.....	34
3.2.2.3	Određivanje toplotnih karakteristika.....	34
3.2.2.4	Određivanje kristalizacionih svojstava.....	35
3.2.2.5	Određivanje tvrdoće.....	35
3.2.2.6	Određivanje reoloških osobina.....	36
3.2.3	Metode za definisanje kvaliteta testa i peciva.....	37
3.2.3.1	Postupak izrade peciva od laminiranog testa.....	37
3.2.3.2	Određivanje rastegljivosti osnovnog testa.....	39

3.2.3.3	Određivanje tvrdoće osnovnog testa.....	40
3.2.3.4	Određivanje fizičkih osobina laminiranog testa.....	40
3.2.3.5	Definisanje kvaliteta peciva.....	41
3.2.3.6	Određivanje čvrstoće peciva.....	42
3.2.3.7	Određivanje nutritivne vrednosti peciva.....	43
3.3	PLAN EKSPERIMENTA.....	43
3.4	STATISTIČKA OBRADA PODATAKA.....	44
4	REZULTATI I DISKUSIJA.....	46
4.1	DEFINISANJE SIROVINSKOG SASTAVA OSNOVNOG TESTA.....	46
4.1.1	Kvalitet margarina za zames.....	46
4.1.2	Fizičke osobine testa.....	47
4.1.2.1	Empirijski reološki parametri.....	47
4.1.2.2	Mikrometoda po Kieffer-u.....	54
4.1.2.3	Fundamentalni reološki parametri.....	56
4.1.2.4	Tvrdoća testa.....	59
4.1.3	Kvalitet lisnatog peciva.....	60
4.1.3.1	Fizičke karakteristike peciva.....	61
4.1.3.2	Senzorni kvalitet peciva.....	70
4.2	KARAKTERISTIKE MARGARINA ZA LAMINIRANJE.....	74
4.2.1	Sastav masnih kiselina.....	74
4.2.2	Toplotne karakteristike.....	77
4.2.3	Sadržaj čvrstih triglicerida.....	79
4.2.4	Kinetika kristalizacije.....	81
4.2.5	Fizičke osobine.....	83
4.2.6	Reološke osobine.....	86
4.3	OPTIMIZACIJA TEHNOLOŠKOG POSTUPKA PROIZVODNJE PECIVA OD LAMINIRANOG TESTA.....	90
4.3.1	Kvalitet peciva sa margarinom MLT1.....	90
4.3.1.1	Fizičke osobine laminiranog testa.....	90
4.3.1.2	Fizičke i senzorne osobine peciva.....	93
4.3.2	Kvalitet peciva sa margarinom MLT2.....	97
4.3.2.1	Fizičke osobine laminiranog testa.....	97
4.3.2.2	Fizičke i senzorne osobine peciva.....	99
4.3.3	Kvalitet peciva sa margarinom MLT3.....	103
4.3.3.1	Fizičke osobine laminiranog testa.....	103

4.3.3.2	Fizičke i senzorne osobine peciva.....	106
4.3.4	Kvalitet peciva sa margarinom MLT4.....	110
4.3.4.1	Fizičke osobine laminiranog testa.....	110
4.3.4.2	Fizičke i senzorne osobine peciva.....	113
4.4	UTICAJ VRSTE MARGARINA NA KVALITET PECIVA.....	118
4.4.1	Fizičke osobine laminiranog testa.....	118
4.4.2	Fizičke i senzorne osobine peciva.....	119
4.4.3	Nutritivna vrednost peciva.....	121
5	ZAKLJUČAK.....	123
6	LITERTURA.....	128
7	LISTA SKRAĆENICA.....	139
8	PRILOG.....	140

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:
RBR

Identifikaciono broj:
IBR

Tip dokumentacije: Monografska publikacija
TD

Tip zapisa: Tekstualni štampani materijal
TZ

Vrsta rada: Doktorska disertacija
VR

Autor: Mr Dragana M. Šoronja Simović
AU

Mentor: Prof. dr Nada Filipović
MN

Naslov rada: UTICAJ SASTAVA MASNE FAZE MARGARINA NA
NR FIZIČKE OSOBINE I KVALITET PECIVA OD
LAMINIRANOG TESTA

Jezik publikacije: Srpski (latinica)
JP

Jezik izvoda: Srpski/engleski
JI

Zemlja publikovanja: Republika Srbija
ZP

Uže geografsko područje: Vojvodina
UGP

Godina: 2009
GO

Izdavač: Autorski tekst
IZ

Mesto i adresa: 21000 Novi Sad, Bulevar cara Lazara 1
MA

Fizički opis rada:
FO 7 poglavlja, 156 strana, 58 slika, 30 tabela i 26 tabelarnih priloga

Naučna oblast:
NO Prehrambena tehnologija

Naučna disciplina:
ND Tehnologija prerade brašna

Predmetna odrednica/ključne reči:
UDK

Čuva se:
ČU U biblioteci Tehnološkog fakulteta u Novom Sadu

Važna napomena:
VN Nema

Izvod:
IZ U radu je ispitana mogućnost primene margarina za laminiranje smanjenog sadržaja *trans* masnih kiselina u izradi lisnatog peciva. U prvoj fazi eksperimentalnog rada ispitivanjem uticaja vrste (MZ1 i MZ2) i količine margarina za zames (1, 3 i 5% na masu brašna) i količine emulgatora (0,1, 0,3, i 0,5% na masu brašna), kao i njihove interakcije na fizičke osobine testa i kvalitet peciva, definisan je sirovinski sastav osnovnog testa, koji obezbeđuje optimalnu obradivost tokom laminiranja. Rezultati merenja empirijskih i fundamentalnih reoloških pokazatelja kvaliteta osnovnog testa i kvaliteta peciva jasno su pokazali da je optimalna količina dodataka 1% margarina MZ2 i 0,3% emulgatora.

Ispitivanjem uticaja sastava masne faze margarina za laminiranje na kvalitet peciva utvrđeno je da je količinu margarina, kao i vreme odmaranja između faza laminiranja neophodno prilagoditi fizičko-hemijskim osobinama margarina. Zadovoljavajući kvalitet lisnatog peciva sa margarinom MLT1 najboljih fizičkih osobina, ali i najpoželjnijeg masnokiselinskog sastava, moguće je postići dodatkom samo 35% margarina, što je najčešće donja granica u izradi lisnatog peciva. Za dobijanje prihvatljivih fizičkih i karakterističnih senzornih osobina peciva neophodan je dodatak 45% margarina MLT3, odnosno 55% margarina MLT2 i MLT4.

Primena margarina MLT1 i MLT4 koji imaju veći sadržaj čvrstih triglicerida zahteva vreme odmaranja od 30 minuta. Najbolji kvalitet peciva sa margarinom MLT2 ili MLT3 koje karakteriše niži sadržaj SFC i manja tvrdoća dobija se kada je vreme relaksacije

između faza laminiranja 45 minuta.

Optimizacijom tehnološkog procesa proizvodnje peciva od laminiranog testa utvrđeno je da margarini niskog sadržaja *trans* masnih kiselina, kod kojih su očuvane optimalne fizičke osobine, mogu uspešno da zamene margarine dobijene postupkom parcijalne hidrogenacije biljnog ulja. Primenom margarina modifikovanog sastava masne faze moguće je smanjiti energetska vrednost peciva za 12%, odnosno smanjenjem udela masti za 30% i *trans* masnih kiselina za 100% poboljšati nutritivnu vrednost peciva.

Datum porihvatanja teme:
DP

06.10.2007.

Datum odbrane:
DO

Članovi komisije:
KO

Predsednik

Dr Biljana Pajin, docent

Mentor

Dr Nada Filipović, vanr. profesor

Član

Dr Drago Šubarić, red. profesor

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type:

DT

Monographic publication

Type of record:

TR

Textural printed material

Content code:

CC

Ph.D. Thesis

Author:

AU

Dragana M. Šoronja Simović, M.Sc.

Mentor:

MN

Nada Filipović, Ph.D

Title:

NR

INFLUENCE OF FAT PHASE COMPOSITION OF MARGARINE ON PHYSICAL CHARACTERISTICS AND QUALITY OF PUFF PASTRY

Language of text:

LT

Serbian (Roman)

Language of abstract:

LA

Serbian/English

Country of publication:

CP

Serbia

Locality of publication:

LP

Vojvodina

Publisher year:

PY

2009

Publisher:

PU

Author reprint

Publication place:

PP

21000 Novi Sad, Bulevar cara Lazara 1

Physical description:

7 chapters, 156 pages, 58 figures, 30 tables and 26

PD appendix tables

Scientific field:
SF Food technology

Scientific discipline:
SD Flour processing technology

Key words:
KW

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

Note:
N

Abstract:
AB

The possibility of application of low-*trans* margarine in the puff pastry production was investigated in this work. The base dough formula, which ensures the optimal dough handling during the laminating, has been defined in the first phase of the experimental work. It has been achieved through the analysis of the influence of two dough margarines composition (MZ1 and MZ2) and quantity (1, 3 and 5 % based on flour) in combination with emulsifier quantity (0.1, 0.3 and 0.5% based on flour) on physical properties of dough and puff pastry quality. The results of the measurements of empirical and fundamental rheological parameters of the base dough quality as well as the quality of the puff pastry, have clearly indicated that the optimal quantity of margarine MZ2 and emulsifier are 1% and 0.3%, respectively.

By analyzing the impact of the fat phase composition of puff pastry margarine on pastry quality, it has been revealed that the quantity of the margarine and the relaxation time between laminating, need to be adjusted to the physicochemical characteristics of the margarine. It is possible to achieve the satisfactory quality of the puff pastry with margarine MLT1 of the best physical, and of the most optimal fatty acid composition, by adding only 35% of margarine which is at most times, the lowest possible quantity in producing the puff pastry. For the achievement of the acceptable physical and typical sensory characteristics of the pastry it is needed to add 45 % of the margarine MLT3, or 55% of margarine MLT2 and MLT4.

The use of the margarines MLT1 and MLT4 which have high values of solid fat content, requires relaxation

time of 30 minutes. The best quality of the pastry with margarine MLT2 or MLT3 which is typical of lower solid fat content and lower firmness is achieved when the time of the relaxation between the laminating is 45 minutes.

By the optimization of the production of the puff pastry, it has been identified that the margarines of the low content of *trans* fatty acids can successfully replace the margarines produced by the partial hydrogenation of the vegetable oil. It is possible to reduce the energy value of the pastry by 12%, by using the margarine of the modified content of the fat phase. Namely by reducing the content of the fat by 30% and *trans* fatty acids by 100%, it is possible to improve the nutritive value of the pastry.

Accepted by Scientific Board on: 06.10.2007.
ASB

Defended on:
DE

Thesis defended board:
DB

President

Dr Biljana Pajin, professor assistant

Menthor

Dr Nada Filipović, professor

Member

Dr Drago Šubarić, professor

1 UVOD

Sagledavajući nedostatke u ishrani ljudi nutricionisti ističu važnost unošenja raznovrsnih namirnica, koja će obezbediti sve nutrijente neophodne za postizanje i održavanje dobrog zdravlja populacije. Rezultati brojnih svetskih studija potvrđuju da su u savremenom načinu ishrane dominantne namirnice visoke energetske gustine (visoka energetska vrednost i veliki procentualni udeo masti). Više istraživanja je potvrdilo da je neadekvatan unos masti faktor rizika za nastanak različitih poremećaja zdravlja kao što su gojaznost, dislipidemije, hipertenzija, ateroskleroza, kardiovaskularne i cerebrovaskularne bolesti i neka maligna oboljenja.

Svetska zdravstvena organizacija (World Health Organization, WHO) preporučuje da masti treba da čine 15-30% dnevnog energetskeg unosa i da je u cilju prevencije bolesti neophodno modifikovati način ishrane. Modifikacije u ishrani bi trebalo usmeriti na redukciju ukupnih lipida, holesterola, triglicerida, holesterola niske molekulske mase (Low density lipoprotein, LDL), ali istovremeno i na povećanje ili održavanje nivoa holesterola visoke molekulske mase (High density lipoprotein, HDL) u krvi. U skladu sa zahtevima WHO da se smanji unos zasićenih (Saturated fatty acids, SAFA) na manje od 10%, a *trans* masnih kiselina (Trans fatty acids, TFA) na ispod 1% dnevno potrebne energije, mnoge zemlje Evropske unije usvojile se zakonske propise koji regulišu sadržaj pojedinih tipova masnih kiselina u prehrambenim proizvodima.

Udeo masti i TFA u ukupnoj dnevnoj energiji, koji potiče od pekarskih proizvoda je značajno uslovljen načinom ishrane, te je u Portugaliji udeo masti u granicama od 3-4%, a u Švedskoj do čak 13%. Sadržaj TFA u kanadskim pekarskim proizvodima je vrlo visok 38,7%, dok je na Novom Zelandu udeo nepoželjnih masnih kiselina ispod 10%. U zemljama istočne Evrope, uglavnom se konzumiraju pekarski proizvodi sa nižim sadržajem *trans* masnih kiselina.

Peciva od laminiranog testa zbog visokog sadržaja masti (oko 30%) i niskog sadržaja vlage imaju visoku energetske gustinu, što s obzirom na njihovu zastupljenost u dnevnoj ishrani može uticati na povećanje udela masti u ukupnoj dnevnoj energiji. Masti u pomenutim proizvodima su najčešće dobijene postupkom parcijalne hidrogenacije, pri kome nastaje

značajna količina *trans* masnih kiselina. U namenskim margarinima za lisnata testa udeo *trans* masnih kiselina je oko 25%, a zasićenih masnih kiselina minimum 30%.

Sadržaj TFA u pecivu od laminiranog testa se značajno razlikuje u pojedinim evropskim zemljama. Pomenuti sadržaj je minimalan u grčkim proizvodima (1,7%), u Irskoj i Holandiji je oko 5,5%, a u danskom pecivu i kroasanima u Francuskoj i Norveškoj maksimalan 16,8%. Razlike u sadržaju TFA u lisnatom pecivu posledica su razlika u sastavu masti za laminiranje.

Poslednjih godina su se, kao rezultat prihvatanja trendova u ishrani, na tržištu pojavili i namenski margarini za lisnata testa smanjenog sadržaja TFA ("low *trans*"). Izmenjen sastav masne faze pomenutih margarina, međutim, često uzrokuje i izvesne modifikacije njihovih fizičkih i tehnoloških karakteristika, u odnosu na margarine dobijene klasičnim postupkom hidrogenacije. Moguća odstupanja relevantnih parametara kvaliteta margarina od optimalnih vrednosti, nameću potrebu za detaljnijom analizom uticaja sastava masne faze na kvalitet peciva.

U cilju ispitivanja mogućnosti primene namenskih margarina za laminiranje sa niskim sadržajem TFA za dobijanje peciva zadovoljavajućeg kvaliteta postavljena je teza ovog rada: ***da se na bazi izučavanja uticaja sastava (sadržaj čvrstih triglicerida, sadržaj aterogenih zasićenih i TFA) i fizičkih osobina margarina za laminiranje na kvalitet testa i peciva, može definisati minimalna količina i sastav margarina, koji će obezbediti dobijanje peciva nižeg sadržaja TFA, uz očuvanje karakterističnih senzornih svojstava proizvoda.***

Istraživanja će se fokusirati na definisanje sirovinskog sastava osnovnog testa i optimizaciju tehnološkog postupka proizvodnje peciva. Optimalne fizičke osobine osnovnog testa definišaće se u funkciji vrste i količine margarina za zames i količine emulgatora. Ispitivanja će obuhvatiti i proveru hipoteze da se karakteristična lisnata (slojevita) struktura proizvoda dobija kada je konzistencija testa na nivou konzistencije margarina za laminiranje. Uticaj količine margarina za laminiranje i vremena odmaranja između faza laminiranja na fizičke osobine laminiranog testa, koja su zbog višestrukog istanjivanja i savijanja izložena velikim naprezanjima, definišaće se pri biaksijalnom istezanju.

U cilju smanjenja negativnog uticaja SAFA i TFA na nutritivnu vrednost proizvoda, utvrdiće se minimalna količina margarina za laminiranje, koja obezbeđuje specifičnu lisnatu strukturu peciva. Senzornim ispitivanjima definišaće se i stepen narušavanja kvaliteta peciva nakon redukcije količine margarina za laminiranje ispod određene optimalne vrednosti. Praćenjem uticaja vremena odmaranja između savijanja testa na fizičke osobine (tekstura,

čvrstoća) i senzorni kvalitet peciva od lisnatog testa, optimiziraće se tehnološki postupak proizvodnje. Određivanjem sadržaja masnih kiselina definiše se funkcionalne osobine proizvoda, odnosno utvrditi potencijalni doprinos primene margarina sa niskim sadržajem TFA povećanju nutritivne vrednosti peciva od laminiranog testa. Primena metodologije odzivnih površina tokom obrade rezultata omogućiće matematičko definisanje uticaja odabranih nezavisnih parametra na fizičke i senzorne osobine peciva.

2 TEORIJSKI DEO

2.1 PECIVO OD LAMINIRANOG TESTA

Pekarski proizvodi, razne vrste žita, pirinač i krompir zauzimaju značajno mesto u ljudskoj ishrani, jer se odlikuju niskom energetsom gustinom i predstavljaju izvore mnogih nutrijenata i nenutrijenata. Svetska zdravstvena organizacija (World Health Organization, WHO) preporučuje da se više od 50% dnevnih energetske potrebe zadovoljava iz pomenute grupe namirnica (Novaković, Miroslavljević 2002).

Primena različitih vrsta brašna i pomoćnih sirovina, kao i specifičnih tehnoloških postupaka omogućava proizvodnju širokog asortimana pekarskih proizvoda (Kovačević 1996). Prema važećem Pravilniku o kvalitetu žita, mlinskih proizvoda, terstenina i brzo smrznutih testa (2003), pekarski proizvodi dele se na osnovne, specijalne i druge vrste pekarskih proizvoda. Posebnu grupu peciva čine proizvodi od laminiranog testa, koji se zbog slojevite, meke, vazdušasto-pahuljaste strukture, dobre topivosti i prijatne, diskretne arome rado konzumiraju. Grupu laminiranih, odnosno lisnatih pekarskih proizvoda čine proizvodi bez kvasca – lisnata peciva (puff pastry) i proizvodi sa kvascem – kroasani i dansko pecivo (Cauvain, Young 2001; Manley 2000).

Proizvodnja peciva od laminiranog testa se zbog posebnog načina unošenja masti u testo i primene različitih metoda tokom obrade testa razlikuje od proizvodnje drugih vrsta pekarskih proizvoda. Prva faza tehnološkog postupka izrade peciva od laminiranog testa – zames se ne razlikuje značajno u odnosu na zames testa za izradu hleba ili finiog kvasnog peciva. Nakon zamesa i kraćeg odmaranja, sledi istanjivanje osnovnog testa i prva specifična faza u tehnologiji lisnatog peciva – unošenja namenske masti za laminiranje. Kontinualna i naizmenična slojevitost masti i testa nastaje zahvaljujući fazama istanjivanja i savijanja, koje se uz kraće odmaranje (relaksaciju) testa ponavljaju nekoliko puta. Nakon finalnog istanjivanja, sledi oblikovanje testanih komada i pečenje na 210-230°C 10-15 minuta.

Prema zahtevima koji se postavljaju za kvalitet brašna i mast za laminiranje, vrstu dodataka i izbor metode obrade testa, proizvodnja lisnatog testa spada u najsloženije postupke u pekarstvu (*McGill 1981*). U cilju dobijanja odgovarajućeg i ujednačenog kvaliteta peciva pored dobrog poznavanja tehnološkog procesa proizvodnje, važno je obezbediti sirovine odgovarajućeg kvaliteta (*Le Bail i sar. 2005; Costa, Jongen 2006*).

2.1.1 SIROVINSKI SASTAV OSNOVNOG TESTA U FUNKCIJI KVALITETA PECIVA

U izradi lisnatog peciva osnovni sirovinski sastav čini brašno, voda, so, namenska mast za poboljšanje obradivosti testa (dough fat) i namenska mast za laminiranje (puff pastry fat/ roll-in fat), koja imaju ulogu u formiranju lisnate strukture pečenog proizvoda (*Doerry, Meloan 1986; Fine i sar. 2006*). Dodatne sirovine mogu biti sredstva za zaslađivanje, mleko, emulgator, oksidaciona sredstva, redukciona sredstva i jaja. Kvalitet peciva u najvećoj meri zavisi od kvaliteta brašna i kvaliteta masti za laminiranje, kao kvantitativno najzastupljenijih sirovina u testu (*Picard 1997*).

U cilju postizanja i održavanja optimalnih reoloških osobina testa tokom obrade, pri izboru brašna pažnju je neophodno usmeriti na količinu i kvalitet proteina (*Doerry, Meloan 1986; Vukobratović 1999*). Na osnovu literaturnih podataka, uočava se da postoje izvesne razlike u preporučenim optimalnim vrednostima parametara, koji definišu kvalitet brašna za uzradu lisnatog peciva (*Ludewig 1987; Kovačević 1996*). Preporučuje se da sadržaj proteina bude od 11,5 do 14,5%/s.m., a sadržaj vlažnog glutena u granicama od 25 do čak 40% (tabela 2.1). U radu *Vukobratović i sar. (1999)* potvrđeno je da veća količina i bolji kvalitet vlažnog glutena povećava moć upijanja vode brašna, čime se obezbeđuje veća količina pare u testu za vreme pečenja i dobija pecivo razlistane, nežne i topive sredine. Ispitivanja (*Frazier i sar. 1985; Đurić 1993*) ukazuju da testo mora imati optimalnu elastičnost i optimalan otpor na rastezanje, odnosno da gluten istovremeno mora biti i dovoljno čvrst i elastičan, da ne bi došlo pucanja tokom laminiranja i narušavanja slojevite (lisnate) strukture peciva. Od relevantnih parametara koji definišu kvalitet glutena, u literaturi se ističu ekstenzografski parametri - rastegljivost (min 150 mm) i otpor testa (min 320 Ej).

Većina autora ukazuje da su energija testa i kvalitet peciva u značajnoj korelaciji, međutim, u literaturi uglavnom izostaju preporuke o optimalnoj vrednosti pomenutog parametra. Jedino Geittner (1978) u svom radu sugeriše da je za izradu kvalitetnog lisnatog peciva neophodna energija od 80 do 110 cm².

U literaturi se takođe mogu naći podaci o zavisnosti kvaliteta lisnatog peciva od granulacije brašna (Ludewig 1987; Kovačević 1996). Od brašna sitnih čestica dobija se meko i lako obradivo testo, međutim finalni proizvod ima malu zapreminu i manje slojevitou strukturu. Primena brašna sa krupnijim česticama negativno utiče na obradivost testa, što može rezultirati neželjenim oblikom i senzornim osobinama gotovog proizvoda. Upotrebom namenskog brašna optimalne veličine čestica, hemijskih i reoloških katrakteristika (tabela 2.1) može se obezbediti izrada peciva zadovoljavajućeg kvliteta.

Tabela 2.1

Karakteristike brašna za laminirana testa

Karakteristike	Ludewig	Kovačević
Proteini (%/s.m.)	12,5 - 14,5	12-14
Vlažni gluten (%/s.m.)	26 - 40	min 25
Sedimentaciona vrednost	35 - 50	-
Broj padanja (s)	> 200	-
Veličina čestica	čestice > 75 μm od 30 do 50%	čestice < 150 μm, min 55% čestice > 105 μm, max 10%
Moć upijanja vode (%)	56 - 60	
Rastegljivost (mm)	min 200	150-200
Otpor (Ej)	300-500	220-350

Količina vode koja se dodaje u zames testa zavisi od mnogo faktora, ali pre svega, od moći upijanja vode brašna i količine masti za zames testa. Za dobar kvalitet peciva od laminiranog testa neophodno je da konzistencija testa odgovara konzistenciji namenske masti za premazivanje (Doerry, Meloan 1986). Previše meka i lepljiva testa zahtevaju veliku količinu brašna za posipanje tokom obrade, što može uzrokovati smanjenje zapremine i nezadovoljavajuću strukturu peciva. Negativan uticaj tvrdih testa na kvalitet lisnatog peciva posledica je otežanog istanjivanja i skupljanja testa tokom laminiranja (McGill 1981).

Odgovarajuća obradivost testa, postiže se dodatkom hladne vode, koja obezbeđuje optimalnu temperaturu testa nakon zamesa od 19 ± 1°C, odnosno isključuje mogućnost izdvajanja i prelaska ulja u testo, naročito u slučaju primene masti niske tačke topljenja kao što je maslac (Doerry, Meloan 1986).

U cilju dobijanja optimalnih reoloških osobina testa i senzornog kvaliteta peciva, sve češće se u sastav osnovnog testa uključuju i redukciona sredstva. Upotrebom L-cisteina kao redukcionog sredstva, skraćuje se vreme odmaranja testa između faza laminiranja i poboljšava struktura i topivost peciva. Količinu cisteina je ipak neophodno prilagoditi kvalitetu brašna i pojedinim fazama proizvodnje, jer dodatak cisteina može izazvati "cisteinski efekat" i negativno uticati na visinu i lisnatost gotovog proizvoda. U izradi osnovnog testa, upotreba od 1 do 5% mleka, proizvoda od mleka i jaja, kao i masti za zames testa u količini od 5 do 10% poboljšava mekoću i ukus proizvoda (Doerry, Meloan 1986).

Hay (1993) ističe da se uprkos relativno jednostavnom sastavu, laminirana testa odlikuju vrlo karakterističnom strukturom, i da je za postizanje viskog kvaliteta peciva (velika specifična visina, zapremina, zadovoljavajuća tekstura i ukus) neophodno punu pažnju posvetiti reološkim osobinama testa, koje bitno uslovljavaju tehnološki proces i utiču na većinu parametara kvaliteta gotovog proizvoda.

2.2 REOLOŠKE OSOBINE TESTA

Značaj definisanja fizičkih osobina testa zasniva se na činjenici da je testo u svakoj fazi proizvodnog procesa, izloženo nekom vidu naprezanja. Tokom mešenja, oblikovanja, istanjivanja, fermentacije i pečenja, dolazi do velikih deformacija (uključujući i kidanje) usled uniaksijalnog ili biaksijalnog istezanja i smicanja testa pri velikim, relativno velikim ili malim brzinama deformacije (MacRitchie 1986; Bloksma 1990; Morgenstern i sar. 1999; Millar 2000; Dobraszczyk 2000). Deformacije koje nastaju kao rezultat pomenutih naprezanja mogu biti kako elastične tako i viskozne, jer testo poseduje osobine i čvrstih i tečnih tela, odnosno pripada grupi realnih viskoelastičnih sistema (Salvador i sar. 2003).

Pri delovanju spoljne sile, unutar viskolelastičnih sistema dolazi do pojave relaksacije koja se manifestuje spontanom opadanjem unutrašnjeg otpora sistema pod naponom. Uzrok relaksacije je unutrašnje razmeštanje pojedinih strukturnih elemenata umreženih lanaca makromolekula pod dejstvom napona, raskidanje bočnih napregnutih veza i uspostavljanja novih veza oslobođenih napona između formiranih molekularnih fragmenata (Dobraszczyk, Morgenstern 2003).

Izražen uticaj viskoelastičnih osobina testa na tok tehnološkog procesa i kvalitet gotovog proizvoda, uticao je na razvoj mnogih empirijskih i fundamentalnih reoloških metoda za definisanje međuzavisnosti sastojaka brašna, dodataka, parametara proizvodnje i osobina gotovog proizvoda (*Weipert 1992*).

Empirijskim merenjima moguće je odrediti konzistenciju, tvrdoću, rastegljivost i teksturu testa, međutim, zbog promenljive geometrije uzorka, nekontrolisanog, kompleksnog i neujednačenog nprezanja, nemoguće je definisati fundamentalne reološke parametre: naprezanje, deformaciju, brzinu smicanja (brzinu deformacije), module i viskozitet (*Dobraszczyk, Morgenstern 2003*).

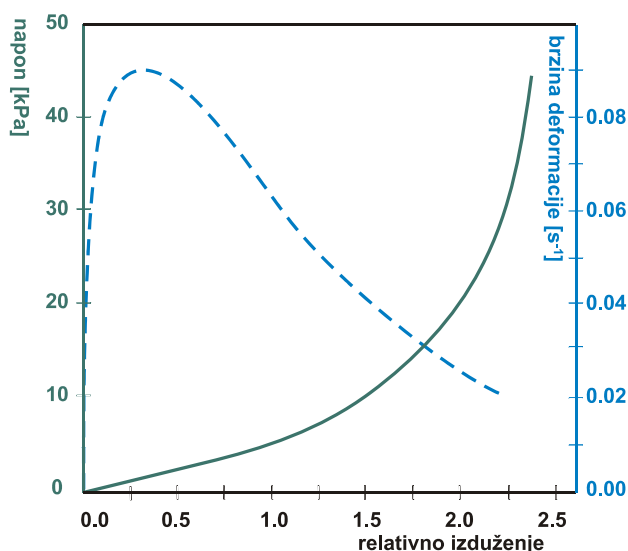
U tehnologiji hleba za definisanje reoloških osobina testa najznačajniju primenu imaju empirijska merenja na farinografu, ekstenzografu, amilografu, alveografu i miskografu. Tokom farinografskih i miskografskih merenja registruju se promene fizičkih osobina testa pri mešenju, dok ekstenzografski i alveografski parametri daju informacije o osobinama testa pri uniaksijalnom, odnosno biaksijalnom istezanju. U cilju minimiziranja količine uzorka i vremena analize razvijena je alternativna, jednostavna i efikasna metoda - *Kieffer dough and gluten extensibility rig* ili *mikro-ekstenzografska* metoda za određivanje rastegljivosti testa. Prednosti Kieffer-ove metode su i mogućnost izražavanja rezultata u SI-jedinicama i primena različitih brzina deformacije pri merenju (*Dunnewind i sar. 2004*).

Reološke osobine lisnatog testa se bitno razlikuju u odnosu na hlebno testo, jer je lisnato testo zbog višestrukog istanjivanja i rotiranja testa za 90° nakon svakog prolaza između valjaka laminatora, izloženo ne uniaksijalnom već biaksijalnom naprezanju i velikim deformacijama. Pomenuta naprezanja mogu uzrokovati kidanje testa i pri manjim deformacijama, pa je za postizanje dobrog narastanja peciva neophodno da osnovno testo bude dovoljno rastegljivo (*Hay 1993*).

Van Vilet i sar. (1992) su u svom radu potvrdili da je pri biaksijalnom istezanju testa odnos relativnog povećanja napona sa pratećim povećanjem deformacije veći od 2, dok je pri uniaksijalnom istezanju ovaj odnos veći od 1. Fenomen izraženog povećanja napona sa povećanjem plastične deformacije, praćen padom plastičnosti reološkog sistema naziva se deformaciona čvrstoća. Pomenuti fenomen ima značajni uticaj na vrednost rastegljivosti testa.

Brze promene reoloških osobina tokom istanjivanja, kao i nemogućnost pripreme adekvatnog oblika uzorka, uticale su na stav naučne javnosti da je nakon laminiranja testa primena ekstenzografskih merenja značajno ograničena.

Kao rezultat nastojanja da se adekvatno definišu osobine lamniranog testa, Morgenstern i sar. (1996) su predložili primenu brze i jednostavne metode koja obuhvata merenja napona i elongacionog viskoziteta testa. Kriva zavisnosti napona od relativnog izduženja (slika 2.1), koju su prikazali Morgenstern i sar. (1996) odgovara rezultatima do kojih su došli van Vilet i sar. (1992) i Dobraszczyk i Roberts (1994).



Slika 2.1 Kriva zavisnosti napona od deformacije

Prvi deo krive napon-deformacija je lineran, odnosno rastezanje je linearno proporcionalno naprezanju. Nakon postizanja relativnog izduženje oko 1, vrednosti napona se značajno povećavaju uprkos smanjenju brzine deformacije, što ukazuje da dolazi do deformacionog ojačanja testa (Dobraszczyk, Roberts 1994).

Potpuniju sliku o uticaju fizičkih osobina testa na tok procesa proizvodnje, kao i interakciju njegovih gradivnih komponenti moguće je postići primenom fundamentalnih nedestruktivnih reoloških merenja u dinamičkom oscilatornom režimu, gde se primenjuju dovoljno niske amplitude napona, koje ne dovode do razrušavanja unutrašnje strukture sistema (Berland, Launay 1996). Ispitivanje viskoelastičnih osobina, primenom nedestruktivnih metoda bazirano je na merenju (Kulicke i sar. 1996):

- deformacija pri konstantnom naponu smicanja ili
- promene otpora u toku vremena, pri konstantnoj deformaciji

Pri dinamičkim oscilatornim merenjima, testo se postavlja između dve paralelne ploče i izlaže naizmeničnim tangencijalnim deformacijama (ulazne deformacije), koje indukuju određene deformacije testa (izlazne deformacije). Kod viskoelastičnih sistema dolazi do izvesnog faznog pomeranja izlazne deformacije (γ) u odnosu na primenjeni napona (τ) za ugao δ , koji u zavisnosti od elastičnih i viskoznih osobina može biti u intervalu od 0° do 90° (Mezger 2002).

Ukupan otpor viskoelastičnog sistema pri primenjenom naponu izražava se kompleksnim modulom - G^* :

$$G^* = G' + G'' = \tau_0(t) / \gamma_0(t) \quad (2.1)$$

$\tau_0(t)$ i $\gamma_0(t)$ maksimumi napona i deformacije koji se dostignu tokom jedne oscilacije, dok za G' i G'' važi:

$$G' = G^* \times \cos\delta = \tau_0 / \gamma_0 \times \cos\delta \quad (2.2)$$

$$G'' = G^* \times \sin\delta = \tau_0 / \gamma_0 \times \sin\delta \quad (2.3)$$

Doprinos viskozne i elastične komponente viskoelastičnim osobinama reološkog sistema definiše i parametar:

$$\tan\delta = G'' / G' \quad (2.4)$$

Kod idealno elastičnih tela G' kompletno dominira nad G'' pa je $\tan\delta = 0$, dok je kod idealno viskoznih tela $\delta = 90^\circ$, a $\tan\delta = \infty$, jer su dominantne viskozne osobine. Parametar $\tan\delta$ je idealan za praćenje promene tečnog (viskoznog) u čvrsto (gel) stanje (Schramm 2000).

Dinamička merenja izvode se u linearnom viskoelastičnom režimu (LVE), pri malim deformacijama koje su u garnicama od 0,2% do 0,8% (Lindhal, Eliasson 1992). Na osnovu dobijenih vrednosti G' i G'' , može se odrediti karakter ispitivanog sistema. Reološki sistemi kod kojih su elastične osobine dominantne nad viskoznim $G' > G''$, imaju određenu čvrstoću, odnosno imaju strukturu gela, dok sistemi kod kojih je $G' < G''$ ne zadržavaju stabilnu strukturu i postaju tečljivi (Mezger 2002).

Uprkos činjenici da je definisanje fizičkih, pre svega reoloških osobina testa presudno za kontrolu tehnološkog procesa proizvodnje i postizanje visokog kvaliteta lisnatog peciva, manji broj istraživanja ukazuje na korelaciju pojedinih procesnih parametara i kvalitativnih osobina proizvoda sa empirijskim i fundamentalnim reološkim parametrima.

Na osnovu obimnih ispitivanja uticaja različitih sorti pšenice na reološke karakteristike testa pri biaksijalnom istezanju, Sliwinski i sar. (2004) su utvrdili da postoji visoka korelacija između optimalne količine vode za zames testa i oštećenog skroba ($r = 0,93$), statistički neznačajna korelacija između zapremine lisnatog peciva i deformacije kidanja ($r = 0,40$), pozitivna korelacija sa deformacionim čvrstoćom ($r = 0,94$) i negativna korelacija zapremine peciva sa brzinom deformacije zavisno od napona.

2.3 MASTI ZA IZRADU PECIVA OD LAMINIRANOG TESTA

Funkcionalna uloga masti u prehrambenim tehnologijama, ali pre svega u tehnologiji pekarskih proizvoda je višestruka (O'Brien 2003; O'Brien i sar. 2003; www.asaim-europe.org). Dodatak masti u izradi hleba i finog kvasnog peciva obezbeđuju aeraciju tokom pripreme testa i značajno utiče na njegove viskoelastične osobine. U zavisnosti od tipa i količine masti smanjuju se elastične osobine, a povećava plastičnost testa i obezbeđuje bolja obradivost (Jissi, Leelavathi 2007). Masti sa visokim sadržajem nezasićenih masnih kiselina, pod delovanjem lipoksigenaze brašna mogu preći u peroksidna jedinjenja koja dalje uzrokuju oksidaciju sulfhidrilnih grupa proteinsko-proteinaznog kompleksa brašna i time unapređuju fizičke osobine testa. Pomenuti efekti masti doprinose povećanju zapremine i poboljšanju finoće pora naročito kod pekarskih proizvoda od kvasnog testa. Masti utiču na teksturu i punoću ukusa, imaju pozitivan efekat na svežinu proizvoda (Zoulias i sar. 2002), a zahvaljujući visokoj toplotnoj provodljivosti primenjuju u izradi specijalnih pekarskih proizvoda, kod kojih je poslednja faza tehnološkog postupka prženje (www.eufic.org).

U tehnologiji peciva od laminiranog testa uloga masti je dvostruka. U cilju izrade osnovnog testa optimalne obradivosti dodaju se ***namenske masti za zames testa***, dok ***namenske masti za laminiranje*** imaju ključnu ulogu u formiranju specifične slojevite (lisnate) strukture peciva.

2.3.1 MASTI ZA ZAMES TESTA

Za zames osnovnog testa koriste se namenske masti specifičnog sastava, hemijskih i fizičkih karakteristika i konzistencije. U širokom asortimanu namenskih masti za izradu osnovnog testa izdvajaju se dve osnovne grupe: 100% biljne masti – šorteninzi i namenski margarini (masna faza oko 80% i vodena faza oko 20% vode). Prisustvo masti u sirovinskom sastavu osnovnog testa, zahvaljujući povećanju sposobnosti proteinskih lanaca da grade više vodoničnih i hidrofobnih veza, pozitivno utiče na glutensku strukturu testa i olakšava proces laminiranja.

Zavisno od primenjene recepture udeo masti (margarina ili šorteninga) u osnovnom testu je u granicama od 0 do 6% (*Jissy, Leelavathi 2007*). Doerry i Meloan (1986) su u svojim istraživanjima ustanovili da loša obradivost testa, uzrokovana izostankom masti iz sirovinskog sastava, neminovno dovodi do smanjenja zapremine i onemogućava formiranje lisnate strukture peciva. Dodatak veće količine masti, međutim, može imati negativne posledice na konzistenciju testa (*Jissy, Leelavathi 2007*). Za postizanje pozitivnih rezultata sa stanovišta obrade testa i kvaliteta peciva preporučuje se dodatak 4% margarina ili šorteninga (*Doerry, Meloan 1986*).

2.3.2 MASTI ZA LAMINIRANJE

Fizičke karakteristike namenskih masti za laminiranje (margarini ili šorteninzi) imaju značajan uticaj na obradu testa i proces formiranja homogenih i kontinualnih slojeva koji se ne cepaju pri višestrukostanjanju tokom laminiranja i pritisku vodene pare tokom pečenja (*McGill 1981*). Činjenica da značajne razlike u konzistenciji masti i konzistenciji testa mogu višestruko negativno uticati na kvalitet lisnatog peciva, nameće potrebu za definisanjem svih faktora koji mogu uticati na fizičke osobine masti.

2.3.2.1 Fizičke karakteristike masti

Fizičke karakteristike masti zavise od veličine, broja i oblika kristala čvrste faze, čvrstoće i jačine kristalne rešetke, masnokiselinskog sastava, odnosa čvrste i tečne faze i viskoziteta tečne faze. Masti koje se koriste u pekarskoj industriji su *polimorfne* i *monotropne*, što znači da kristališu u više kristalnih oblika od kojih je jedan najstabilniji. Difrakcijom X-zraka u biljnim mastima, identifikovana su tri polimorfna oblika α , β' i β koja se razlikuju po fizičkim (oblik i veličina) i toplotnim (tačka topljenja) osobinama (*Ghotra i sar. 2002*).

Tačka topljenja masti raste od α ka β obliku, a nakon brzog hlađenja otopljene masti, formira se najnestabilniji α polimorfni oblik. Na osnovu literaturnih podataka kristali β' polimorfnog oblika su najsitniji (oko 1 μ), imaju oblik iglica ili rozete i uklapaju oko 70-80% tečnih triglicerida (sadržaj čvrstih triglicerida 30-20%). Pomenuti odnost frakcija tečno-čvrsto predstavlja i optimalnu vrednost za dobijanje dobre plastičnosti masti. Kristali β polimorfnog oblika teže ka aglomeraciji, imaju manju sposobnost vezivanja tečnosti i veću termodinamičku stabilnost (*Kritchevsky 2008*). Različiti kristalni oblici utiču na sposobnost uklapanja vazduha u masti, ali i u testo. Mast sa β' kristalima uklapa vazduh u obliku brojnih, sitnih mehurića, dok masti sa β kristalima uklapaju najmanju količinu vazduha i to u obliku većih mehura. Na proces kristalizacije masti utiču brojni faktori, procesni parametri kristalizacije (temperatura, pritisak, brzina hlađenja, mešanje), hemijski sastav i osobine triglicerida (*Foubert i sar. 2002*). Margarini se koji se dobijaju parcijalnom hidrogenacijom suncokretovog i sojinog ulja kristališu u β polimorfnom obliku. Dodatkom ulja semena pamuka, loja hidrogenovanog palminog ulja i ribljeg ulja obezbeđuje se formiranje poželjnijeg β' kristalnog oblika (*Ghotra i sar. 2002*).

Masti koje imaju relativno nizak sadržaj plamitinske kiseline oko 10%, kristališu u β kristalnom obliku, a masti sa dvostruko više palmitinske kiseline u β' polimorfnom obliku. U praksi je prisutna tendencija da se izborom sirovina i načinom prerade proizvedu masti koje pretežno kristališu u β' polimorfnom obliku (*Karlović 1983*).

Fizičke osobine masti u velikoj meri određuje odnos čvrste i tečne faze triglicerida na određenoj temperaturi. Promena sadržaja čvrstih triglicerida (solid fat content, SFC) u funkciji temperature definiše plastičnost masti (*Stauffer 1996*). Veoma dobru plastičnost imaju masti kod kojih je sadržaj čvrstih triglicerida u granicama od 20 do 30% relativno stabilan u temperaturnom intervalu od 20 do 30°C. Primenom različitih postupaka modifikacije masti (mešanje, hidrogenacija, interesterifikacija, frakcionisanje ili kombinacija pomenutih postupaka) moguće je menjati sastav triglicerida u odnosu na polaznu mast. Prisustvo adekvatnog nivoa čvrstih triglicerida u masnoj fazi često nije dovoljna garancija da će mast imati i odgovarajuće funkcionalne osobine. Masti sa identičnim sadržajem SFC mogu imati različite fizičke i funkcionalne osobine, što je posledica različitog sastava triglicerida u čvrstoj, odnosno tečnoj fazi masti (*Radočaj 1993*).

Konzistencija, odnosno plastičnost i mazivost masti zavisi i od viskoziteta tečne faze. Sa porastom temperature, smanjuje se viskozitet tečne faze i sadržaj čvrste faze, što rezultira smanjenjem čvrstoće masti. Porast temperature može uzrokovati polimorfne transformacije, odnosno rekristalizaciju masti (*Karlović 1983*).

2.3.2.2 Vrste namenskih masti

U savremenoj tehnologiji peciva od laminiranog testa koriste se dve različite grupe masti: **margarini** (emulzije tipa voda u ulju) i **šorteninzi** (100%-ne masti). U tradicionalnim proizvodnjama nekih zemalja, zbog specifičnog mirisa i ukusa **maslac** je bio dominantna mast i za zames testa i za laminiranje. Primena maslaca je međutim limitirana iz nekoliko razloga: sastav mlečne faze maslaca veoma varira u zavisnosti od rase životinja, ishrane i godišnjeg doba, a interval plastičnosti je relativno uzak - pri višim temperaturama je suviše meke, a pri nižim suviše tvrde konzistencije (*Kazier, Dyer 1995*). Nemogućnost izrade proizvoda konstantnog kvaliteta uticala je na proizvođače lisnatog peciva da izvrše supstituciju maslaca alternativnim mastima - namenskim margarinima i šortenzima.

Margarini su u početku predstavljali samo jeftine i loše supstituente maslacu. Odsustvo karakteristične žute boje maslaca i zakonski propisi, koji su u nekim zemljama zabranjivali primenu dodataka za korekciju boje, bili su presudan razlog za neprihvatanje margarina od strane potrošača (*Kritchevsky 2008*).

Inoviranjem postojećih i razvojem novih tehnoloških postupka proizvodnje, stvoreni su uslovi da se sastav margarina prilagodi savremenim nutritivnim zahtevima i modifikuju njegove fizičke osobine, što je značajno uticalo na razvoj široke palete proizvoda: stoni margarini, niskoenergetski namazi, namenski margarini za pekarsku i konditorsku industriju i margarini za lisnata peciva (*Laia i sar. 2000; Kritchevsky 2008*).

Tehnološki postupak proizvodnje margarina se odvija u tri osnovne faze: emulgovanje uljne (80%) i vodene (20%) faze, kristalizacija masne faze i plastifikacija kristalizovane emulzije (*Kritchevsky 2008*). Vodena faza je u vidu kapljica uklopljena u trodimenzionalnu mrežu kristala masti koji mogu biti različitog oblika (iglica ili pločica) i različite veličine (od 0,1 μ m do preko 20 μ m). U zavisnosti da li kristali formiraju čvrstu strukturu ili aglomeriraju uz stvaranje nežnih, povezanih kristalnih grupa, margarini mogu biti tvrdi i kruti (jaka primarna i sekundarna struktura) ili meki i lepljivi (razrušena trodimenzionalna struktura) (*Bokisch 1993*).

Nepravilno formiranje kristala, pri nižim ili višim temperaturama od optimalnih, može negativno uticati na fizičke osobine margarina i onemogućiti izradu peciva od laminiranog testa zadovoljavajućeg kvaliteta. Odnos vodene i masne faze prvih industrijskih margarina za laminiranje bio je 50:50%, a tačka topljenja 52°C. Pomenuti margarini su imali izrazito plastična svojstva i dobru obradivost, međutim, visoka tačka topljenja (značajno iznad telesne temperature) negativno je uticala na senzorne karakteristike margarina: loša topivost, lepljenje za nepce i izrazito neprijatan lojav ukus.

Razvoj tehnologije industrijskih margarina za laminirana testa bio je usmeren ka dobijanju proizvoda optimalnih tehnoloških svojstava što je doprinelo nastanku dve vrste margarina (*McGill 1981*):

- ***margarin tačke topljenja od 42 do 44°C*** – koji se preporučuje za izradu kvasnog lisnatog peciva, jer obezbeđuju stabilnost kontinualnog filma testo-margarin tokom fermentacije. Eventulane negativne posledice više tačke topljenja na ukus peciva, mogu se izbeći ukoliko se proizvodi konzumiraju topli.
- ***margarin tačke topljenja ispod 39°C*** – koji se odlikuje boljim senzornim, ali lošijim tehnološkim karakteristikama.

Šorteninzi su 100% – ne masti biljnog ili životinjskog porekla, koje se primenjuju u pekarskoj i konditorskoj industriji. Funkcionalne osobine šorteninga određuje odnos čvrste i tečne faze, interval plastičnosti i oksidativna stabilnost šorteninga. Odnos čvrste i tečne faze, kao i plastičnost uslovljeni su velikim brojem faktora, od kojih su najznačajniji: veličina i oblik kristala, oblik kristalnih agregata, prostorna distribucija čvrste faze i kinetika kristalizacije (*Ghotra i sar. 2002*). Šorteninzi animalnog porekla kristališu u β polimorfnom obliku, imaju slabiju teksturu i lakši su za obradu u odnosu na šorteninge biljnog porekla sa β' kristalima sjajne i glatke teksture (*de Man i sar. 1991*). Šorteninzi koji se koriste u tehnologiji peciva od laminiranog testa, kao i namenski margarina poseduju širok interval plastičnosti u funkciji temperature, otporni su na veće deformacije, što doprinosi optimalnoj obradivosti testa tokom laminiranja, kao i narastanju tokom pečenja (*van den Tempel 1991*).

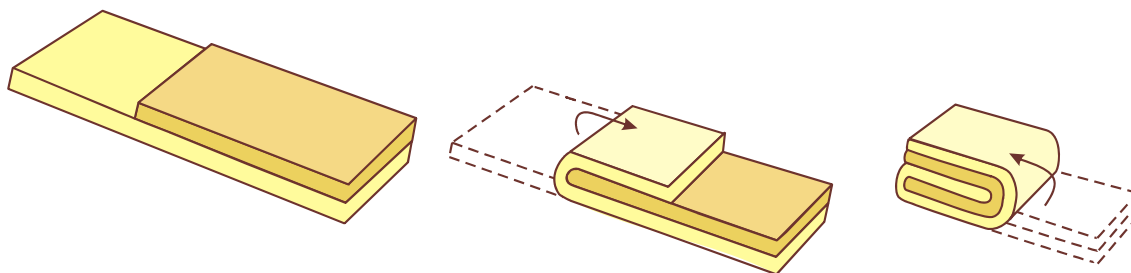
2.4 TEHNOLOŠKI POSTUPAK PROIZVODNJE LISNATOG PECIVA

Proizvodnja lisnatog peciva pored uobičajenih faza, prisutnih u tehnologiji hleba i finog kvasnog peciva, obuhvata i poseban način obrade testa, što tehnološki postupak čini daleko kompleksnijim sa aspekta ispunjenja visokih kvalitativnih zahteva pri izboru sirovina, ali i zadovoljenja određenih principa vezanih za specifične faze izrade peciva od laminiranog testa.

Principi formiranja osnovnog testa se značajnije ne razlikuju od izrade hlebnog testa. Osnovni cilj zamesa je pravilno sjedinjavanje i hidratacija sastojaka testa, uz izvestan razvoj glutena koji olakšava obradu u početnoj fazi laminiranja (*McGill 1981*). Količina vode koja se dodaje u zames zavisi od moći upijanja vode brašna, od količine masti za zames, ali i fizičkih osobina margarina za laminiranje, jer konzistencija testa mora biti usklađena sa konzistencijom margarina za laminiranje (*Doerry i Meloan 1986*). Optimalna temperatura testa nakon zamesa je $19 \pm 1^\circ\text{C}$ (*Ludewig 1987*), što se postiže primenom mesilica za brzohodni i intenzivni zames. Upotreba miskera u izradi lisnatog peciva je manje prihvatljiva, jer dolazi do suviše velikog mehaničkog zagrevanja testa, što u daljim fazama izrade može dovesti do otapanja i izdvajanja masti, naročito u slučaju primene masti niske tačke topljenja (*Radočaj 1993*).

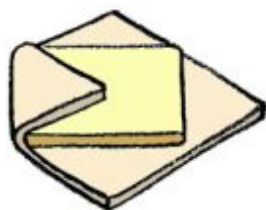
Nakon zamesa i kratkog odmaranja sledi istanjivanje testa na određenu debljinu, a zatim unošenje masti za laminiranje u osnovno testo. U zavisnosti od količine masti za laminiranje razlikuju se lisnato testo sa 100%-nim udelom masti – „full puff“ (brašno : mast = 1 : 1), lisnato testo sa tričetvrtinskim udelom masti – „three-quarter puff“ (brašno : mast = 1 : 0,75) i testo sa 50%-nim udelom masti – „half puff“ (brašno : mast = 1 : 0,5). Doerry i Meloan (1986) navode da je izborom masti optimalnih fizičkih karakteristika, dodatkom znatno manje masti za laminiranje (35% na masu brašna, odnosno oko 17% na masu testa) moguće dobiti zadovoljavajuću strukturu peciva. Prisustvo značajnih razlika u načinu unošenja masti u testo, uticalo je na definisanje tri osnovna postupka (McGill 1981):

Engleski postupak - testo se nakon zamesa i odmaranja istanji u pravougaonu traku debljine oko 15 mm. Dve trećine površine testa se prekrije istanjenom i oblikovanom masti za laminiranje, a potom sledi savijanje u tri dela po postupku prikazanom na slici 2.2.



Slika 2.2 Engleski postupak unošenja margarina u testo

Francuski postupak – nakon zamesa i odmaranja sledi istanjivanje testa u kvadratni oblik ili karakterističan oblik sa četiri istanjena izdužena kraja (slika 2.3). Na sredinu istanjenog testa postavi se pravougaono oblikovana namenska mast i potom krajevi testa zatvore ka centru formirajući oblik „koverte“.



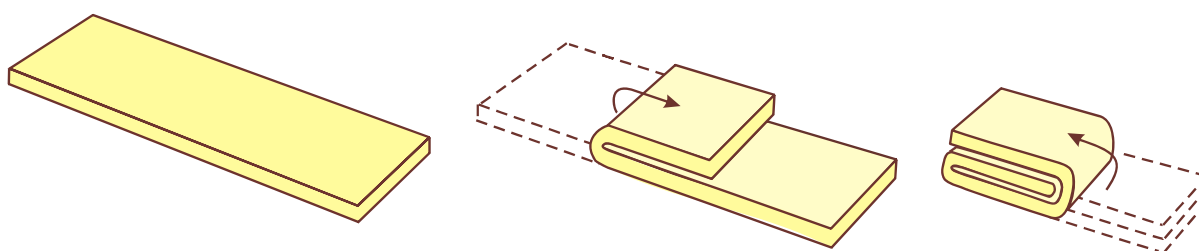
Slika 2.3 Francuski način nanošenja masti (www.bakeinfo.co.nz)

Blic postupak (holandski, danski i škotski) - mast za laminiranje se u vidu loptica pažljivo bez usitnjavanja umeša u testo. Prilikom obrade mast se istanjuje, ali se ne obrazuje kontinualan film, pa proizvodi usled neujednačenog narastanja imaju različit oblik i veličinu. Testo pripremljeno po blic postupku se koristi za izradu podloga i oblaganje mesnih proizvoda (www.bakeinfo.co.nz).

2.4.1 FORMIRANJE SLOJEVITE STRUKTURE TESTA

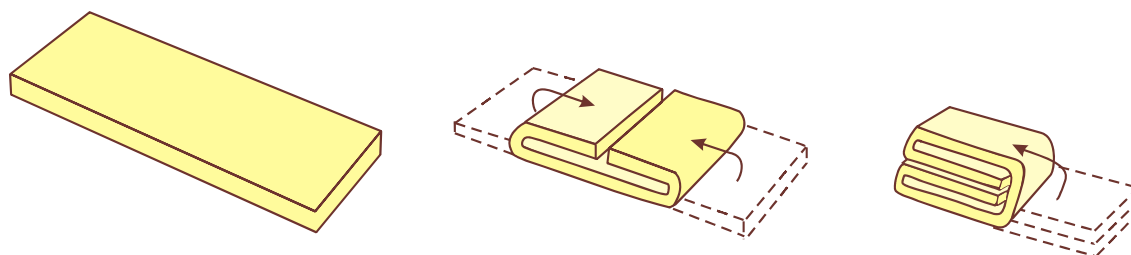
Narastanje i specifična slojevita struktura peciva rezultat su procesa laminiranja (istanjivanja) i savijanja (preklapanja) testa. U zavisnosti od načina i broja savijanja testo se odlikuje određenim brojem naizmeničnih slojeva masti i testa. U praksi se koriste različiti postupci za formiranje slojevite strukture testa, međutim u literaturi su prisutne dve osnovne metode (McGill 1981):

Savijanje u tri dela (The threefold turn), slika 2.4 - tokom prvog savijanja testa u tri dela, formiraju se tri sloja testa i dva sloja margarina. Posle drugog preklapanja dva sloja testa će se slepiti, pa će broj formiranih slojeva testa iznositi sedam, umesto teorijskih devet. Pri svakom narednom savijanju broj novoformiranih slojeva testa se izračunava po formuli $2(3^{n-1}) + 1$, gde je n broj primenjenih savijanja.



Slika 2.4 Savijanje testa u tri dela

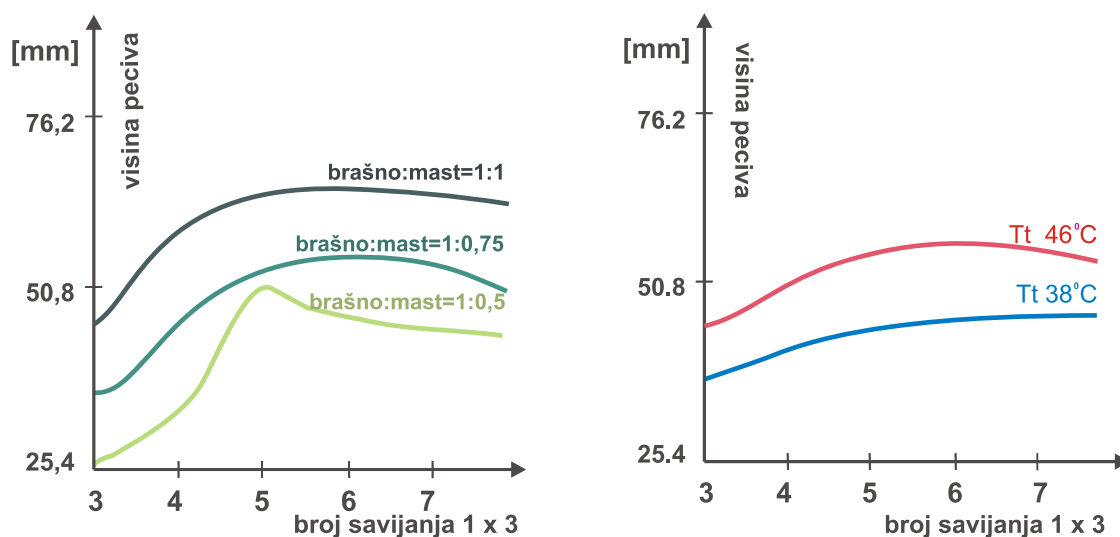
Savijanje u četiri dela (The bookfold), slika 2.5 - teorijski, savijanjem testa u četiri dela („u knjigu“) n puta nastaje 4^n slojeva masti i $4^n + 1$ slojeva testa. U praksi se vrlo često mast u testo uvodi po engleskoj metodi što istovremeno predstavlja i prvo savijanje testa u tri dela, zatim se testo laminira i savija u četiri dela. Nakon relaksacije, naizmenično se primenjuju postupci laminiranja i savijanje u tri odnosno četiri dela, što rezultira formiranjem 144 sloja masti.



Slika 2.5 Savijanje testa u četiri dela

McGill-ova (1981) navodi da je optimalan broj savijanja za postizanje zadovoljavajuće visine peciva uslovljen količinom i toplotnim karakteristikama namenske masti za laminiranje (slika 2.6). Maksimalna visina peciva dobija se sa pet savijanja testa u tri dela, pri čemu veći broj preklapanja ima negativan efekat na posmatrani parametar kvaliteta. Pomenuta zavisnost karakteristična je za testa kod kojih je količina namenske masti 50% u odnosu na masu brašna (brašno : mast = 1 : 0,5), dok je pri većem udelu masti smanjenje visine peciva manje izraženo (brašno : mast = 1 : 0,75) ili neznatno (brašno : mast = 1 : 1).

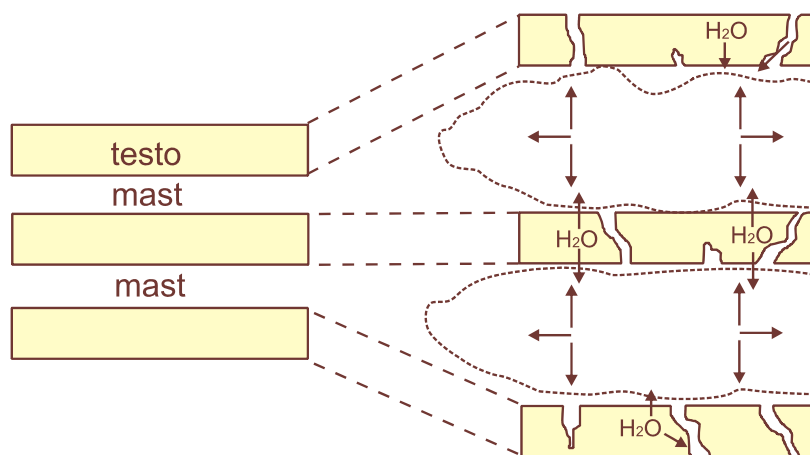
Ispitivanja uticaja broja savijanja testa i osobina namenske masti za laminiranja na visinu peciva potvrdila su da primena masti niže tačke topljenja zahteva primenu većeg broja preklapanja u tri dela (slika 2.6).



Slika 2.6 Uticaj količine i osobina namenske masti na optimalan broj savijanja (MacGill 1981)

Povećanje zapremine laminiranog testa i njegovo razlistavanje se ne postiže, kao kod drugih vrsta peciva, dodatkom kvasca ili hemijskih sredstava za narastanje, već je posledica prisustva mnogobrojnih slojeva testa razdvojenih kontinualnim slojem masti (Kovačević 1996).

Fenomen povećanja zapremine i uzroke narastanja testa tokom pečenja objasnili su Cauivan i Young (2001). Tokom pečenja, dolazi do isparavanja vode iz glutena i ekspanzije pare koja prelazi u barijerni sloj masti. Rezultat zadržavanja i širenja pare je povećanje i održavanje postignute visine, odnosno formiranje konačne zapremine peciva (slika 2.7).



Slika 2.7 Šematski prikaz uloge masti u razlistavanju testa tokom pečenja (Kazier, Dyer 1995)

U daljim fazama pečenja, testo apsorbuje otopljenu mast, što doprinosi dobroj topivosti i poboljšanju senzornih karakteristika gotovog proizvoda. Optimalnim izborom brašna i masti za laminiranje, uz pravilno izvedene postupke laminiranja i primenu odgovarajuće vrste i broja savijanja, testo tokom pečenja povećava svoju visinu 7-8 puta (McGill 1981; Kaizer, Dyer 1995)

2.5 MASTI U KONCEPTU PRAVILNE ISHRANE

Pravilna ishrana zadovoljava potrebe organizma za energijom i osigurava unos nutrijenata (proteina, ugljenih hidrata i masti) i zaštitnih materija neophodnih za očuvanje zdravlja (Novaković, Mirosavljev 2002; www.zdravlje.hr). Proteini, a delimično i masti, ugljeni hidrati i neke mineralne materije u organizmu imaju gradivnu ulogu, jer učestvuju u izgradnji ćelija, odnosno rastu i razvoju tkiva i organa. Ugljeni hidrati i masti putem metaboličkih procesa obezbeđuju energiju, a vitamini i mineralne materije imaju ulogu u fiziološkim i regulatornim funkcijama organizma (Pribiš 1999).

Namirnice se bitno razlikuju po biološkom poreklu (biljne ili animalne) i po hemijskom sastavu, koji definiše njihov nutritivni kvalitet i energetska vrednost. Imajući u vidu aktuelna znanja o fiziološkoj ulozi i značaju nutritivnih i nenutritivnih sastojaka, adekvatnim izborom vrste i količine određenih grupa namirnica postiže se optimalna energetska vrednost i odgovarajuća struktura ishrane pojedinca ili populacije, koja može unaprediti zdravlje i prevenirati bolesti (Novaković, Mirosavlje 2002). Mnoge evropske zemlje su na osnovu populacionih nutritivnih ciljeva Svetske zdravstvene organizacije (tabela 2.2) uspostavile sopstvene nacionalne ciljeve i postigle zadovoljavajuće promene u načinu ishrane (World Health Organization 2003).

Tabela 2.2
Populacioni nutritivni ciljevi WHO

Nutrijenti i prehrambena vlakna	Granične vrednosti
Ukupne masti (% ukupne energije)	15-30
Zasićene masne kiseline, SAFA	10
Mononezasićene masne kiseline, MUFA	razlika*
Polinezasićene masne kiseline, PUFA	3-7
Trans masne kiseline, TFA	< 1
Ukupni ugljeni hidrati (% ukupne energije)	55-75
Kompleksni ugljeni hidrati	50-70
Jednostavni šećeri	< 10
Proteini (% ukupne energije)	10-15
Prehramben vlakna (g/dan)	25-40

* Ukupne masti – (SAFA + PUFA + TFA)

Ishranu stanovništva Srbije, ali prvenstveno Vojvodine, karakteriše preobilan unos ukupnih masti, zasićenih masnih kiselina i holesterola, višak unosa jednostavnih šećera, a nedovoljan unos kompleksnih ugljenih hidrata, prehrambenih vlakana, kalcijuma, magnezijuma i retinola (vitamin A). Pomenuti način ishrane uzrok je visoke učestalosti masovnih nezaraznih bolesti, pri čemu se najviše stope mortaliteta registruju kod kardiovaskularnih bolesti (Novaković, Miroslavljević 2002).

2.5.1 ULOGA MASTI U ISHRANI

Potreba za definisanjem optimalnog kvantiteta i kvaliteta masti u ishrani rezultat je njihove kompleksne uloge u organizmu, ali i potencijalnih negativnih efekata na zdravlje, koji mogu biti posledica povećanog unosa ili neadekvatnog izbora masti.

Masti su najvažniji i najbogatiji izvor energije, jer se sagorevanjem 1g masti oslobađa 37 kJ (9,3 kcal), a sagorevanjem proteina i ugljenih hidrata 17 kJ (4,1 kcal). Osim energetske uloge, masti imaju gradivnu ulogu jer učestvuju u izgradnji ćelijskih membrana (fosfolipidi, holesterol), izvor su esencijalnih masnih kiselina, obezbeđuju i/ili potpomažu apsorpciju liposolubilnih vitamina A, D, E i K. Masti imaju važnu ulogu u termoregulaciji, imunitetu (lipoproteini), koagulaciji krvi (tromboplastin) i održavanju funkcije lojnih i mlečnih žlezda (Pribiš 1999; Novaković, Miroslavljević 2002; www.nutricionisti.org; www.eufic.org).

Količina masti u dnevnoj ishrani uslovljena je ukupnim energetske potrebama čoveka, koje se definišu u zavisnosti od individualnih karakteristika (telesna masa, pol, uzrast), fizičke aktivnosti i klimatskih faktora. Na osnovu preporuka Svetske zdravstvene organizacije (*World Health Organization 2003*), Food and Drug Administration (www.fda.gov) i Evropske Unije (Novaković, Miroslavljević 2002), unos ukupnih masti neophodno je ograničiti na 30%, a zasićenih masnih kiselina na najviše 10% ukupne dnevne energije (tabela 2.3). Mononezasićene i polinezasićene masne kiseline trebalo bi da obezbede 20% dnevnih energetske potreba, pri čemu se ističe važnost unosa ω -3 polinezasićenih masnih kiselina i minimalane zastupljenosti *trans* masnih kiselina u ishrani (www.eufic.org).

Tabela 2.3Preporuke dnevnog unosa masti i zasićenih masnih kiselina (www.health.gov)

Dnevne energetske potrebe	Ukupne masti (g) ≤ 30% dnevne energije	SAFA (g) ≤ 10% dnevne energije
6684 kJ/1600 kcal	53	18
8368 kJ/2000 kcal	65	20
9305 kJ/2200 kcal	73	24
10460 kJ/2500 kcal	80	25
11715 kJ/2800 kcal	93	31

U namirnicama masti predstavljaju kombinaciju zasićenih (SAFA), mononezasićenih (MUFA) i polinezasićenih (PUFA) masnih kiselina, pri čemu je jedan tip masnih kiselina dominantan (tabela 2.4) i direktno utiče na konzistenciju masti. Masti animalnog porekla imaju visok sadržaj zasićenih masnih kiselina i čvrstu konzistenciju, dok su masti biljnog porekla tečne konzistencije, jer u njihovom sastavu dominiraju polinezasićene i mononezasićene masne kiseline (www.eufic.org).

U ishrani je veoma važno prisustvo namirnica koje su izvor esencijalnih masnih kiselina (ω -6: linolna i arahidonska, ω -3: linolenska), jer se kao posledica njihovog deficita mogu javiti promene na koži i poremećaji u transportu masti. Osim neophodnosti unosa esencijalnih masnih kiselina, pri izboru namirnica bogatih mastima važan je odnos PUFA i SAFA, koji po preporukama nutricionista treba da iznosi 0,50 (Pribiš 1999).

Tabela 2.4Izvori pojedinih tipova masnih kiselina (www.zzjzpgz.hr)

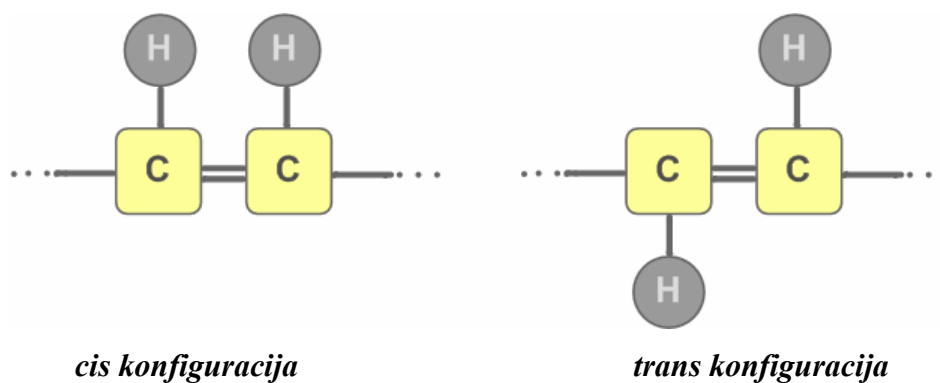
Tip masne kiseline	Izvori
Zasićene, SAFA	Maslac, sir, meso i mesni proizvodi, punomasno mleko, jogurt, pite, peciva, tvrdi margarini i masti za pekarstvo, kokosovo i palmino ulje
Mononezasićene, MUFA	Masline, pistacije, kikiriki, badem, avokado i ulje avokada
Polinezasićene, PUFA ω -3 polinezasićene ω 6 polinezasićene	Losos, haringa, orasi, soja Susam, orasi, soja, kukuruz i njihova ulja, margarini
<i>Trans</i> , TFA	Mlečni proizvodi, govede i ovčije meso, hidrogenovana biljna ulja koja se koriste u tehnologiji kekisa i peciva

Masti ne treba eliminisati iz ishrane, već u skladu sa preporukama WHO napraviti odgovarajući izbor, odnosno u obrok uvrstiti namirnice koje sadrže optimalnu količinu pojedinih tipova masnih kiselina, odnosno imaju minimalan udeo aterogenih zasićenih i *trans* masnih kiselina (Novaković, Miroslavljev 2002; www.zzjzpgz.hr).

2.5.2 TRANS MASNE KISELINE

Nezasićene masne kiseline poseduju jednu ili više dvostrukih veza u osnovnom ugljovodoničnom lancu (mono- ili polinezasićene). U zavisnosti od strukture dvostruke veze, odnosno položaja vodonikovih atoma, razlikuje se *cis* ili *trans* konfiguracija molekula (slika 2.8). Većina nezasićenih masti u ishrani prisutna je u *cis* obliku, dok je mali procenat prisutan u *trans* konfiguraciji.

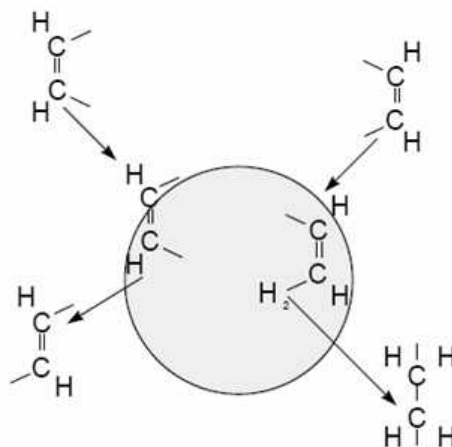
Prisustvo *trans* masnih kiselina u namirnicama je posledica bakterijske fermentacije masnih kiselina u buragu preživara, industrijske hidrogenacije nezasićenih masnih kiselina i termičkog tretmana ulja na visokim temperaturama (Stender i sar. 2008).



Slika 2.8 *Cis* i *trans* konfiguracija masnih kiselina (www.tehnologijahrane.com).

Trans masne kiseline u buragu preživara nastaju kao intermedijarni produkti tokom hidrogenacije nezasićenih masnih kiselina. Uglavnom se izomerizuje linolenska kiselina do C18:2, *c9*, *t11*, a potom do smeše elaidinske i *trans* vakkenske kiseline pod dejstvom izomeraze koja je produkt anaerobne bakterije *Butyrivibrio fibrisolvens*. *Trans* vakkenska kiselina se dalje pod dejstvom bakterijskog enzima Δ -desaturaze prevodi u *c9*, *t11* konjugovanu linolensku kiselinu (Choi i sar. 2000; Steinhart i sar. 2003; Talpur i sar. 2007).

Nemački hemičar Wilhelm Normann je 1903. godine razvio metod hidrogenacije, kojim se menja sastav triglicerida ulja i masti. Postupak hidrogenacije se odvija na povišenoj temperaturi (180-220°C) i u prisustvu Ni kao katalizatora, a zasniva se na parcijalnoj ili potpunoj adiciji vodonika na dvostruke veze masnih kiselina (slika 2.9).



Slika 2.9 Šematski prikaz nastajanja trans veza tokom hidrogenacije

U toku procesa hidrogenacije odvijaju se i sporedne reakcije izomerizacije (*cis*, *trans* i poziciona) koje dodatno menjaju sastav masnih kiselina. Izborom reakcionih parametara: koncentracije katalizatora, pritiska vodonika i temperature može se uticati na količinu nastalih *trans* izomera (Turkulov 1997; Tarrago-Trani i sar. 2006).

Izvori trans masnih kiselina

Prirodni izvori *trans* masnih kiselina su mleko, mlečni proizvodi i meso preživara (govedina, jagnjetina i ovčetina), čiji je sadžaj TFA zavisno od načina ishrane životinja i godišnjeg doba u granicama od 2 do 5% ukupnih masti (Steinhart i sar. 2003; Jakobsen i sar. 2006). Udeo TFA koji potiče iz pomenute grupe namirnica iznosi od 2 do 8% ukupne količine TFA u ishrani (Ivanov 2007).

Parcijalno hidrogenovana biljna ulja, zauzimaju značajno mesto u ljudskoj ishrani, naročito od druge polovine devetnaestog veka, kada su našla široku primenu u industriji "brze hrane", polugotovih jela, pržene hrane, konditorskih i pekarskih proizvoda (keks, čajno pecivo, lisnato pecivo) (Zyriax, Windler 2000; International Union of Food Science & Technology 2006).

Ekspanzija hidrogenovanih biljnih ulja na tržištu rezultat je njihove veće oksidativne stabilnosti, pristupačne cene, kao i posedovanja određenih fizičko-hemijskih osobina, koje su karakteristične za neka tropskih ulja (palmino) i animalne masti. Hidrogenovana biljna ulja su, međutim, i najznačajniji izvor TFA, jer imaju 2 do 20 puta veću količinu TFA u odnosu na meso preživara (5-8 g/100 g ukupnih masnih kiselina) ili rafinisano jestivo ulje (3 g/100 g ukupnih masnih kiselina) (Tarrago-Trani i sar 2006; Stender i sar. 2008).

Na osnovu brojnih istraživanja (Ratnayake i sar. 1993; Lake i sar. 1996; van Erp-baart i sar. 1998; King, White 1999; Zyriax, Windler 2000; European Food Safety Authority 2004; Stender i sar. 2006; Ascherio 2007; Lepšanović, Lepšanović 2009) izuzetno velike količine *trans* izomera nalaze se i u namirnicama koje u svom sastavu sadrže hidrogenovana biljna ulja (lisnata peciva, kvasna lisnata peciva, keks i čajno pecivo) ili koje se pripremaju prženjem na visokoj temperaturi (pomfrit, čips, krofne).

Dnevni unos *trans* masnih kiselina

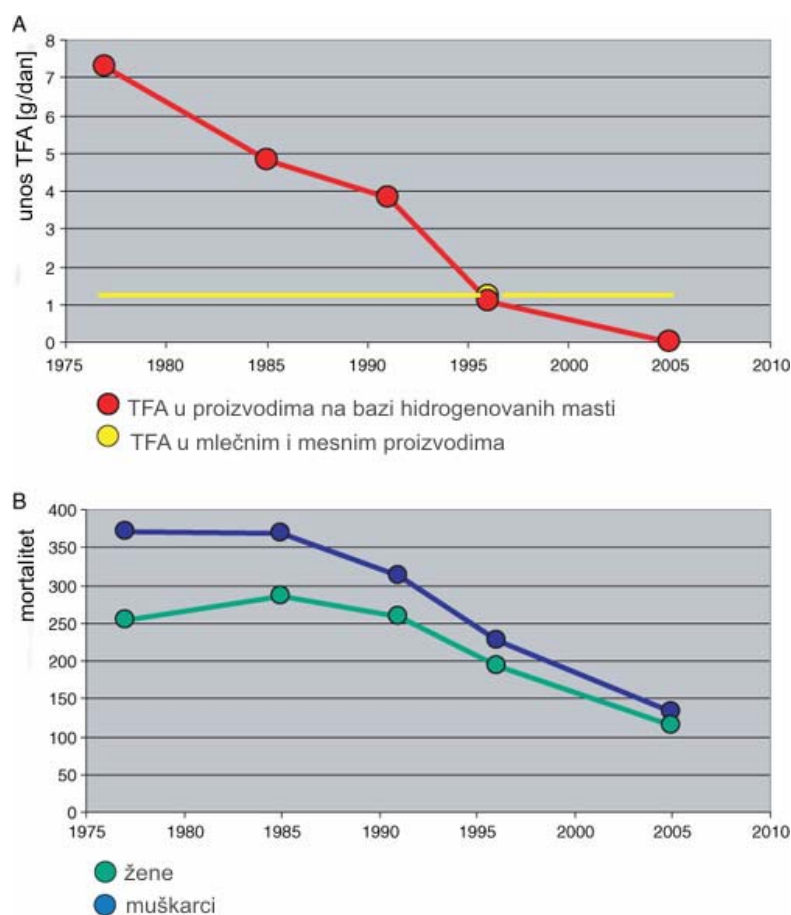
Na osnovu istraživanja u poslednjih deset godina, ukupan dnevni unos TFA je značajno redukovan. Devedesetih godina ukupan unos TFA u Sjedinjenim Američkim Dražavama (SAD) iznosio je 2,6-12,8 g/dan, dok noviji podaci potvrđuju da je prosečni dnevni unos TFA redukovan za čak 50% (European Food Safety Authority 2004). Prosečan dnevni unos TFA u evropskim zemljama, sredinom devedesetih godina, nije prelazio 5,5 g/dan, odnosno 2,5% dnevne energije. U Irskoj je zabeležen najveći unos TFA od 5,4 g/dan, u Norveškoj nešto niži 4,0 g/dan, u Švedskoj, Nemačkoj i Finskoj relativno nizak oko 2,5 g/dan, a u Italiji i Grčkoj minimalan od 1,5 g/dan (van Erp-baart i sar. 1998).

Uticao *trans* masnih kiselina na zdravlje

Veliki broj istraživanja ukazuje na direktnu zavisnost između količine *trans* masnih kiselina i rizika od kardiovaskularnih bolesti (KVB), u smislu povećanja rizika sa porastom količine TFA. Negativan uticaj TFA na zdravlje je rezultat nekoliko složenih i povezanih fenomena. Prema nekim epidemiološkim studijama (Zock, Katan 1992; Judd i sar. 1994; Katan, Zock 1995; Kris-Etherton, Yu 1997; Reddy, Jeyarany 2001), *trans* masne kiseline podižu nivo holesterola niske molekulske mase u krvi (Low density lipoprotein, LDL), ali istovremeno snižavaju i nivo holesterola visoke molekulske mase (High density lipoprotein, HDL) koji štiti krvne sudove (Aro i sar. 1998).

Sniženje odnosa ukupnog i HDL holesterola uzrokovano TFA je približno dvostruko veće u odnosu na efekat zasićenih masnih kiselina - laurinske, miristinske i palmitinske (Willett, Ascherio 1994). *Trans* masne kiseline, sa druge strane povećavaju nivo lipoproteina(a) i triglicerida u krvi, koji se takođe dovode u vezu sa kardiovaskularnim bolestima (Hokanson, Austin 1996; Stampfer i sar. 1996).

Ispitivanja koja su sprovedena u Nemačkoj, u periodu kraj sedamdesetih do 2005. godine (Stender i sar. 2008), potvrđuju visoku korelaciju između unosa TFA koje potiču iz industrijski hidrogenovanih ulja i kardiovaskularnih bolesti. Negativan uticaj prirodnih TFA iz mleka i mesa je u pomenutim ispitivanjima bio praktično zanemarljiv. Pri konstantnom unosu TFA iz mlečnih i mesnih proizvoda (oko 1 g/dan) i značajno redukovanim unosom TFA iz hidrogenovanih biljnih ulja, potvrđeno je smanjenje mortaliteta od kardiovaskularnih bolesti za čak 65%, pri čemu je trend smanjenja u značajnoj meri bio usaglašen sa smanjenjem sadržaja TFA u ishrani (slika 2.10).



Slika 2.10 Uticaj dnevnog unosa TFA na mortalitet od kardiovaskularnih bolesti

Saznanja o potencijalnoj štetnosti *trans* masnih kiselina uticala su na odluku pojedinih zemalja da primenom određenih zakonskih propisa kontrolišu sadržaj TFA u namirnicama. Uprava za hranu i lekove (Food and Drug Administration, FDA) u SAD je 2002. godine zahtevala da se sadržaj TFA u namirnicama deklariraju (www.ftc.gov), dok je Danska 2003. godine postala prva zemlja u svetu koja je donela zakon o zabrani upotrebe masti sa sadržajem TFA > 2% u ljudskoj ishrani (Stender i sar. 2008; www.tfx.org.uk).

Trenutno je u većini zemalja prisutna tendencija da se eliminiše prisustvo TFA u prehrambenim proizvodima, što je rezultiralo drastičnim porastom zasićenih i smanjenjem sadržaja *cis*-nezasićenih masnih kiselina.

Aro (2006) sugeriraju da je zbog visokog aterogenog efekta pojedinih zasićenih masnih kiselina, neophodno zbirno prikazati sadržaj SAFA i TFA, i uravnotežiti odnos *cis* mono- i polinezasićenih kiselina sa unosom SAFA i TFA na 2 : 1.

U pojedinim istraživanjima se ističe da određene zasićene masne kiseline (miristinska, laurinska i palmitinska) imaju čak znatno nepovoljniji uticaj na nivo LDL i ukupnog holesterola u krvi od TFA, pa se u cilju prevencije kardiovaskularnih bolesti preporučuje smanjenje unosa svih aterogenih masnih kiselina (Keyes i sar. 1965; Hegsted i sar. 1993; Yu i sar. 1995; Clarke i sar. 1997; Howell i sar. 1997; Müller i sar. 2001; Goyal i sar. 2005).

2.6 MOGUĆNOSTI POBOLJŠANJA NUTRITIVNOG KVALITETA PECIVA OD LAMINIRANOG TESTA

Peciva od laminiranog testa su zbog činjenice da su potencijalni izvor aterogenih zasićenih i *trans* masnih kiselina, dospela u fokus interesovanja nutricionista, ali i prehrambenih tehnologa. Poslednje dve decenije, istraživanja u domenu proizvodnje peciva sa smanjenim sadržajem masti (low fat) i TFA (low trans) bila su usmerena na primenu supstituenata masti (Klemann, Finley 1990; Boode-Boissevain, van Houdt-Moree 1996). Supstituenti masti imaju funkcionalne osobine konvencionalnih triglicerida, a zahvaljujući hemijskoj strukturi, odnosno prisustvu masnih kiselina dužeg lanca u makromolekulu, neznatno se apsorbuju u digestivnom traktu i imaju nisku energetska vrednost (Akoh 1998).

U izradi lisnatog peciva smanjenje energetske vrednosti ispitivana je primena komercijalnih proizvoda, pri čemu su naročito brojne publikacije vezane za primenu poliesterifikovanog sorbitola i saharoze (*Orphanos i sar. 1990; Lawson, Kester 1992; Toma i sar. 1998; Spinner 1999; Picard 1997*). Pozitivni rezultati dobijeni su primenom sorbitola esterifikovanog masnim kiselinama iz ulja soje, koji se odlikovao sitnim kristalima ($\leq 3 \mu\text{m}$), β' polimorfnog oblika, tačkom topljenja oko 40-45°C i optimalnim plastičnim osobinama. Ispitivana je i primena sorbestrina sa krupnijim kristalima, uglavnom β polimorfnog oblika, međutim, zbog dominacije elastičnih osobina primenjenog supstituenta testo je imalo lošu obradivost, što je neminovno negativno uticalo i na kvalitet peciva (*Hassel 1993*). Prednosti sorbestrina u odnosu na druge substitute masti (salatrim, olestra) su brza i laka apsorpcija u digestivnom traktu, niska energetska vrednost 6,3 kJ/g (1,5 kcal/g) i izostanak gastrointestinalnih smetnji (*Akoh 1998*).

U novijoj literaturi je ispitivana mogućnost aplikacije margarina sa inulinom u izradi proizvoda od laminiranog testa poboljšane nutritivne vrednosti. Buttini i sar. (2004) su u svom patentu, predstavili rezultate ispitivanja uticaja sastava masne i vodene faze, kao i sadržaja prehrambenih vlakana (inulin i pektin) margarina na kvalitet i energetska vrednost kroasana. Kroasani najboljeg kvaliteta dobijeni su sa margarinom čiji je odnos masne i vodene faze 55:45%, količina inulina 15%, a pektina 1%. Osim zadovoljavajućih senzornih karakteristika, smanjena je i energetska vrednost za 14%, sadržaj masti za čak 30%, i zahvaljujući prebiotičkim osobinama inulina višestruko povećana funkcionalna vrednost proizvoda.

Primena supstituenta masti na bazi maltodekstrina i polidekstroze, koji takođe mogu redukovati energetska vrednost gotovog proizvoda, na polju proizvodnje laminiranih peciva još uvek nije dovoljno ispitana (*Sudha i sar. 2006*). Osnovni nedostatak primene supstituenata masti u prehrambenoj industriji, je njihova nedovoljna efikasnost u postizanju odgovarajućeg kvaliteta proizvoda (*Hassel 1993*). Prisustvo masti u namirnicama doprinosi formiranju specifične teksture i senzornih svojstava (mirisa i ukusa), koja se ne mogu postići dodatkom supstituenata masti. Prilikom kreiranja proizvoda, potrošačima se moraju ponuditi proizvodi koji će zadovoljiti tri osnovna principa inovativne delatnosti prehrambene industrije: odgovarajuća funkcionalna svojstva, prihvatljiva cena i ukus identičan ili veoma sličan referentnom proizvodu (*Spinner 1990*).

U nedostatku dovoljno razvijene svesti potrošača o neophodnosti prihvatanja funkcionalnih namirnica, nameće se potreba za iznalaženjem novih mogućnosti sniženja sadržaja *trans* masnih kiselina u pekarskim proizvodima. Jedan od načina rešenja pomenutog problema je svakako zamena hidrogenovanih biljnih ulja sa namenskim mastima niskog sadržaja TFA, koje su dobijene postupcima interesterifikacije, mešanja, frakcionisanjem tropskih ulja (palmin stearin) i modifikacijom postupka hidrogenacije (Karlović 1983; Ivanov 2007). Interesterifikovane masti, odnosno masti dobijene homogenim katalitičkim procesom interesterifikacije, kojim se modifikuje struktura triglicerida bez izmene sastava masnih kiselina, zauzimaju značajno mesto u savremenoj tehnologiji namenskih masti za pekarsku industriju. Reakcija interesterifikacije se izvodi pri relativno niskim temperaturama (od 70-110°C), tako da se sa sigurnošću može tvrditi da ne dolazi do formiranja *trans*-izomera, a vođenjem i kontrolisanjem procesa mogu se regulisati fizičke osobine interesterifikovanih masti (Miljanić i sar. 2002). Tarrago-Trani i sar. (2006) navode da se primenom modifikovanih postupaka hidrogenacije sojinog ulja ili ulja uljane repice, u prisustvu nikla kao katalizatora i pri nižim temperaturama, sadržaj *trans* izomera može smanjiti ispod 10%.

3 MATERIJAL I METODE RADA

3.1 MATERIJAL

Ispitivanja su rađena na uzorku namenskog belog brašna iz redovne proizvodnje AD "Fidelinka", Subotica, sledećih hemijskih i reoloških karakteristika (tabela 3.1).

Tabela 3.1
Hemijske i reološke karakteristike brašna

Parametri	Brašno T-500
<i>Hemijski sastav</i>	
Sadržaj vlage (%)	10,1
Sadržaj pepela (% s.m.)	0,55
Sadržaj vlažnog glutena (%)	25,2
Stepen kiselosti	2,4
<i>Farinografski pokazatelji</i>	
Moć upijanja vode (%)	58,4
Razvoj testa (min)	2,0
Stabilitet testa (min)	1,0
Stepen omekšanja testa (Fj)	60
Kvalitetni broj / klasa	68,0/B1
<i>Ekstenzografski pokazatelji</i>	
Energija testa (cm ²)	60,4
Otpor testa (Ej)	235
Rastegljivost (mm)	150
Odnos otpor / rastegljivost	1,59
<i>Amilografski maksimalni viskozitet (Aj)</i>	410
<i>Ostatak na situ 150µm (%)</i>	6,3

Tokom prve faze eksperimentalnih rada ispitivan je uticaj dva uzorka margarina za zames testa: MZ1 - *Margarine Kremowa Maestra*, proizvođač "Kruszwica", Poljska i MZ2 - *Delta*, proizvođač "Arex", Belgija, čije su osnovne karakteristike prikazane u tabeli 3.2.

Tabela 3.2
Karakteristike uzoraka margarina za zames testa

Parametri	MZ1	MZ2
<i>Sastav masnih kiselina (%/100 g masnih kiselina)</i>		
Zasićene, SAFA	49,85	30,27
C8:0	0,46	nd*
C10:0	0,53	nd*
C12:0	8,31	0,08
C14:0	3,65	0,44
C16:0	32,05	22,29
C17:0	0,09	0,09
C18:0	4,24	6,63
C20:0	0,30	0,36
C22:0	0,22	0,38
Mononezasićene, MUFA	30,36	47,63
C16:1	0,10	0,06
C18:1	29,98	47,31
C20:1	0,28	0,24
Polinezasićene, PUFA	19,79	22,10
C18:2	19,53	22,03
C18:3	0,26	0,07
Trans, TFA	2,97	17,40
C18:1 _t	2,06	19,36
C18:2 _t	0,91	0,56
<i>Tačka topljenja (°C)</i>	33,0	38,0
<i>Sadržaj čvrstih triglicerida, SFC (%)</i>		
10°C	47,8	46,2
20°C	26,2	26,1
30°C	8,8	9,2
35°C	3,0	4,2

* nije detektovano

Sastav osnovnog testa činile su sledeće dodatne sirovine:

- Kuhinjska so - komercijalni proizvod, proizvođač DP "So produkt", Beograd
- Vodovodna voda za piće
- Emulgator - *Manodan* (diacetil estar vinske kiseline), proizvođač "Danisco", Nemačka

Za ispitivanje uticaja sastava masne faze margarina za laminiranje na kvalitet peciva, u radu su primenjena tri uzorka margarina sa smanjenim sadržajem TFA i jedan uzorak margarina sa domaćeg tržišta koji je komercijani proizvod namenjen za izradu lisnatog peciva.

- margarin MLT1 - *Premium bak-P0023*, tačke topljenja 50,4°C, proizvođač "Aarhus United", Denmark
- margarin MLT2 - *Soft-sabre bak P0031*, tačke topljenja 49,2°C, proizvođač "Aarhus United", Denmark
- margarin MLT3 - *Margo*, tačke topljenja 38,0°C, proizvođač "Nizegordski maslo-žilni kombinat", Rusija
- margarin MLT4 - tačke topljenja 37,8 °C, proizvođač "Dijamant", Zrenjanin

3.2 METODE RADA

3.2.1 METODE ZA DEFINISANJE KVALITETA BRAŠNA

- **Sadržaj vlage u brašnu** određen je sušenjem uzoraka 90 minuta na 130°C (*Kaluđerski, Filipović 1998*).
- **Sadržaj pepela u brašna** određen je žarenjem uzoraka 90 minuta na 900°C (*Kaluđerski, Filipović 1998*).
- **Sadržaj proteina u brašnu** dobijen je određivanjem sadržaja azota metodom po Kjeldahl-u (*Kaluđerski, Filipović 1998*) i upotrebom faktora 5,7 za preračunavanje sadržaja azota u sadržaj proteina.
- **Veličina čestica** određena je prosejavanjem brašna kroz slog sita i merenjem mase brašna zaostale na situ nakon prosejavanja (*Kaluđerski, Filipović 1998*).
- **Sadržaj vlažnog glutena** određen je ručnim ispiranjem (*Kaluđerski, Filipović 1998*).
- **Izrada farinograma** - po standardnom postupku (*Kaluđerski, Filipović 1998*).
- **Izrada ekstenzograma** - po standardnom postupku (*Kaluđerski, Filipović 1998*).
- **Izrada amilograma** - po standardnom postupku (*Kaluđerski, Filipović 1998*).

3.2.2 METODE ZA DEFINISANJE KVALITETA MARGARINA

3.2.2.1 Određivanje sastava masnih kiselina

Sastav masnih kiselina određen je standardnom metodom ISO 15304 (2002), koja obuhvata primenu gasno hromatografske metode za razdvajanje i masene spektrometrije za identifikaciju individualnih komponenti smeše. U eksperimentalnom radu određivanja su izvršena na gasnom hromatografu Hewlett Packard 5890A i masenom spektrometru Hewlett Packard 5971A sa kapilarnom kolonom SP-2560, dužine 100 m, unutrašnjeg prečnika 0,25 mm i debljine filma stacionarne likvidne faze 0,20 μm .

3.2.2.2 Određivanje sadržaja čvrstih triglicerida

Sadržaj čvrstih triglicerida određen je standardnim postupkom ISO 8292-1 (2008) primenom metode pulsne magnetne rezonance (NMR) na Bruker minispec 20 mq NMR uređaju.

3.2.2.3 Određivanje toplotnih karakteristika

Toplotne karakteristike margarina određene su metodom diferencijalne skenirajuće kalorimetrije (DSC) na TA Instruments Q20 DSC uređaju. Merenja temperature i promene entalpije topljenja izvedena su u atmosferi kiseonika, u temperturnom intervalu od 20 do 60°C, pri brzini zagrevanja od 5°C/min.

Određivanje faznih prelaza takođe je izvedeno u atmosferi kiseonika praćenjem zavisnosti protoka toplote od temperature. Uzorci margarina su u prvoj fazi zagrevani od temperature 25 do 55°C brzinom od 2°C/min, a zatim izloženi hlađenju do 25°C.

3.2.2.4 Određivanje kristalizacionih svojstava

Kinetika kristalizacije (maksimalna brzina kristalizacije i period formiranja kristalizacionih jezgara odnosno kristala) definisana je praćenjem promene sadržaja čvrstih triglicerida primenom NMR metode, na Bruker minispec 20 mq NMR aparatu.

U cilju razdvajanja vodene i masne faze ispitivani uzorci margarina su zagrejani na 70°C, nakon čega je vodena faza odvojena dekantovanjem. Uklanjanje svih prisutnih kristala ("kristalne memorije") izvedeno je zagrevanjem uzoraka masne faze margarina na oko 60°C (10°C više od tačke topljenja uzorka margarina). Sadržaj čvrstih triglicerida u pripremljenim uzorcima određen je u izotermnim uslovima (na 20°C) u vremenskim intervalima od 1 minut tokom 60 minuta.

3.2.2.5 Određivanje tvrdoće margarina

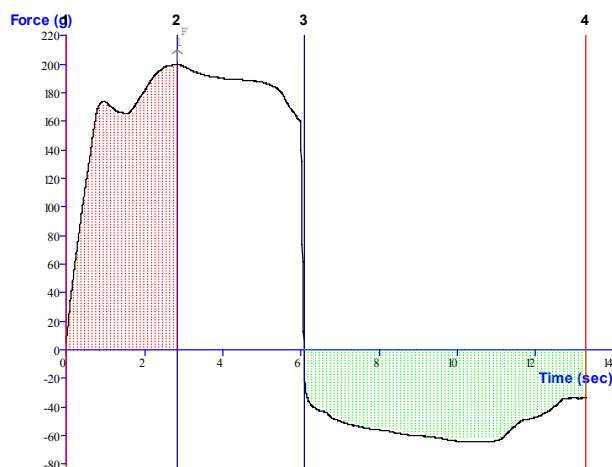
Konzistencija margarina za laminiranje određena je primenom metode penetracije cilindrične sonde prečnika 5 mm na temperaturama 10, 20, 25 i 30°C na teksturometru TA.XTP_{plus} pri sledećim radnim parametrima (slika 3.1):



- merna ćelija: 5 kg
- brzina cilindrične sonde pre analize: 1,0 mm/s
- brzina cilindrične sonde tokom analize: 2,0 mm/s
- brzina cilindrične sonde nakon analize: 2,0 mm/s
- udaljenost: 12 mm

Slika 3.1 Određivanje tvrdoće margarina

Na osnovu karakteristične krive penetracije (slika 3.2) određeni su: tvrdoća (maksimalna sila) i rad penetracije (površina pozitivnog dela krive) koji definišu mekoću/tvrdoću margarina i adhezivnost (površina negativnog dela krive) koja ukazuje na osobine margarina tokom izvlačenja cilindrične sonde.



Slika 3.2 Karakteristična kriva penetracije

3.2.2.6 Određivanje reoloških osobina

Reološka merenja izvedena su na rotacionom viskozimetru Haake Rheo Stress 600 (slika 3.3), uz primenu pribora ploča-ploča prečnika 60 mm na temperaturi od 40°C za uzorke MLT3, MLT4 i MLT5, odnosno na 48°C za uzorke MLT1 i MLT2 (temperature određivanja bliske tački topljenja uzoraka). Krive proticanja margarina za laminiranje određene su merenjem površine histerezisnih petlji (krive zavisnosti napona smicanja (τ) od brzine smicanja (D)) u opsegu brzina smicanja od 0 do 200 s⁻¹. Brzina smicanja povećavana je od 0 do 200 s⁻¹ u trajanju od 240 sekundi, zatim je 120 sekundi održavana maksimalna brzina od 200 s⁻¹, a potom je usledilo smanjenje brzine smicanja od 200 do 0 s⁻¹ u trajanju od 240 sekundi.

Primenom dinamičkih oscilatornih merenja u linearnom viskoelastičnom režimu (LVE) definisani su elastični G' i viskozni G'' moduli. LVE režim određen je praćenjem promene vrednosti G'' i G' u uslovima povećanja napona smicanja od 0,1 do 10 Pa, pri konstantnoj frekvenciji od 1 Hz (ugaonoj bryini 6,28 rad/s).



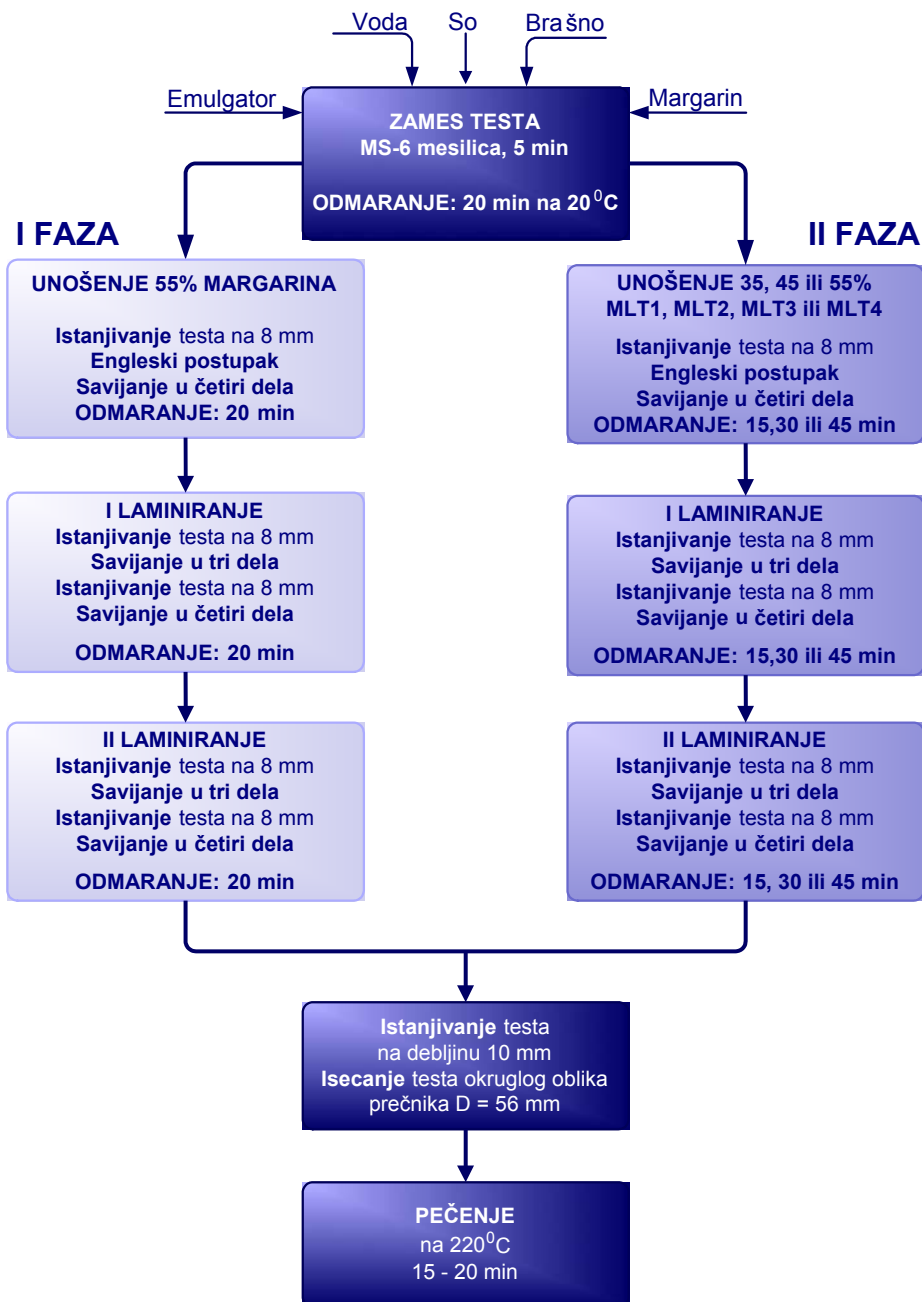
Slika 3.3 Rotacioni viskozimetar Haake Rheo Stress 600

Na osnovu određenog LVE režima definisani su uslovi dinamičkih oscilatornih merenja: vrednosti ugaone brzine (ω) bile su u granicama 6,28 – 62,8 rad/s (frekvencija 1 -10 Hz), dok je napon smicanja bio konstantan 0,2 Pa.

3.2.3 METODE ZA DEFINISANJE KVALITETA TESTA I PECIVA

3.2.3.1 Postupak izrade peciva od laminiranog testa

Osnovno testo zamešeno je od 400 g brašna, 2% (g/100g brašna) soli, 1% margarina za zames (MZ1 ili MZ2), 0,3% emulgatora i 58.9% vode temperature 8-10°C. Testo je mešeno 4 min u brzohodnoj spiralnoj mesilici MS-6, pri čemu je postignuta optimalna temperatura testa za izradu peciva od laminiranog testa ($19 \pm 1^\circ\text{C}$). Nakon zamesa i okruglog oblikovanja, testo se odmaralo 20 min, a zatim je istanjeno na laminatoru Laminoir Marchand LA4-500. Uzorci margarina za laminiranje MLT1, MLT2, MLT3 i MLT4 unošeni su po engleskom postupku (McGill 1981; www.bakeinfo) u količini 35, 45 i 55% na masu brašna.



Slika 3.4 Postupak izrade peciva od laminiranog testa

U toku faza laminiranja debljina testa je postepeno redukovana sa $25 \rightarrow 22 \rightarrow 18 \rightarrow 15 \rightarrow 12 \rightarrow 10 \rightarrow 8$ mm, a potom je izvršeno prvo savijanje testa u tri dela (1×3). Nakon ponovne primene višestrukih postupaka istanjivanja formirana je traka testa debljine 8 mm i izvršeno savijanje u četiri dela (1×4). Relaksaciju testa između faza laminiranja u I fazi eksperimentalnog rada iznosila je 20 minuta, a u II fazi 15, 30 ili 45 min na $8-10^{\circ}\text{C}$ (slika 3.4). Postupci laminiranja i kombinovanog savijanja testa u tri i četiri dela ponovljeni su dva puta, što je rezultiralo formiranjem 144 sloja masti.

Konačna debljina testa formirana postepenom redukcijom debljine testa $30 \rightarrow 28 \rightarrow 25 \rightarrow 22 \rightarrow 18 \rightarrow 15 \rightarrow 12 \rightarrow 10$ mm u poslednjoj fazi laminiranja. Komadi testa kružnog oblika, prečnika $D_0 = 56 \pm 1$ mm, visine $H_0 = 10 \pm 1$ mm i mase 30 ± 1 g pečeni su laboratorijskoj peći na $200-210^{\circ}\text{C}$, 15-20 minuta.

3.2.3.2 Određivanje rastegljivosti osnovnog testa

Fizičke osobine osnovnog testa određene su mikro - metodom određivanja rastegljivosti testa po Kieffer-u (*Kieffer i sar. 1981*). Nakon zamesa testa u trajanju od 5 min, testo je okruglo oblikovano na Brabenderovom homogenizeru 18 puta, a potom stavljeno na odmaranje 30 minuta, u uslovima kontrolisane vlage koja je odgovarala vlazi testa na sobnoj temperaturi, što je u skladu sa literaturnim podacima (*Smewing 1995*).

Određivanje rastegljivosti testa je izvedeno na teksturometru TA.XTPlus (slika 3.5) pri sledećim radnim parametrima:



- merna ćelija: 5 kg
- brzina kukice pre analize: 2,0 mm/s
- brzina kukice u toku analize: 3,3 mm/s
- brzina kukice nakon analize: 10,0 mm/s
- udaljenost: 75 mm

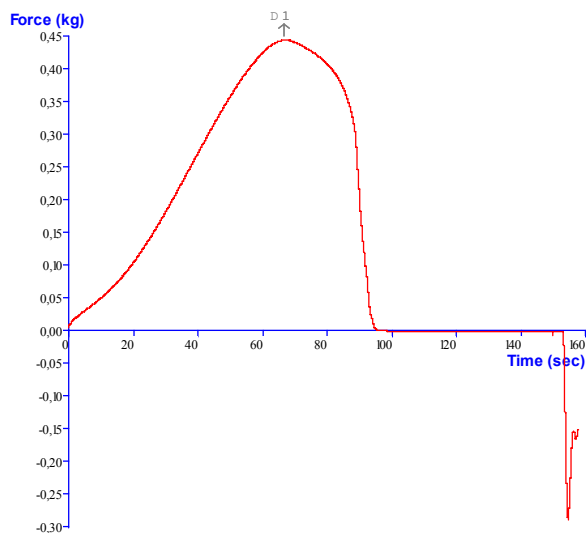
Slika 3.5 Određivanje rastegljivosti testa metodom po Kieffer-u

3.2.3.3 Određivanje tvrdoće osnovnog testa

U cilju potvrđivanja hipoteze da se karakteristična struktura peciva dobija kada je konzistencija osnovnog testa na nivou konzistencije margarina za laminiranje, primenjena je penetraciona metoda za definisanje tvrdoće testa i margarina za laminiranje. Analiza je izvedena na Penetrometru INSTRON ONR 10, primenom mernog elementa koničnog oblika. Gornja granica prodiranja mernog elementa u uzorke iznosila je 50 mm, donja 0 mm, a vreme penetracije 15 sekundi.

3.2.3.4 Određivanje fizičkih osobina laminiranog testa

Za određivanje fizičkih osobina testa nakon poslednje faze laminiranja, definisane su osobine testa pri biaksijalnom istrzanju: otpor - maksimalna sila istezanja i rastegljivost testa - rastojanje na apscisi do trenutka kidanja testa (slika 3.6).



Slika 3.6 Karakteristična kriva određivanje fizičkih osobina laminiranog testa pri biaksijalnom istezanju

Merenja su urađena na teksturometru TA.XTPlus (slika 3.7) pri definisanim radnim parametrima:



- merna ćelija: 5 kg
- brzina mernog elementa pre analize: 0,5 mm/s
- brzina mernog elementa u toku analize: 0,5 mm/s
- brzina mernog elementa nakon analize: 10,0 mm/s
- udaljenost: 75 mm

Slika 3.7 Određivanje fizičkih osobina laminiranog testa

3.2.3.5 Definisanje kvaliteta peciva

Kvalitet lisnatog peciva određen je merenjem fizičkih osobina peciva - narastanje, skupljanje, eliptičnost, zapremina i čvrstoća i definisanjem senzornih osobina metodom bodovanja i kvantitativnom deskriptivnom metodom (QDA).

Na osnovu vrednosti prečnika (D_o) i visine (H_o) testa, zatim maksimalnog i minimalnog prečnika (D_{max} , D_{min}), maksimalne i minimalne visine (H_{max} , H_{min}), srednjeg prečnika (D_{sr}) i srednje visine (H_{sr}) peciva izračunati su sledeći fizički parametri:

$$\text{Narastanje} = (H_{max} + H_{min}) / 2 \times H_o \quad (3.1)$$

$$\text{Skupljanje} = 1 - (D_{max} \times D_{min}) / D_o^2 \quad (3.2)$$

$$\text{Eliptičnost} = D_{max} / D_{min} \quad (3.3)$$

$$\text{Zapremina} = (D_{sr}/2)^2 \times \pi \times H_{sr} \quad (3.4)$$

Senzorni kvalitet peciva definisan je dva sata nakon pečenja. Metodom bodovanja šestočlana komisija je ocenama od 1 do 5 ocenila sledeće parametre kvaliteta: spoljašnji izgled, struktura, ukus i miris (prilog P1). Dobijene ocene pomenutih parametara pomnožene su određenim koeficijentom važnosti (*ISO, 2008*) i na osnovu zbira bodova definisana kategorija kvaliteta (prilog P1/1).

Primenom QDA metode (Hozovà i sar. 2002) ocenama od 1 do 3 ocenjene su parametri kvaliteta sredine peciva: listanje (slojevitost), ravnomernost listanja, debljina slojeva, veličina pora i ravnomernost boje (prilog P2).

3.2.3.6 Određivanje čvrstoće peciva

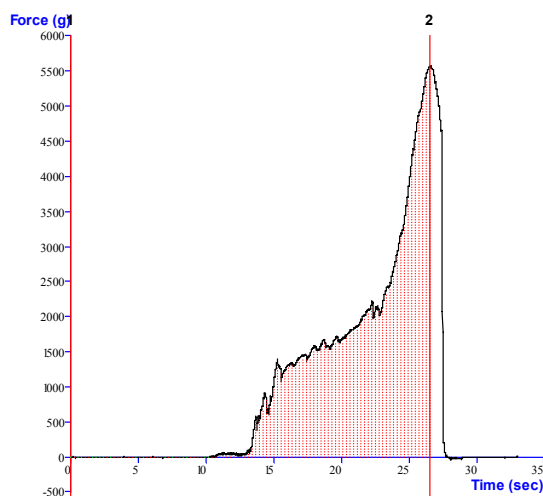
Za ispitivanje uticaja nezavisno promenljivih na kvalitet i očuvanje svežine peciva, 2h nakon pečenja metodom sečenja merena je sila potrebna da preseče pecivo postavljeno na platformu teksturometra TA.XTPlus pri sledećim radnim parametrima (slika 3.8).



- merna ćelija: 25 kg
- brzina noža pre merenja: 1,0 mm/s
- brzina noža u toku merenja: 2,0 mm/s
- brzina noža nakon merenja: 10,0 mm/s
- rastojanje noža od platforme: 55 mm
- sila presecanja: 5,0 g

Slika 3.8 Određivanje čvrstoće peciva

Merenjem površine dobijene krive zavisnosti Sila (g) – Vreme (s) definisana je čvrstoća peciva, a indirektno i mekoća lisnatog peciva (slika 3.9).



Slika 3.9 Karakteristična kriva određivanja čvrstoće peciva metodom sečenja

3.2.3.7 Određivanje nutritivne vrednosti peciva

Nutritivna vrednost peciva definisana je određivanjem sadržaja proteina, ugljenih hidrata, masti, zasićenih i trans masnih kiselina i izračunavanjem energetske vrednosti proizvoda. Sadržaj proteina u pecivu dobijen je određivanjem sadržaja azota po AOAC Micro-Kjeldahl metodi 960.52 (1994) i upotrebom faktora 6,25 za preračunavanje sadržaja azota u sadržaj proteina. Sadržaj skroba određen je standardnom metodom po Ewers-u, sadržaj ukupnih šećera metodom po Luff–Schoorl-u, a sadržaj masti hidrolizom (Kaludžerski, Filipović 1998).

Primenom standardne metode AOAC 969.33 (2002) na gasnom hromatografu Hewlett Packard 5890A i masenom spektrometru Hewlett Packard 5971A određen je sastav masnih kiselina u pecivu. Prethodna priprema uzoraka je obuhvatala ekstrakciju masti iz peciva metodom po Soxhlet-u (Kaludžerski, Filipović 1998) i pripremu metil-estara masnih kiselina po metodi Kravić i sar. (2006).

Na osnovu rezultata određivanja hemijskog sastava (proteina – P, ugljenih hidrata – UH i masti – M) i podataka o energetske vrednosti pojedinih nutrijenta, primenom jednačine 3.5 izračunata je energetska vrednost (EV) peciva (Grujić i sar. 2001).

$$EV \text{ (kJ/100 g)} = \% \text{ usvojivih UH} \times 17 + \% \text{ P} \times 17 + \% \text{ M} \times 37 \quad (3.5)$$

3.3 PLAN ESKPERIMENTA

U cilju definisanja optimalnog sastava masne faze margarina (SFC, sastav masnih kiselina) za dobijanje peciva od laminiranog testa zadovoljavajućih senzornih i poboljšanih nutritivnih svojstava, istraživanja su izvedena na osnovu potpunog faktorskog plana 3^2 u dve osnovne faze:

I FAZA - definisanje sirovinskog sastava osnovnog testa

II FAZA - optimizacija tehnološkog postupka proizvodnje lisnatog peciva

Eksperimentalni rad u prvoj fazi fokusiran je na praćenje zavisnosti relevantnih fizičkih parametara testa (farinografski i ekstenzografski parametri, viskozni i elastični moduli,

penetraciona vrednost i rastegljivost po Kieffer-u) u funkciji količine dve nezavisno promenljive na tri nivoa (tabela 3.3).

Tabela 3.3
Plan eksperimenta

Nezavisno promenljive	Kod	Nivoi			Interval variranja
		-1	0	+1	
I FAZA					
Margarin za zames testa (g/100g brašna)	x	1	3	5	2
Emulgator (g/100g brašna)	y	0,1	0,3	0,5	0,2
II FAZA					
Margarin za laminiranje (g/100g brašna)	x	35	45	55	10
Vreme odmaranja (min)	y	15	30	45	15

U drugoj fazi eksperimentalnog rada definisan je uticaj margarina različitog sastava masne faze na osobine laminiranog testa pri biaksijalnom istezanju i fizičke i senzorne osobine peciva. Praćenjem promene pomenutih zavisnih parametra u funkciji zadatih vrednosti nezavisno promenljivih (tabela 3.3) određena je optimalna količina margarina za laminiranje i optimalno vreme odmaranja testa između faza laminiranja.

Određivanjem sadržaja proteina, ugljenih hidrata, masti (s akcentom na udeo zasićenih i trans masnih kiselina) definisana je nutritivna vrednost najboljih uzoraka peciva, i time utvrđen potencijalni doprinos margarina modifikovanog sastava masne faze povećanju nutritivne vrednosti peciva od laminiranog testa.

3.4 STATISTIČKA OBRADA PODATAKA

Rezultati merenja parametara kvaliteta testa i peciva su obrađeni testiranjem statističke značajnosti razlike srednjih vrednosti primenom t-testa na pragu značajnosti od 95%, $\alpha = 0,05$ (programski paket Statistical 8.0 i Origin 6.1). Regresionom analizom eksperimentalnih vrednosti odabranih fizičkih osobina osnovnog testa, fizičkih osobina laminiranog testa i kvaliteta peciva matematički je definisan uticaj nezavisno promenljivih (x i y) na pomenute zavisno promenljive (z).

Odzivna funkcija z definisana je regresionom jednačinom (matematičkim modelom) sledećeg oblika:

$$z = b_0 + b_1x + b_2y + b_{11}x^2 + b_{12}xy + b_{22}y^2 \quad (3.6)$$

Gde su:

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

x - količina margarina za zames/količina margarina za laminiranje

y - količina emulgatora/vreme odmaranja

z - energija/žilavost i rastegljivost/narastanje/zapremina/čvrstoća

Koeficijenti regresije b_1 i b_2 pokazuju linearni efekat nezavisnih promenljivih x i y na zavisno promenljivu z , b_{11} i b_{22} 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 (jednačina 3.7), p i t -vrednosti, koeficijent determinacije i analiza varijanse odabrane regresione jednačine.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(z_e - z_t)^2}{n - 2}} \quad (3.7)$$

Za definisanje kinetike kristalizacije, korišćen je Gompertz-ov matematički model (Foubert i sar. 2006), kojim je izražena zavisnost sadržaja čvrste faze pri kristalizaciji u funkciji vremena na konstantnoj temperaturi:

$$S(t) = a \times \exp\left(-\exp\left(\frac{\mu \times e}{a}(\lambda - t) + 1\right)\right) \quad (3.8)$$

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)

Određivanjem koeficijenta determinacije (r^2) definisano je odstupanje eksperimentalnih od teorijskih vrednosti dobijenih Gompertz-ovim matematičkim modelom.

4 REZULTATI I DISKUSIJA

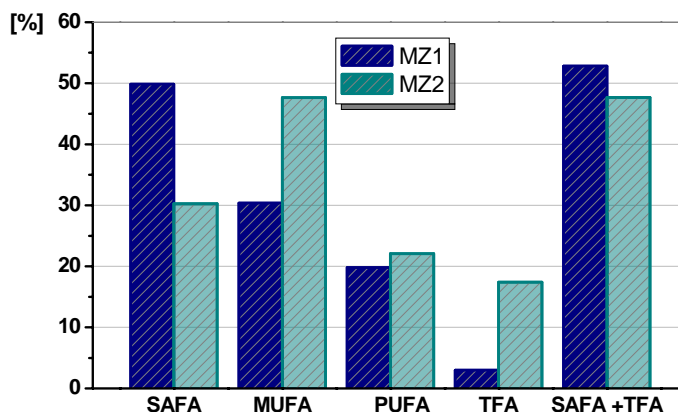
4.1 DEFINISANJE SIROVINSKOG SASTAVA OSNOVNOG TESTA

Ispitivanja uticaja vrste i količine margarina za zames (MZ1 i MZ2) i količine emulgatora na fizičke osobine testa (fariniografski i ekstenzografski parametri, rastegljivost testa po Kiefferu, viskoelastične osobine, tvrdoća) i kvalitet lisnatog peciva su izvedena na uzorku namenskog pšeničnog brašna, čiji su hemijski i reoloških parametri (tabela 3.1) uglavnom na nivou optimalnih vrednosti namenskog brašna za izradu lisnatog peciva, koje se navode u literaturi (Doerry, Meloan 1986; Ludewig 1987; Kovačević 1996). Izvesna odstupanja od literaturnih podataka zapažena su u sadržaju proteina, koji je iznosio 10,1%/s.m. dok se za izradu peciva od lisnatog peciva preporučuje minimum 12 do 12,5%/s.m (Ludewig 1987; Kovačević 1996).

4.1.1 KVALITET MARGARINA ZA ZAMES TESTA

Rezultati ispitivanja sastava masne faze margarina za zames (tabela 3.2) pokazuju da margarin MZ1 ima veći sadržaj zasićenih masnih kiselina (SAFA) za 19,5% u odnosu na MZ2 (slika 4.1), pri čemu je naročito važan veći sadržaj aterogenih masnih kiselina (laurinske, miristinske i palmitinske). Udeo laurinske kiseline (C12:0) kod uzorka MZ1 iznosi oko 8%, a kod margarina MZ2 je ispod 0,1%. Uzorak MZ1 ima i veći sadržaj miristinske kiseline (C14:0) za oko 3%, a palmitinske (C16:0) za 10%.

Sadržaj mononezasićenih masnih kiselina (MUFA) je kod uzorka MZ1 manji za oko 17% u odnosu na MZ2, dok je udeo polinezasićenih masnih kiselina (PUFA) prilično ujednačen. Margarin MZ2 zbog značajno nižeg udela SAFA i uprkos 6 puta većoj količini aterogenih *trans* masnih kiselina (TFA) ima za oko 5% niži ukupan sadržaj SAFA i TFA u odnosu na MZ1 (slika 4.1).



Slika 4.1 Sastav masne faze margarina za zames

Nezavisno od prisutnih razlika u sadržaju pojedinih zasićenih i *trans* masnih kiselina, zbog relativno ujednačenog sadržaja SAFA + TFA, a verovatno i sličnosti u strukturi triglicerida (položaju zasićenih i nezasićenih masnih kiselina) nisu registrovane značajne razlike u sadržaju čvrstih triglicerida margarina MZ1 i MZ2 (tabela 3.2).

4.1.2 FIZIČKE OSOBINE TESTA

4.1.2.1 Empirijski reološki parametri

Rezultati ispitivanja uticaja namenske masti MZ1 i emulgatora na farinografske pokazatelje (tabela 4.1), ukazuju da povećanje količine emulgatora kod uzoraka sa 1% margarina MZ1, uzrokuje blagi rast moći upijanja vode. Kod uzoraka sa 3 i 5% margarina uočava se smanjenje pomenutog pokazatelja u funkciji povećana udela emulgatora u testu za 3 do 5%, što je posledica dominantnijeg uticaja margarina na glutensku strukturu. Prema literaturnim podacima, do smanjenja moći upijanja vode dolazi zbog naglašene mazive funkcije masti, koja je izraženija sa povećanjem udela masti i koja omogućava postizanje željene konzistencije sa manjom količinom vode (Stauffer 1996).

Tabela 4.1

Zavisnost farinografskih pokazatelja od količine margarina MZ1 i emulgatora

Nezavisno promenljive	Moć upijanja vode (%)	Razvoj (min)	Stabilitet (min)	Stepen omekšanja (Fj)	Kvalitetni broj/klasa
1% margarina MZ1					
0,1% emulgatora	58,0	2,5	8,5	40	79,6/A2
0,3% emulgatora	58,4	2,5	12,5	40	78,4/A2
0,5% emulgatora	59,8	2,5	13,0	40	77,7/A2
3% margarina MZ1					
0,1% emulgatora	58,7	2,5	8,5	45	70,2/A2
0,3% emulgatora	57,1	2,5	7,5	40	78,4/A2
0,5% emulgatora	55,7	2,5	8,0	50	70,2/A2
5% margarina MZ1					
0,1% emulgatora	59,4	2,0	10,0	35	85,3/A1
0,3% emulgatora	58,3	2,0	9,5	40	80,8/A2
0,5% emulgatora	57,1	2,5	9,5	35	80,8/A2

Dobijeni rezultati potvrđuju da kod uzoraka sa 1 i 3% margarina MZ1 nema razlike u vremenu razvoja testa. Dodatak maksimalne količine margarina i 0,1, odnosno 0,3% emulgatora skraćuje vreme razvoja za 20% u odnosu na uzorak sa 0,5% emulgatora i uzorke sa 1 i 3% margarina MZ1 (tabela 4.1). Visoke vrednosti stabiliteta testa ukazuju da dodatak margarina i emulgatora olakšava "klizanje" i orijentaciju proteinskih lanaca, odnosno povećava njihovu sposobnost da grade više vodoničnih i hidrofobnih veza u sunderastom glutenskom matriksu.

Stepen omekšanja testa sa 3 i 5% margarina MZ1 se zavisno od količine emulgatora menja za 10 do 15%. Najizraženije promene pomenutog pokazatelja u funkciji količine margarina uočavaju se kod uzoraka sa 0,5% emulgatora. Većina uzoraka je, nezavisno od količine dodataka, kvalitetne klase A2. Kod uzorka sa 5% margarina i 0,1% emulgatora dolazi do povećanja kvalitetnog broja i poboljšanja kvaliteta za jednu klasu, što je i očekivano s obzirom na relativno dug stabilitet testa od 10 minuta i minimalni stepen omekšanja od 35 Fj (tabela 4.1).

Uticao namenske masti MZ2 i emulgatora na farinografske pokazatelje prikazan je u tabeli 4.2. Povećanje količine emulgatora dovodi do malog smanjenja moći upijanja vode, koje je evidentno čak i pri minimalnom udelu margarina MZ2 u testu. Razlike u efektu i intenzitetu uticaja margarina MLT1 i MLT2 na glutensku strukturu testa su verovatno posledica razlika u njihovom masno kiselinskom sastavu (tabela 3.2).

Farinografske krive, kao i kod uzoraka sa margarinom MZ1, karakteriše konstantan razvoj testa, dug stabilitet, mali stepen omekšanja i kvalitetna klasa A. Kod većine uzoraka povećanje količine margarina dovodi do smanjenja stepena omekšanja za 20 do 30%. Najintenzivnije promene pomenutog farinografskog pokazatelja uočavaju se kod uzoraka sa 0,1% emulgatora, što potvrđuje poboljšanje kvalitne klase iz A2 u A1. Kod uzoraka sa konstantnom količinom margarina, uglavnom je prisutan rastući trend promene stepena omekšanja u funkciji povećanja količine emulgatora (tabela 4.2).

Tabela 4.2

Zavisnost farinografskih pokazatelja od količine margarina MZ2 i emulgatora

Nezavisni parametri	Moć upijanja vode (%)	Razvoj (min)	Stabilitet (min)	Stepen omekšanja (Fj)	Kvalitetni broj/klasa
1% margarina MZ2					
0,1% emulgatora	58,6	2,5	7,5	40	82,2/A2
0,3% emulgatora	57,6	2,5	8,0	40	80,0/A2
0,5% emulgatora	56,5	2,5	7,5	50	74,3/A2
3% margarina MZ2					
0,1% emulgatora	59,3	2,5	10,0	30	86,4/A1
0,3% emulgatora	58,0	2,5	10,0	40	83,2/A2
0,5% emulgatora	56,4	2,5	10,0	40	82,2/A2
5% margarina MZ2					
0,1% emulgatora	59,1	2,5	10,0	30	85,3/A1
0,3% emulgatora	57,9	2,5	9,0	40	81,7/A2
0,5% emulgatora	56,7	2,5	9,0	45	78,0/A2

Promene ekstenzografskih pokazatelja (tabele 4.3 i 4.4) ukazuju da su vrednosti većine parametara uslovljene količinom, ali i vrstom margarina, kao i količinom emulgatora. Nastale promene, međutim, ne potvrđuju jasno određen i identičan uticaj nezavisno promenljivih na ispitivane zavisne parametre (tabele 4.3 i 4.4).

Dodatak margarina i emulgatora nezavisno od njihove količine doprinosi boljoj obradivosti testa u odnosu na kontrolni uzorak (tabela 3.1), ali je evidentno da je za postizanje maksimalne energije testa, kod uzoraka sa 1 i 3% margarina MZ1 neophodan dodatak 0,3% emulgatora, a kod uzoraka sa 5% margarina MZ1 0,1% emulgatora (tabela 4.3).

Tabela 4.3

Zavisnost ekstenzografskih pokazatelja od količine margarina MZ1 i emulgatora

Nezavisno promenljive	Energija* (cm ²)	Otpor* (Ej)	Rastegljivost* (mm)	Otpor/Rastegljivost *
1% margarina MZ1				
0,1% emulgatora	74,3 ± 0,8	207,5 ± 3,5	179,5 ± 7,8	1,2 ± 0,06
0,3% emulgatora	79,3 ± 7,4	225,0 ± 3,5	180,0 ± 7,8	1,2 ± 0,07
0,5% emulgatora	81,9 ± 7,4	262,5 ± 4,5	173,0 ± 15,5	1,5 ± 0,06
3% margarina MZ1				
0,1% emulgatora	85,8 ± 6,9	266,2 ± 17,7	176,5 ± 7,8	1,5 ± 0,04
0,3% emulgatora	86,8 ± 8,6	270,0 ± 14,1	167,0 ± 19,8	1,6 ± 0,23
0,5% emulgatora	74,8 ± 8,8	255,0 ± 10,7	158,0 ± 14,1	1,6 ± 0,19
5% margarina MZ1				
0,1% emulgatora	87,3 ± 9,1	245,0 ± 7,1	179,0 ± 12,7	1,3 ± 0,06
0,3% emulgatora	81,2 ± 2,5	300,0 ± 7,0	151,0 ± 12,7	2,0 ± 0,12
0,5% emulgatora	82,1 ± 5,2	277,5 ± 3,5	150,5 ± 7,8	1,8 ± 0,06

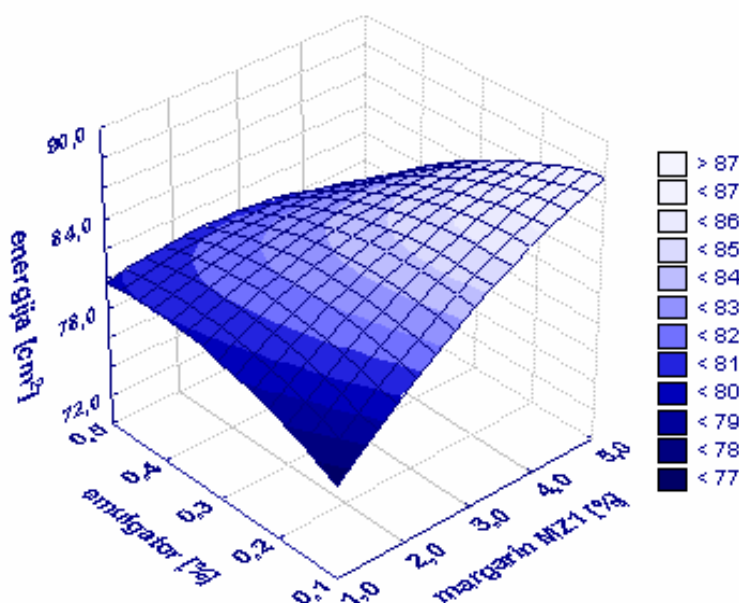
* srednja vrednost četiri ponavljanja ± standardna devijacija (SD)

Obradom eksperimentalnih vrednosti za energiju testa, primenom regresione jednačine 3.6, izračunata je funkcionalna zavisnost energije od količine margarina i količine emulgatora. Na osnovu dobijenih statističkih rezultata moguće je predvideti trend promene zavisno promenljive pri bilo kojoj kombinaciji dodataka u testu.

Rezultati, prikazani na 3D dijagramu (slika 4.2), potvrđuju značajan uticaj količine margarina MZ1 i nešto slabiji uticaj količine emulgatora na vrednosti energije. Sa povećanjem količine margarina MZ1 može se očekivati povećanje energije za oko 20%. Rast ispitivanog parametra prouzrokovan povećanjem količine emulgatora bio bi na nivou 5% i to kod uzoraka koji sadrže manje od 4% margarina MZ1. Maksimalne vrednosti energije mogle bi se dobiti pri dodatku 5% margarina i količine emulgatora od 0,2%.

Vrednost standardne greške regresije ($\sigma = 0,587$) potvrđuje da je primenom odabrane regresione jednačine moguće postići malu disperziju ekperimentalnih vrednosti od linije regresije, odnosno da su mala vertikalna odstupanja ekperimentalnih vrednosti od očekivanih. Koeficijent determinacije $r^2 = 0,518$ ukazuje da su varijacije energije testa određene varijacijama količine margarina i količine emulgatora sa 51,8%.

$$z = 70,38 + 5,83x + 16,83y - 0,36x^2 - 4,00xy - 4,00y^2$$



Slika 4.2 Promena energije u funkciji količine margarina MZ1 i količine emulgatora

Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 4.3, zapaža se da su vrednosti otpora i rastegljivosti testa kod većine uzoraka na donjoj granici preporučenih optimalnih vrednosti za izradu lisnatog peciva (Ludewig 1987; Kovačević 1996). Evidentno je, međutim, da dodatak minimalne količine margarina i emulgatora poboljšava reološke karakteristike brašna, odnosno približava kvalitetativne karakteristike osnovne sirovine namenskom kvalitetu.

Otpor testa je u granicama od 207,5 Ej (uzorak sa minimalnom količinom margarina i emulgatora) do 300,0 Ej (uzorak sa 5% MZ1 i 0,3% emulgatora). Povećanje količine emulgatora sa 0,1% na 0,3%, dovodi do povećanja otpora testa, koje u zavisnosti od količine margarina MZ1 iznosi od 5 do 25%. Prema literaturnim podacima, povećanje otpora i energije, posledica je vezivanja emulgatora za hidrofobnu površinu proteina čime se podstiče agregacija glutena i jača glutenska mreža (Gomez i sar. 2004).

Vrednosti rastegljivosti testa kod većine uzoraka su za 5 do 15% veće od preporučene minimalne vrednosti (150 mm), što može biti važno za dobijanje lisnatog peciva zadovoljavajućeg kvaliteta (Doerry, Meloan 1986). Rast otpora i smanjenje rastegljivosti testa, koje nastaje usled povećanja količine margarina i smanjenja količine emulgatora, rezultuje povećanjem odnosnog broja otpora i rastegljivosti.

Zapaženo je da je odnosni broj najveći kod uzorka sa 5% MZ1 i 0,3% emulgatora, a najmanji kod uzorka sa 1% MZ1 i 0,1% emulgatora. Vrednost odnosnog broja otpora i rastegljivosti raste sa povećanjem količine MZ1 za prosečno 25%, a sa povećanjem količine emulgatora za 5 do 50%. Navedeni rezultati su u skladu sa rezultatima Stampfli i sar. (1996), koji su uspitivali uticaj emulgatora (diacetil estra vinske kiseline - DATEM) na ekstenzografske pokazatelje.

Rezultati merenja ekstenzografskih parametara uzoraka sa dodatkom margarina MZ2 prikazani su u tabeli 4.4. Uočava se da su vrednosti energije testa u granicama od 70,1 do 86,1 cm², kao i da su nastale promene usled dodatka emulgatora ili povećanja količine margarina MZ2 specifične za svaki uzorak. Povećanje količine emulgatora kod uzoraka sa 1 i 3% margarina MZ1 dovodi do povećanja energije za oko 5%. Kod uzoraka sa 1 i 3% margarina MZ2, međutim, dolazi do smanjenja energije za 5%, odnosno 20%. Takođe se uočava različit trend promene energije testa sa maksimalnim udelom margarina MZ1 i MZ2 u funkciji povećanja emulgatora (tabele 4.3 i 4.4).

Tabela 4.4

Zavisnost ekstenzografskih pokazatelja od količine margarina MZ2 i emulgatora

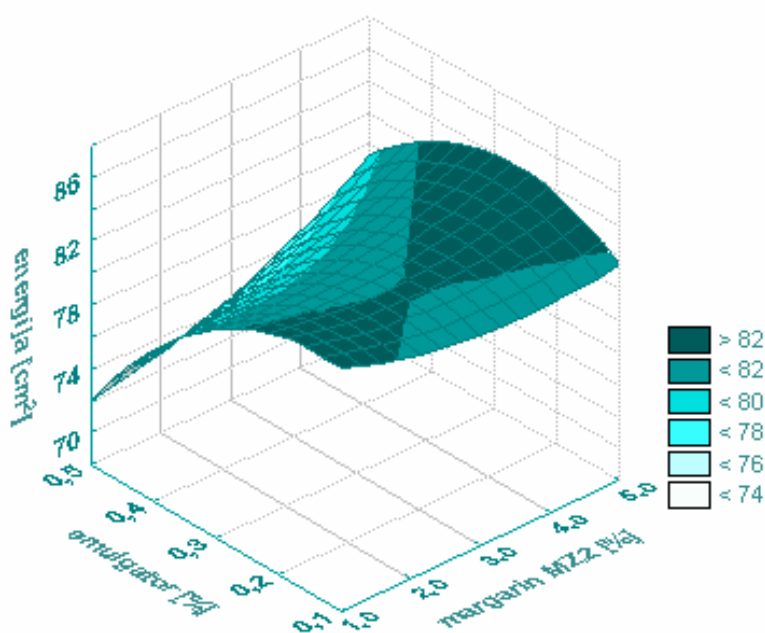
Nezavisno promenljive	Energija* (cm ²)	Otpor* (Ej)	Rastegljivost* (mm)	Otpor/ Rastegljivost*
1% margarina MZ2				
0,1% emulgatora	82,8 ± 8,9	237,5 ± 10,6	181,5 ± 13,4	1,3 ± 0,30
0,3% emulgatora	77,8 ± 4,5	249,5 ± 3,5	170,5 ± 12,3	1,4 ± 0,10
0,5% emulgatora	75,7 ± 2,5	250,0 ± 4,7	160,5 ± 2,12	1,6 ± 0,02
3% margarina MZ2				
0,1% emugatora	84,5 ± 6,4	255,1 ± 7,1	166,5 ± 9,2	1,5 ± 0,04
0,3% emulgatora	82,3 ± 4,5	272,5 ± 3,5	165,0 ± 2,8	1,7 ± 0,01
0,5% emugatora	70,1 ± 4,2	250,2 ± 7,0	153,5 ± 4,2	1,6 ± 0,02
5% margarina MZ2				
0,1% emulgatora	78,5 ± 11,4	270,0 ± 5,7	155,4 ± 16,9	1,7 ± 0,19
0,3% emulgatora	86,1 ± 1,6	292,5 ± 10,6	158,0 ± 1,4	1,8 ± 0,08
0,5% emulgatora	80,2 ± 7,1	242,5 ± 10,6	161,5 ± 9,2	1,5 ± 0,01

*srednja vrednost četiri ponavljanja ± standardna devijacija (SD)

Rezultati statističke obrade eksperimentalno dobijenih rezultata za energiju uzoraka sa margarinom MZ2 prikazani su na slici 4.3. Energija uzoraka sa margarinom MZ2 zavisi od količine margarina i od količine emulgatora. Uticaj količine margarina MZ2 na promenu energije je slabije izražen u odnosu na količinu emulgatora, ali i u odnosu na uzorke sa margarinom MZ1 (slike 4.2 i 4.3).

Regresiona analiza ukazuje da se maksimalna energija može postići dodatkom 5% margarina MZ2 i 0,3% emulgatora, dok povećanje količine emulgatora iznad 0,3%, nezavisno od količine margarina MZ2, može imati negativan efekat na pomenuti parametar. Standardna greška regresije potvrđuje da se odabranom regresionom jednačinom postiže zadovoljavajuća usaglašenost eksperimentalnih i očekivanih vrednosti ($\sigma = 3,951$). Varijacije zavisno promenljive određene su varijacijama nezavisno promenljivih sa 51,5% ($r^2 = 0,515$).

$$z = 89,48 - 2,77x - 33,00y + 0,30x^2 + 2,75xy + 2,75y^2$$



Slika 4.3 Promena energije u funkciji količine margarina MZ2 i količine emulgatora

Pri povećanju sadržaja emulgatora kod uzoraka sa konstantnim sadržajem margarina MZ2, dolazi do povećanja otpora testa za 5 do 10%. Najveći otpor registrovan je kod uzorka sa 5% MZ2 i 0,3% emulgatora, baš kao i kod uzorka sa MZ1 margarinom. Vrednosti otpora testa, kod uzoraka sa 0,5% emulgatora, su prilično ujednačene što ukazuje da količina margarina kod ovih uzoraka ima neznatan uticaj na pomenuti parametar.

Povećanje količine emulgatora kod uzoraka sa 1 i 3% margarina MZ1 dovodi do smanjenja rastegljivosti testa za oko 10%. Prisustvo suprotnog efekta emulgatora zapaženo je kod uzoraka sa 5% MZ2, budući da su vrednosti rastegljivosti testa povećane za isti iznos. Najmanja rastegljivost registrovana je kod uzorka sa 5% MZ2 i 0,5% emulgatora (150,5 mm).

Povećanje količine margarina MZ2, pri konstantnom udelu emulgatora, kao i kod uzoraka sa margarinom MZ1, dovodi do smanjenja rastegljivosti testa za 5 do 15%, što je verovatno posledica uticaja plastičnih svojstava margarina na redukciji elastičnih osobina testa (*Sudha i sar. 2006*).

Uzorci sa 1% margarina MZ1 i MZ2 i količnom emulgatora od 0,1% imaju minimalan otpor, maksimalnu rastegljivost i odnos otpora i rastegljivosti 1,2, odnosno 1,3. Pomenuti odnosni broj je ispod preporučene vrednosti 1,5-2,5 za testa namenjena izradi lisnatog peciva (*Ludewig 1987*). U skladu sa literturnim podacima (*Doerry, Meloan 1986; Kovačević 1996*) zadovoljavajuća rastegljivost 170,5 mm i otpor testa 249,5 Ej postiže se dodatkom 1% margarina MZ2 i 0,3% emulgatora, što sa stanovišta ekstenzografskih pokazatelja predstavlja optimalan sirovinski sastav osnovnog testa za postizanje dobrog kvaliteta lisnatog peciva.

4.1.2.2 Mikrometoda po Kieffer-u

Dobijanje kompletnije slike o uticaju nezavisno promenljivih na fizičke osobine testa tokom istezanja omogućila je i primena mikrometode po Kieffer-u, tabela 4.5. Uočava se da postoji relativno dobra usaglašenost između rastegljivosti testa po Kieffer-u i dobijene rastegljivosti na ekstenzografu.

Analiza otpora testa, čije su vrednosti bile u granicama od 33,2 do 38,9 g, nije potvrdila prisustvo jedinstvenog trenda promene pomenutog pokazatelja pri povećanju jedne, a konstatnoj vrednosti druge nezavisno promenljive. Uzorak testa sa 1% margarina MZ1 i 0,3% emulgatora ima veliki otpor 36,9 g, ali i maksimalnu rastegljivost od 31,1 mm, što je u skladu sa rezultatima ekstenzografskih merenja (tabela 4.3). Maksimalne vrednosti otpora testa kod uzoraka sa 1 i 5% margarina MZ1 dobijaju se dodatkom 0,3% emulgatora, a kod uzoraka sa 5% margarina dodatkom 0,5% emulgatora.

Povećanje količine margarina MZ2 kod uzoraka sa 0,1 i 0,3% emulgatora dovodi do smanjenja rastegljivosti testa za 5 do 35%. Kod uzoraka sa maksimalnom količinom emulgatora, povećanje količine margarina ima suprotan efekat, jer dolazi do povećanja

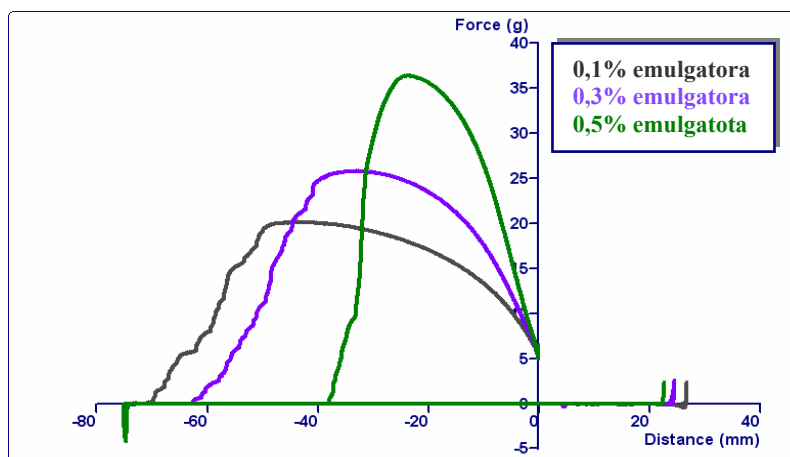
vrednosti ispitivanog parametra za 20 do 25%, u odnosu na uzorak sa 1% margarina MZ2 i 0,5% emulgatora (tabela 4.5). Identičan trend promene rastegljivosti testa u funkciji povećanja količine margarina MZ2 uočen je i tokom ekstenzografskih merenja (tabela 4.3).

Tabela 4.5

Uticaj margarina i emulgatora na rastegljivost i otpor testa po Kieffer- u

Nezavisno promenljive	Otpor (g)		Rastegljivost (mm)	
	MZ1	MZ2	MZ1	MZ2
1% margarina				
0,1% emulgatora	34,8 ± 4,5	20,1 ± 2,7	30,2 ± 3,9	44,4 ± 5,6
0,3% emulgatora	36,9 ± 3,1	28,3 ± 1,6	31,1 ± 2,3	32,1 ± 3,7
0,5% emulgatora	33,2 ± 3,7	36,7 ± 2,7	28,8 ± 2,9	24,2 ± 1,1
3% margarina				
0,1% emulgatora	34,6 ± 3,1	25,5 ± 2,7	28,1 ± 3,1	28,5 ± 3,5
0,3% emulgatora	33,3 ± 4,5	23,8 ± 3,2	30,7 ± 6,1	30,9 ± 4,0
0,5% emulgatora	35,9 ± 2,6	23,9 ± 4,1	26,8 ± 3,3	30,3 ± 5,9
5% margarina				
0,1% emulgatora	33,9 ± 2,9	24,5 ± 1,6	29,9 ± 2,8	29,1 ± 3,9
0,3% emulgatora	38,9 ± 2,3	22,4 ± 1,7	27,9 ± 5,2	27,2 ± 4,1
0,5% emulgatora	34,3 ± 3,2	29,7 ± 1,7	26,4 ± 3,4	29,3 ± 4,2

Minimalan otpor testa registrovan je kod uzoraka sa 1% margarina MZ2 i 0,5% emulgatora, a maksimalan kod testa sa 5% margarina i 0,3% emulgatora. Promene vrednosti otpora testa, u funkciji povećanja količine emulgatora, najizraženije su kod uzorka sa 1% margarina MZ2, budući da je povećanje pomenutog parametra iznosi od 30 do 80% (slika 4.4).



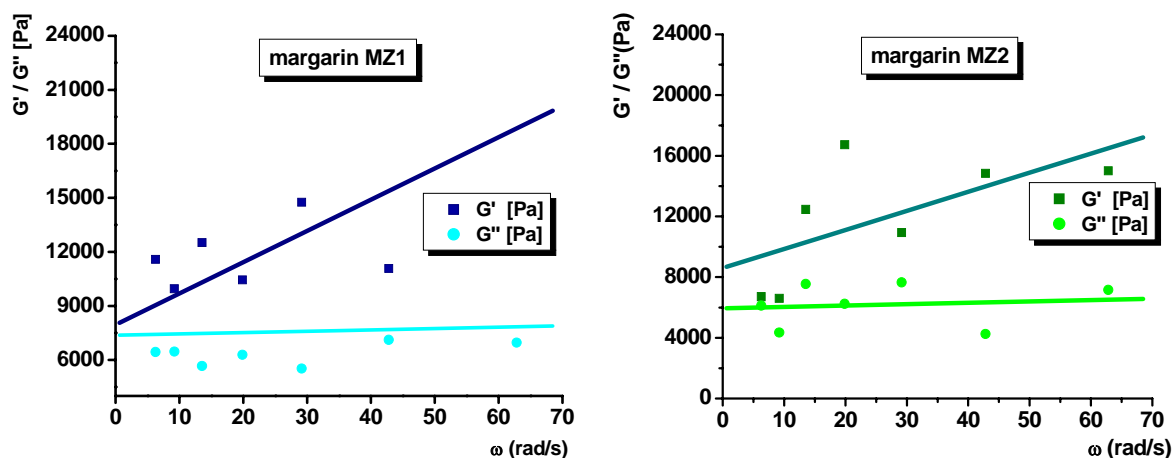
Slika 4.4 Uticaj količine emulgatora na fizičke osobine testa sa 1% margarina MZ2

Na osnovu činjenice da se maksimalna rastegljivost testa, nezavisno od vrste margarina, dobija dodatkom 1% margarina i 0,1 ili 0,3% emulgatora, i usaglašenosti pomenutih rezultata sa ekstenzografskim merenjima, može se opravdano pretpostaviti da je pomenuti sirovinski sastav optimalan za izradu osnovnog testa zadovoljavajućih fizičkih karakteristika.

4.1.2.3 Fundamentalni reološki parametri

Uticaj nezavisnih parametara i njihove međusobne interakcije na fizičke osobine osnovnog testa, definisan je i primenom fundamentalnih nedestruktivnih reoloških merenja u linearnom viskoelastičnom režimu.

Prilikom određivanja viskoelastičnih osobina (elastičnog G' i viskoznog G'' modula) pri niskim amplitudama napona obezbeđena je stabilnost unutrašnje strukture testa, ali je usled heterogenosti sistema došlo do izvesnog rasipanja rezultata merenja. Nakon linearizacije dobijenih podataka, kod uzoraka sa 1 i 3% margarina MZ1 i MZ2 zapažena je dominacija elastičnih osobina nad viskoznim. Sa povećanjem ugaone brzine uočeno je značajno povećanje elastičnog modula, dok su promene vrednosti viskoznog modula u funkciji ugaone brzine znatno manje. Zavisnost viskoelastičnih osobina od ugaone brzine ilustruje slika 4.5, na kojoj su prikazane promene viskoznog (G'') i elastičnog (G') modula uzoraka testa sa 1% margarina i 0,3% emulgatora od ugaone brzine.



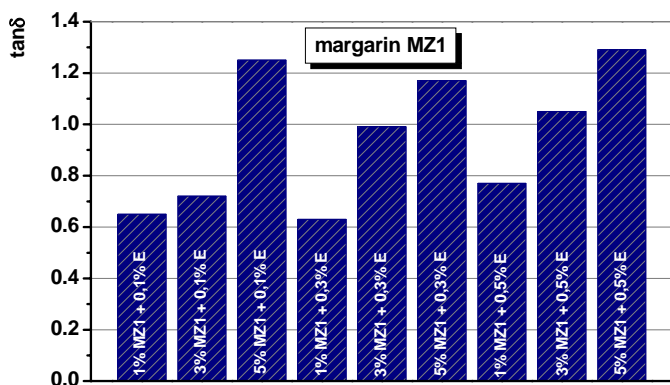
Slika 4.5 Zavisnost elastičnog (G') i viskoznog (G'') modula od ugaone brzine

Kod uzorka sa margarinom MZ1 zavisnost elastičnog modula G' od ugaone brzine je izraženija. Promene viskoznog modula u funkciji ugaone brzine su minimalne, ali su vrednosti G'' kod testa sa margarinom MZ1 niže za oko 50% u odnosu na uzorak sa margarinom MZ2 (slika 4.5).

Trendovi promena elastičnog G' i viskoznog modula G'' kod većine uzoraka su usaglašeni sa promenama otpora, odnosno rastegljivosti testa u funkciji povećanja količine margarina i emulgatora. Na osnovu dobijenih rezultata i literaturnih podataka (Larré i sar. 2000), može se pretpostaviti da će se testa kod kojih su elastične osobine stabilnije u funkciji ugaone brzine lakše laminirati.

Merilo jačine reološkog sistema predstavlja odnos viskoznog G'' i elastičnog G' modula, odnosno parametar $\tan\delta$ koji definiše jačinu formirane trodimenzionalne strukture proteinskog matriksa. Veće vrednosti $\tan\delta$ ukazuju na izraženiji uticaj viskoznog modula, odnosno na slabljenje glutenske strukture koje može značajno uticati na kvalitet testa i gotovog proizvoda (Khatkar 2004).

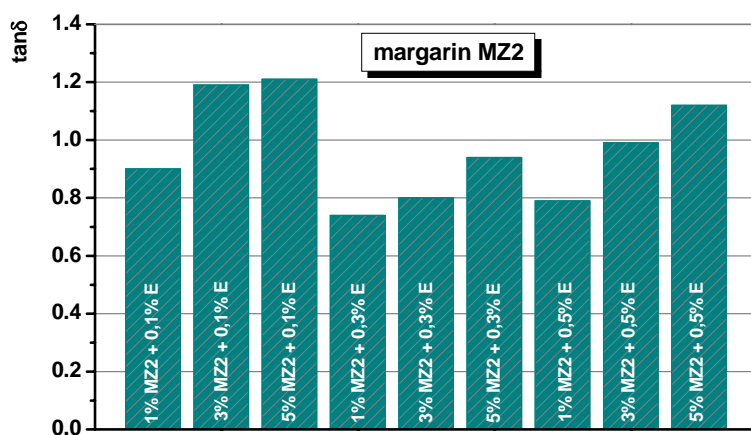
Na graficima prikazanim na slikama 4.6 i 4.7 prezentovane su srednje vrednosti $\tan\delta$ dobijene u intervalu ugaone brzine od 6,25 do 62,5 rad/s. Rezultati potvrđuju da uzorci sa 1% margarina MZ1, nezavisno od količine emulgatora, imaju najmanje vrednosti $\tan\delta$, što ukazuje na dominaciju elastičnih sila i na stabilnu glutensku strukturu viskoelastičnog sistema. Rastući trend promene vrednosti $\tan\delta$ za 10 do čak 90%, pri povećanju količine margarina MZ1, posledica je uticaja plastičnih svojstava margarina na smanjenje elastičnih osobina testa (Watanabe i sar. 2002; Sudha i sar. 2006), odnosno slabljenja unutrašnje strukture sistema.



Slika 4.6 Uticaj margarina MZ1 i emulgatora na $\tan\delta$

Kod uzoraka sa 3 i 5% margarina zapažen je i veći uticaj emulgatora na viskoelastične osobine testa, što je u saglasnosti sa literaturnim podacima (*Sai Manohar, Haridas Rao 1999*). Povećanje viskoznog modula uzrokovano povećanjem količine emulgatora, kod uzoraka sa 3% margarina, je u granicama od 35 do 45%, odnosno od 5 do 10% kod uzoraka sa maksimalnom količinom margarina. Pretpostavlja se da je pomenuti efekat rezultat interakcije margarina i emulgatora, koja dovodi do većeg smicanja reološkog sistema i time povećava njegovu viskoznost.

Identičan trend promene odnosa viskoznog i elastičnog modula u funkciji nezavisno promenljivih, registrovan je i kod testa sa margarinom MZ2 (slika 4.7). Vrednosti $\tan\delta$ su kod uzoraka sa 0,1% emulgatora veće za 45 do 60% u odnosu na uzorke sa margarinom MZ1. Uočava se, međutim, nešto veća stabilnost sistema sa maksimalnom količinom margarina MZ2, jer su vrednosti $\tan\delta$ niže za 15 do 20% u odnosu na ekvivalentne viskoelastične sisteme sa margarinom MZ1. Povećanje količine emulgatora pri konstantnoj količini margarina MZ2 dovodi do povećanja G' , što je posledica uticaja emulgatora na povećanje hidrofobnih interakcija (*Toufeili, Kokini 2004*).



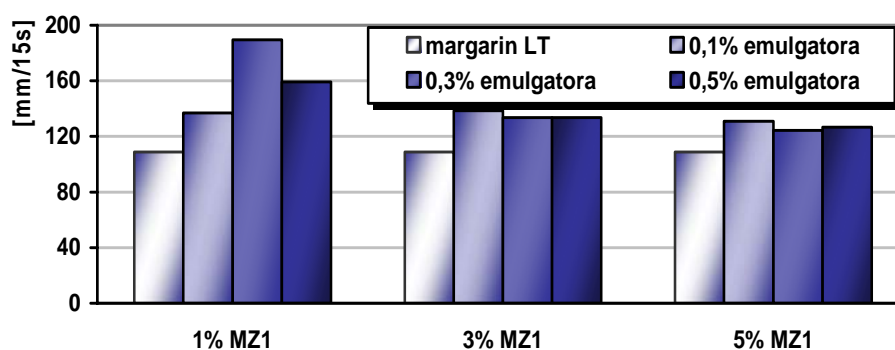
Slika 4.7 Uticaj margarina MZ2 i emulgatorom na $\tan\delta$

Komparacijom rezultata ekstenzografskih i fundamentalnih reoloških merenja uočena je izvesna korelacija između energije testa i parametra $\tan\delta$ (tabele 4.4.3 i 4.4 i slike 4.6 i 4.7). Na osnovu analiziranih reoloških osobina testa evidentno je da testo sa 1% margarina MZ2 i 0,3% emulgatora ima dovoljan otpor 249,5 Ej (po Kieffer-u 36,9 g), rastegljivost od 175,5 mm (po Kieffer-u 34,1) i minimalnu vrednost $\tan\delta$ 0,74, što može biti preduslov za dobar kvalitet lisnatog peciva.

4.1.2.4 Tvrdoća testa

Provera hipoteze da je za postizanje zadovoljavajućih senzornih karakteristika peciva od laminiranog testa neophodno da konzistencija testa bude na nivou konzistencije margarina za laminiranje (margarin LT), izvedena je određivanjem penetracione vrednosti, odnosno indirektno tvrdoće testa i margarina LT.

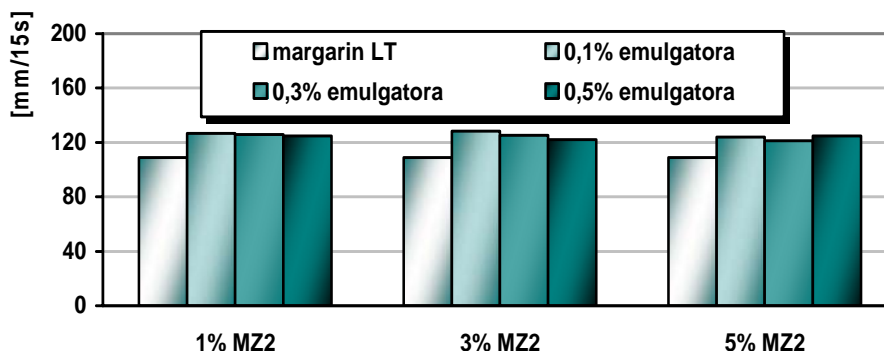
Na osnovu dobijenih rezultata (slika 4.8) može se uočiti da su penetracione vrednosti uzoraka sa 0,1% emulgatora u granicama od 131,0 do 138,4 mm/15 s. Povećanje količine emulgatora kod uzoraka sa 1% margarina utiče na značajno povećanje penetracione vrednosti testa sa 0,3% emulgatora na 189,4 mm/15s, odnosno na 159,2 mm/15s pri dodatku 0,5% emulgatora.



Slika 4.8 Penetracione vrednosti margarina LT i testa sa margarinom MZ1

Penetracione vrednosti pomenutih uzoraka testa su za 40 odnosno 75% veće u odnosu na margarin LT (slika 4.8). Značajno mekša konzistencije (manja tvrdoća) testa od konzistencije margarina za laminiranje može otežati laminiranje, onemogućiti formiranje kontinualnih slojeva masti između slojeva testa i time uticati na narastanje i strukturu peciva (Manley 2000). Uzorci sa 3 i 5% margarina MZ1 imaju manje penetracione vrednosti, odnosno veću tvrdoću za 20 do 50% u odnosu na odgovarajuće uzorke sa 1% margarina. Tvrdoća testa sa 3% margarina MZ1 i 0,3%, odnosno 0,5% emulgatora najmanje odstupa od tvrdoće margarina LT, pa se očekuje da će i stabilnost formiranih slojeva testa i masti biti najbolja pri pomenutom sirovinskom sastavu testa.

Rezultati merenja tvrdoće u funkciji povećanja količine margarina MZ2 i količine emulgatora prikazani su grafički na slici 4.9.



Slika 4.9 Penetracione vrednosti margarina LT i testa sa margarinom MZ2

Primena margarina MZ2, sa aspekta usklađivanja konzistencije testa sa konzistencijom margarina LT, je značajno bolja jer su dobijene penetracione vrednosti nezavisno od količine margarina i količine emulgatora uglavnom ujednačene oko 125 ± 1 mm/15s, a maksimalna odstupanja od penetracione vrednosti margarina LT iznose 15% (slika 4.9).

Merenja tvrdoće testa u funkciji vrste margarina, kao i u dosadašnjim ispitivanjima ukazuju da se primenom margarina MZ2 dobijaju bolje fizičke osobine testa, pa se očekuje da će i kvalitet lisnatog peciva sa margarinom MZ1 biti bolji u odnosu na pecivo sa margarinom MZ2.

4.1.3 KVALITET LISNATOG PECIVA

Uticaj sastava osnovnog testa na kvalitet lisnatog peciva sa konstantom količinom margarina za laminiranje (55% na masu brašna), definisan je određivanjem specifičnih fizičkih parametara (narastanje, skupljanje i eliptičnost), zapemine, specifične mase, čvrstoće, kao i određenih senzornih parametara kvaliteta peciva. Rezultati merenja narastanja, zapremine i čvrstoće peciva statistički su obradjeni. Primenom regresione jednačine 3.6 matematički je definisan uticaj količine margarina i količine emulgatora (nezavisno promenljive x i y) na pomenute zavine parametre (z), izračunata je standardna greška regresije, koeficijent determinacije i analiza varijanse primenjene regresione jednačine.

4.1.3.1 Fizičke karakteristike peciva

Narastanje je veoma važan i specifičan parametar lisnatog peciva, jer zahvaljujući barijernom sloju masti/margarina i širenju vodene pare tokom pečenja može doći do povećanja visine testa 6 do čak 8 puta (Cauvain, Young 2001). Rezultati izračunavanja narastanja peciva prikazani u prilogu P3, ukazuju da je kod uzoraka sa dodatkom margarina MZ1 došlo do značajnog povećanja visine testa, jer su vrednosti pomenutog parametra, zavisno od količine nezavisno promenljivih, u granicama od 4,98 do 5,99. Takođe se uočava i pozitivan efekat emulgatora, budući da dodatak 0,3 odnosno 0,5% emulgatora povećava narastanje za 5 odnosno 20% u odnosu na uzorke sa minimalnom količinom emulgatora.

Funkcionalna zavisnost narastanja od količine margarina i količine emulgatora definisana je regresionom jednačinom, čiji su koeficijenti i njihove t-vrednosti prikazane u tabeli 4.6. Analiza t-vrednosti potvrđuje da poželjnu statističku značajnost ima jedino parametar b_0 (izračunato $t > t_{0,05;3} = 3,182$). U dobijenoj jednačini parametar $b_0 = 4,954$ predstavlja narastanje testa, kada su nezavisno promenljive x i y jednake nuli. Manji, ali ne i statistički značajan uticaj (izračunato $t < 3,182$) na vrednosti zavisno promenljive ima kvadratni uticaj količine margarina (b_{11}) i linearni uticaj količine emulgatora (b_2). Narastanje je kod uzoraka sa margarinom MZ1 određeno varijacijama količine margarina i količine emulgatora sa 80,2% ($r^2 = 0,802$).

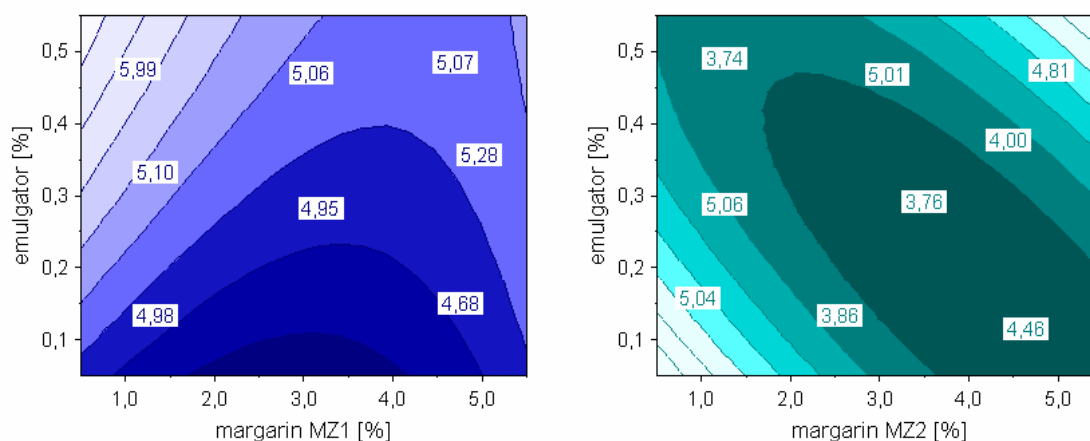
Relativno sličan efekat linearnog parametra b_0 na odzivnu funkciju (narastanje) uočen je i kod uzoraka sa margarinom MZ2. Linearni koeficijenti b_1 i b_2 (uticaj količine margarina i količine emulgatora) ne menjaju značajnije zavisno promenljivu z , međutim, efekti njihove međusobne interakcije (b_{12}) mogu izazvati manje promene u narastanju peciva. Rezultati t-testa potvrđuju da poželjnu statističku značajnost ima parametar b_0 ($6,262 > 3,182$).

Standardna greška regresije (σ), koja za narastanje peciva sa margarinom MZ1 iznosi 0,201, a za uzorke sa margarinom MZ2 0,483 ukazuje na dobro poklapanje eksperimentalnih i očekivanih vrednosti. Na osnovu analize varijanse uz rizik greške $\alpha = 0,05$ ($p < 0,05$), procenjuje se da usvojena regresiona jednačina (model) u celini statistički značajno definiše zavisnost narastanja peciva od nezavisnih parametara, jer je izračunata F vrednost za uzorke sa sa margarinom MZ1 je 482,03, a za uzorke sa margarinom MZ2 53,13 veća od tablične $F_{0,05;6;3} = 8,94$.

Tabela 4.6Regresioni korefijecijenti i *t* - vrednosti za narastanje peciva

Regresioni koeficijenti	Margarin MZ1		Margarin MZ2	
	vrednost <i>b</i>	<i>t</i> -vrednost <i>df</i> = 3	vrednost <i>b</i>	<i>t</i> -vrednost <i>df</i> = 3
<i>b</i> ₀	4,954	8,094	6,262	3,909
<i>b</i> ₁	-0,405	-1,247	-0,819	-0,963
<i>b</i> ₂	3,179	0,978	-6,127	-0,720
<i>b</i> ₁₁	0,072	1,442	0,077	0,586
<i>b</i> ₁₂	-0,387	-1,090	1,031	1,109
<i>b</i> ₂₂	-0,875	-0,174	5,333	0,405

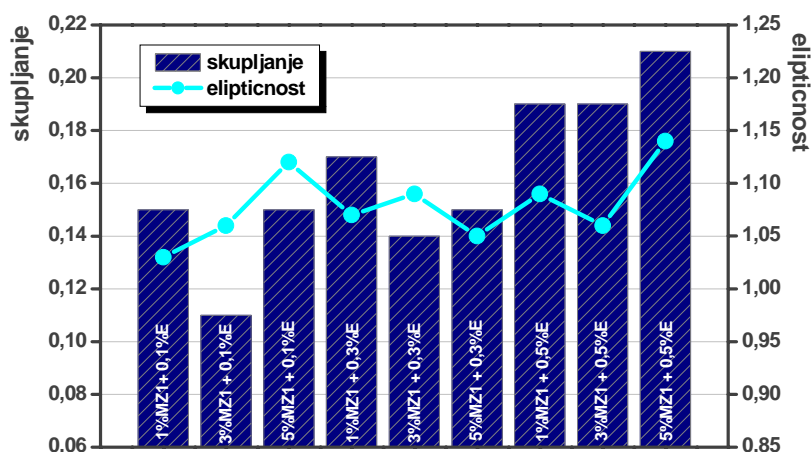
Rezultati statističke obrade prikazani su na slici 4.10 konturnim dijagramima, koji potvrđuju dominantan uticaj količine emulgatora na narastanje peciva sa margarinom MZ1. Visoka vrednost ispitivanog parametra može se očekivati dodatkom minimalne količine margarina i maksimalne količine emulgatora.

**Slika 4.10** Narastanje peciva u funkciji količine margarina i emulgatora

Dijagram zavisnosti narastanja peciva sa margarinom MZ2 od količine margarina i emulgatora potvrđuje uticaj obe nezavisno promenljive na vrednost zavisnog parametra. Činjenica da se maksimalno narastanje peciva (između 5,00 i 6,00), može očekivati kada su u sirovinskom sastavu testa margarin i emulgator zastupljeni u minimalnoj ili maksimalnoj količini, ukazuje na značajan uticaj interakcije ovih parametara na vrednosti ispitivanog pokazatelja kvaliteta peciva.

Poređenjem fizičkih osobina testa sa postignutim narastanjem, uočava se da je za dobro narastanje testa sa margarinom MZ1 neophodno da ili otpor testa bude iznad 270 Ej ili rastegljivost iznad 170 mm. Takođe se zapaža da testa sa nižim vrednostima $\tan\delta$ (ispod 0,80) imaju bolje narastanje. Izuzetak je uzorak sa 5% margarina i 0,3% emulgatora kod koga je $\tan\delta = 1,17$, a narastanje 5,28. Pretpostavlja se da je kod pomenutog uzorka maksimalan otpor od 300,0 Ej imao presudnu ulogu u povećanju visine testa tokom pečenja. Sličan uticaj fizičkih parametara na narastanje testa prisutan je i kod uzoraka sa margarinom MZ2. Maksimalno narastanje 5,06 i 5,04 dobija se kod uzoraka čija je rastegljivost testa bila 181,5 odnosno 170,5 mm, a vrednosti $\tan\delta$ 0,90 i 0,74.

Cauvain i Yong (2001), tvrde da je tokom pečenja lisnatog testa neizbežno njegovo skupljanje i formiranje eliptičnog oblika proizvoda. Ističe se takođe da je izraženo skupljanje veoma često posledica intenzivnog narastanja peciva. Rezultati određivanja skupljanja i eliptičnosti peciva u funkciji nezavisno promenljivih prikazani su grafički na slikama 4.11 i 4.12, a numeričke vrednosti u prilogima P3 i P4.



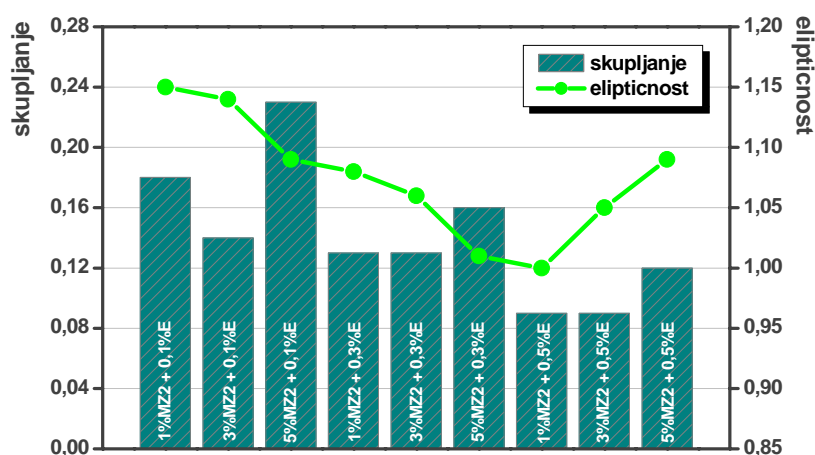
Slika 4.11 Skupljanje i eliptičnost peciva sa margarinom MZ1

Vrednosti skupljanja za pecivo sa margarinom MZ1 su u granicama od 0,11 do 0,21 (slika 4.11), pri čemu se u skladu sa literaturnim podacima (Cauvain, Yong 2001) kod uzoraka sa boljim narastanjem (prilog P3) uočava intenzivnije skupljanje. Rezultati takođe ukazuju da količina margarina u osnovnom testu ima mali uticaj na vrednosti pomenutog parametra. Promene izazvane povećanjem količine emulgatora pri konstantnoj količini margarina, su daleko značajnije, što potvrđuje rastući trend promene ispitivanog fizičkog parametra za 25 do čak 75% (slika 4.11).

Vrednosti eliptičnosti peciva se relativno ujednačene. Povećenje količine margarina MZ1 i/ili količine emulgatora uzrokuje manje promene eliptičnosti, koje kod većine uzoraka ne prelaze 5%. Maksimalno odstupanje od početnog okruglog oblika testa dobija se kod uzorka sa 5% margarina MZ1 i 0,5% emulgatora (slika 4.11).

Na osnovu rezultata prezentovanih na slici 4.12 evidentno je da kod uzoraka sa 5% margarina MZ2 dolazi do maksimalnog skupljanja testa tokom pečenja. Najintenzivnije promene zavisnog parametra ipak se uočavaju kod peciva sa konstantnom količinom margarina, kod kojih su usled povećanja količine emulgatora vrednosti skupljanja smanjene 1,5 do 2 puta.

Eksperimentalni rezultati ne potvrđuju prisustvo određene zavisnosti između eliptičnosti i skupljanja peciva (slika 4.12). Povećanje količine margarina kod uzoraka sa 0,1 i 0,3% emulgatora dovodi do pada vrednosti eliptičnosti sa 1,15 na 1,00, nakon čega maksimalan dodatak emulgatora uzrokuje blagi rast eliptičnosti do vrednosti 1,09.



Slika 4.12 Skupljanje i eliptičnost peciva sa margarinom MZ2

Zapremina peciva sa margarinom MZ1 je u intervalu od 100,7 do 145,2 cm³ (prilog P5), a specifična masa od 0,20 do 0,28 g/cm³ (prilog P4). Kod uzoraka sa 1% margarina MZ1, dodatak 0,5% emulgatora utiče na povećanje zapremine za oko 35% u odnosu na uzorke sa 0,1 i 0,3% emulgatora. Maksimalan efekat emulgatora kod peciva sa 3 i 5% margarina postiže se dodatkom 0,3% emulgatora. Rezultati takođe potvrđuju da količina margarina jedino kod uzoraka sa 0,5% emulgatora, ima značajan uticaj na zapreminu peciva.

Zavisnost zapremine peciva sa margarinom MZ2 uslovljena je i količinom margarina i količinom emulgatora. Najintenzivnije promene pomenutog pokazatelja u funkciji povećanja količine margarina zapažaju se kod uzoraka sa 0,3% emulgatora. Vrednosti zapremine u pomenutim uzorcima razlikuju se za 20 do 40%. Kod uzoraka sa 1% margarina maksimalna zapremina dobija se kod peciva sa 0,3% emulgatora, a kod uzoraka sa 3 i 5% margarina za postizanje zapremine iznad $100,0 \text{ cm}^3$ neophodno je upotrebiti maksimalnu količinu emulgatora (prilog P5).

Zapremina većine uzoraka sa margarinom MZ1 je veća za 20 do 40% u odnosu na pecivo sa margarinom MZ2 ekvivalentnog sirovinskog sastava. Pretpostavlja se da niže vrednosti $\tan\delta$, odnosno veća stabilnost proteinskog matriksa kod testa sa dodatkom margarina MZ1, imaju značajan uticaj na dobijanje veće zapremine peciva. Peciva sa margarinom MZ1, kod kojih su vrednosti $\tan\delta$ niže za 15 do 20% u odnosu na uzorke sa margarinom MZ2 uglavnom imaju i veću zapreminu peciva.

Primenom regresione jednačine 3.6 definisan je uticaj nezavisno promenljivih (količina margarina i količina emulgatora) na promene zapremine. Regresioni koeficijenti i t-vrednosti koje ukazuju na njihovu statističku značajnost prikazani su u tabela 4.7. Poređenjem dobijenih t-vrednosti sa tabličnom vrednosti $t_{0,05;3} = 3,182$, uočava se da najznačajniji parametri u regresionoj jednačini za uzorke sa margarinom MZ1 i MZ2 b_0 i b_{12} , odnosno članovi koji ukazuju na linearnost funkcije i interakciju nezavisno promenljivih. Izvesne razlike uočene su u značajnosti parametra b_1 , koji se odnosi na uticaj nezavisno promenljive (količina margarina). Uticaj ovog parametra je dva puta više izražen kod primene margarina MZ2. Poželjnu statističku značajnost ima jedino parametar b_0 ($3,382 > 3,182$) i to u jednačini koja definiše zavisnost zapremine peciva sa margarinom MZ1 od nezavisno promenljivih x i y .

Vrednosti standarne greške regresije (jednačina 3.7) potvrđuju nešto bolje poklapanje eksperimentalnih i teorijskih vrednosti kod uzorka sa margarinom MZ1 ($\sigma = 9,122$) u odnosu na uzorke sa margarinom MZ2 ($\sigma = 12,943$). Rezultati analize varijanse ($F(\text{MZ1}) = 96,70$ i $F(\text{MZ2}) = 37,83$ veće od tablične vrednosti $F_{0,05;6;3} = 8,94$), uz rizik greške $\alpha = 0,05$ ($p < 0,05$), potvrđuju da primenjena regresiona jednačina u celini statistički značajno definiše zavisnost zapremine peciva od nezavisnih parametara.

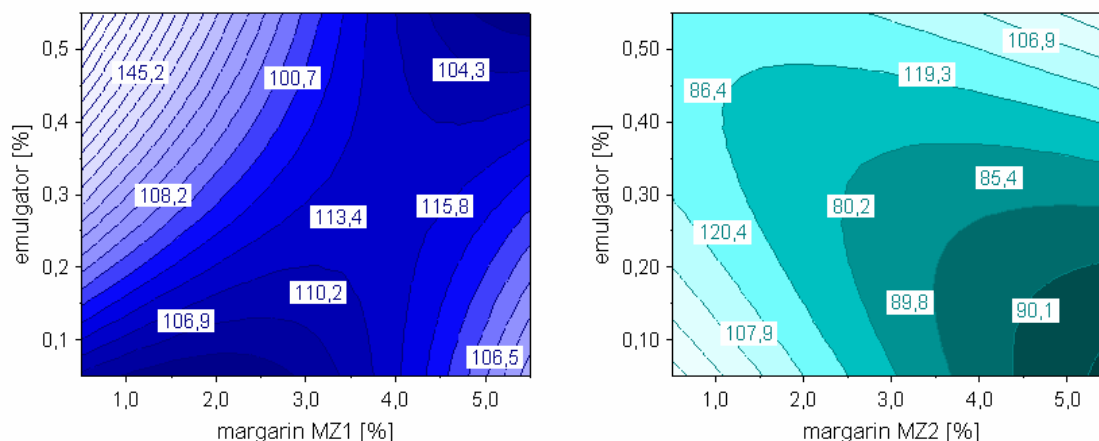
Tabela 4.7

Regresioni korefijecijenti i t - vrednosti za fizičke karakteristike peciva

Regresioni koeficijenti	z_1 – Zapremina		z_2 - Čvrstoća	
	vrednost b	t-vrednost df = 3	vrednost b	t-vrednost df = 3
margarin MZ1				
b_0	101,192	3,382	34,483	3,228
b_1	-4,789	-0,301	2,904	0,512
b_2	100,604	0,633	-21,625	-0,381
b_{11}	1,596	0,649	-0,962	-1,109
b_{12}	-25,312	-1,457	7,375	1,189
b_{22}	-4,167	-0,017	-55,000	-0,627
margarin MZ2				
b_0	134,284	3,167	43,328	2,351
b_1	-14,498	-0,643	2,252	0,230
b_2	-122,146	-0,542	-98,312	-1,004
b_{11}	0,771	0,221	-1,533	-1,013
b_{12}	23,937	0,972	18,937	1,769
b_{22}	118,333	0,339	35,417	0,234

Konturni dijagrami na slici 4.13 prikazuju zavisnost zapremine peciva od količine margarina MZ1, odnosno MZ2 i količine emulgatora. Pozitivan uticaj emulgatora je veoma izražen kod uzoraka sa minimalnom količinom margarina MZ1 ($\leq 1\%$). Dodatak margarina MZ1 iznad 2% utiče na blaži rast zapremine kod uzoraka kod kojih udeo emulgatora u testu ne prelazi 0,4%. Maksimalna zapremina peciva iznad 145 cm³ može se očekivati pri minimalnom dodatku margarina MZ1 i maksimalnom dodatku emulgatora. Zapaža se da je kod uzoraka sa minimalnom količinom emulgatora veza između zapremine peciva i količine margarina inverzna, dok je kod uzoraka sa 0,5% emulgatora prisutna direktna zavisnost zapremine od količine margarina.

Dijagram zavisnosti zapremine peciva sa margarinom MZ2 od nezavisnih parametara potvrđuje prisustvo dijametralno suprotnog trenda promene zavisno promenljive u odnosu na uzorke sa margarinom MZ1. Prethodne tvrdnje bazirane su na činjenici da se minimalne vrednosti zapremine očekuju kod uzorka sa 1% margarina MZ2 i 0,5% emulgatora, odnosno kod uzoraka sa 0,3% emulgatora i 3% i 5% margarina. Kod peciva sa margarinom MZ1, pri identičnim udelu dodataka, moguće je postići upravo suprotan efekat, odnosno obezbediti maksimalnu zapreminu (4.13).



Slika 4.13 Zapremina peciva u funkciji količine margarina i emulgatora

Opravdanost definisanja čvrstoće lisnatog peciva, kao indirektnog pokazatelja mekoće proizvoda, bazirana je na određenoj korelaciji pomenutog fizičkog parametra sa senzornim karakteristikama peciva. Peciva male čvrstoće imaju nežnu vazdušasto-pahuljastu strukturu, koja im pri konzumiranju obezbeđuje mekoću pri zagrizu i izuzetnu topivost (*Grujić i sar. 2008*).

Rezultati merenja čvrstoće peciva u funkciji količine dodatka (prilog P5) ukazuju da povećanje količine margarina MZ1 ima pozitivan efekat na čvrstoću peciva sa 0,1% emulgatora. Kod pomenutih uzoraka dodatak 3 i 5% margarina smanjuje čvrstoću za 15% u odnosu na pecivo sa 1% margarina. Najniže vrednosti ispitivanog parametra 12,2 odnosno 18,1 kgs, postižu se kod uzoraka sa maksimalnom količinom emulgatora i 1, odnosno 5% margarina.

Maksimalna čvrstoća peciva dobija se kod uzorka sa 1% margarina MZ2 i 0,1% emulgatora (prilog P5). Povećanje količine emulgatora kod uzoraka sa minimalnom količinom margarina ima pozitivan uticaj na ispitivani parametar, jer se čvrstoća peciva smanjuje 2 odnosno 3 puta. Kod uzoraka sa 3% margarina MZ2, značajno smanjenje čvrstoće peciva uočava se tek pri maksimalom udelu emulgatora. Vrednosti čvrstoće peciva sa 5% margarina ukazuju da je minimalnu čvrstoću moguće postići već pri dodatku 0,1% emulgatora. Na osnovu analiziranih rezultata, može se pretpostaviti da veći udeo margarina u testu značajno umanjuje uticaj emulgatora na čvrstoću peciva.

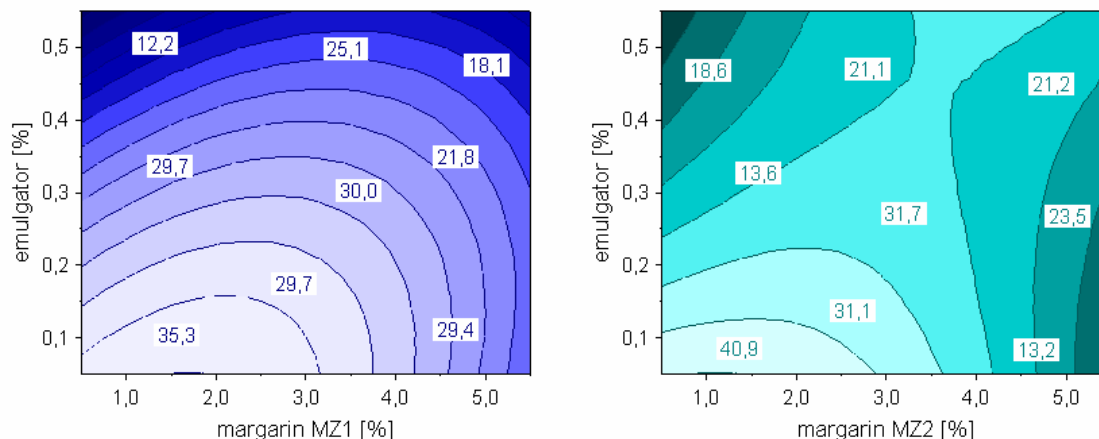
Funkcionalna zavisnost čvrstoće peciva od količine margarina i količine emulgatora je definisana primenom regresione jednačine 3.6. Na osnovu t-vrednosti koje su prikazane u tabeli 4.7, uočava se da su najznačajniji parametri regresione jednačine za čvrstoću peciva sa margarinom MLT1 parametri b_0 , b_{11} i b_{12} , dok se uticaj ostalih faktora s obzirom na znatno niže t-vrednosti može zanemariti. Dominantan i statistički značajan uticaj (izračunato $t = 3,228 > \text{tablično } t_{0,05;3} = 3,128$) na zavisno promenljivu ima regresioni koeficijent b_0 , koji ukazuje da bi vrednost čvrstoće peciva sa margarinom MZ1 bila 34,483 kgs, u slučaju hipotetičkog sirovinskog sastava testa – količina margarina 0% i količina emulgatora 0%. Budući da dodatak margarina MZ1 i emulgatora obezbeđuje znatno niže vrednosti čvrstoće, može se pretpostaviti da je u izradi osnovnog testa neophodna primena pomenutih sirovina. Kvadratni uticaj količine margarina i efekat interakcije nezavisnih parametara je značajan, ali tri puta manji u odnosu na koeficijent b_0 .

Sličan uticaj parametara regresione jednačine na zavisno promenljivu, uočen je i kod uzoraka sa margarinom MZ2 (tabela 4.7). Na čvrstoću peciva sa margarinom MZ2, izražen, ali ne i statistički značajan uticaj ima koeficijent (b_0). Znatno manji uticaj na zavisno promenljivu ima interakcija nazavisno promenljivih (b_{12}), kvadratna promena količine margarina (b_{11}) i linearna promena količine emulgatora (b_2).

Standardna greška regresije u seriji uzoraka sa margarinom MZ2 ($\sigma = 5,911$) je dva puta veća u odnosu na standardnu grešku regresije kod uzoraka sa margarinom MZ1 ($\sigma = 2,987$), ali ipak ukazuje na relativno dobro slaganje eksperimentalnih i očekivanih vrednosti. Vrednosti koeficijenta determinacije potvrđuju da su varijacije čvrstoće peciva sa margarinom MZ1 određene varijacijama nezavisnih parametara sa 82,1% ($r^2 = 0,821$), dok je pomenuta zavisnost kod primene margarina MZ2 manja i iznosi 66,9% ($r^2 = 0,669$).

Slika 4.14 prikazuje trodimenzionalnu zavisnost promene čvrstoće lisnatog peciva u funkciji količine margarina MZ1 i MZ2 i količine emulgatora. Evidentno je da dodatak ispod 2% i iznad 3,5% margarina MZ1, nezavisno od količine emulgatora, može imati pozitivan efekat na čvrstoću peciva.

Analizirajući vezu između čvrstoće peciva i količine emulgatora može se pretpostaviti da je kod uzoraka sa 0,1% emulgatora prisutan inverzni tip veze, dok se pri većem udelu emulgatora ne može govoriti o postojanju ni direktnog ni inverznog uticaja na zavisno promenljivu.



Slika 4.14 Čvrstoća peciva u funkciji količine margarina i emulgatora

Čvrstoća peciva ispod 20 kgs može se postići pri dodatku 1% margarina MZ2 i više od 0,3% emulgatora. Dodatak oko 3% margarina MZ2, nezavisno od količine emulgatora, može povećati čvrstoću lisnatog peciva za 10 do 30% (slika 4.14).

Statistička analiza fizičkih parametara kvaliteta potvrđuje da vrsta margarina, odnosno kompozicija masne faze, bitno menja njihov uticaj na kvalitet peciva. Pretpostavlja se takođe da su razlike u vrednostima ispitivanih parametara posledica određenih specifičnosti u interakciji margarina sa emulgatorom.

U skladu sa dobijenim rezultatima ispitivanja fizičkih osobina testa metodom po Kieffer-u i fizičkih pokazatelja kvaliteta proizvoda, optimalnu obradivost osnovnog testa kao i zadovoljavajuće fizičke osobine peciva obezbeđuje dodatak 1% margarina i 0,3 ili 0,5% emulgatora.

4.1.3.2 Senzorni kvalitet peciva

Uticaj sirovinskog sastava testa na senzorni kvalitet peciva definisan je u skladu sa planom eksperimenta primenom metode bodovanja i QDA metodom. Rezultati senzorne ocene metodom bodovanja (tabela 4.8) ukazuju da povećanje količine margarina MZ1 sa 1 na 3% ne utiče na kategoriju kvaliteta peciva sa 0,1% emulgatora. Razlike u ocenama pojedinih parametara kvaliteta uočavaju se kod uzoraka sa 0,3 i 0,5% emulgatora.

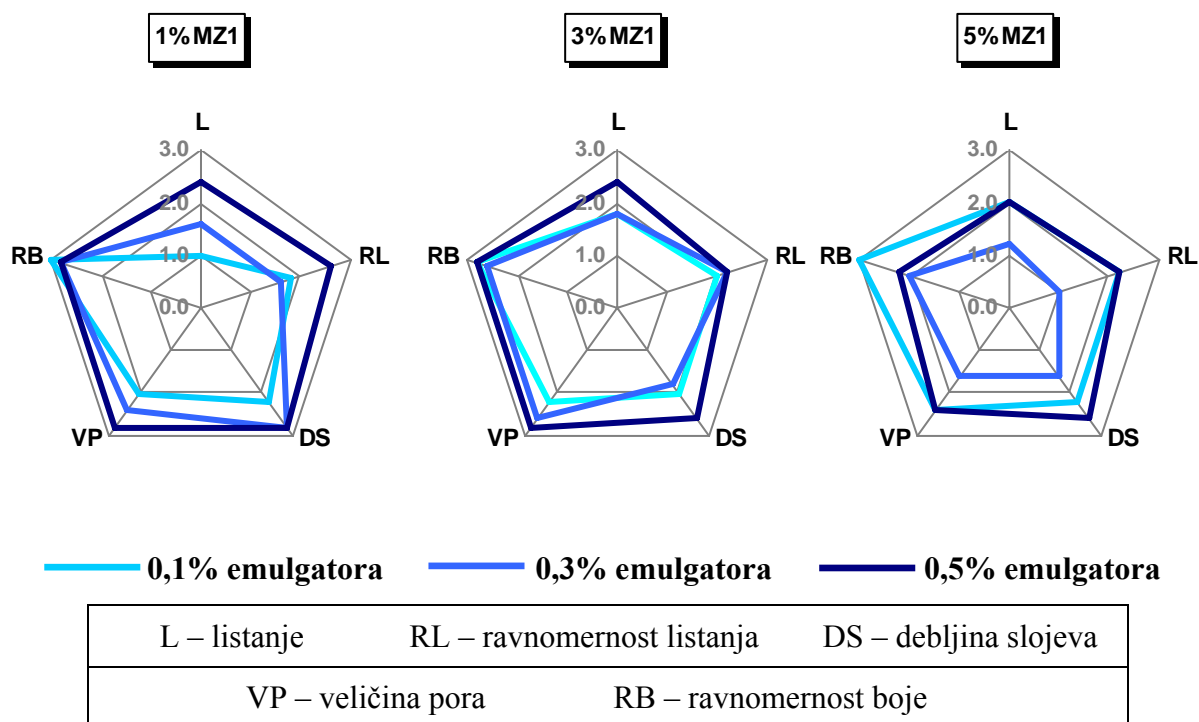
Tabela 4.8*Uticao margarina MZ1 i emulgatora na senzorni kvalitet peciva*

Nezavisno promenljive	Spoljni izgled	Struktura	Miris	Ukus	Zbir bodova-Kategorija kvaliteta
1% margarina MZ1					
0,1% emulgatora	4,5	4,2	4,0	3,0	15,7 - vrlo dobar
0,3% emulgatora	4,8	4,0	4,0	4,4	17,2 - vrlo dobar
0,5% emulgatora	4,8	5,0	4,0	5,0	18,2 - odličan
3% margarina MZ1					
0,1% emulgatora	4,3	4,4	3,8	3,2	15,7 - vrlo dobar
0,3% emulgatora	4,7	4,6	4,0	3,6	16,3 - vrlo dobar
0,5% emulgatora	3,8	4,8	4,0	3,4	16,0 - vrlo dobar
5% margarina MZ1					
0,1% emulgatora	4,4	4,4	4,0	3,4	16,2 - vrlo dobar
0,3% emulgatora	4,0	3,0	3,7	3,8	13,9 - dobar
0,5% emulgatora	4,5	4,6	3,6	4,5	17,2 - vrlo dobar

Dodatak 3% margarina MZ1 negativno utiče na spoljni izgled peciva i utiče na formiranje testastog ukusa. Kod uzorka sa 3% margarina i 0,5% emulgatora značajno je pogoršana topivost, što je verovatno posledica dvostruko veće čvrstoće peciva u odnosu na uzorak sa 1% margarina i 0,5% emulgatora. Poboljšanje kvaliteta peciva u funkciji količine emulgatora evidentno je kod uzoraka sa 1% margarina. Najznačajnije pozitivne promene u kvalitetu pomenutih uzoraka zapažaju se u listanju i debljini slojeva, što s obzirom na značaj strukture u metodi bodovanja (najveći faktor važnosti) obezbeđuje postizanje odličnog kvaliteta peciva. Varijacije u količini margarina i količini emulgatora ne utiču značajno na miris proizvoda (tabela 4.8), što je i očekivano s obzirom na mali procentualni udeo pomenutih sirovina u osnovnom testu.

Uprkos relativno velikoj zapremini ($115,8 \text{ cm}^3$) i vrlo dobrom narastanju (5,28) pecivo sa 5% margarina MZ1 i 0,3% emulgatora nema zadovoljavajući kvalitet. Neujednačena boja gornje i donje površine, malo izmenjen oblik, nepravilno razvijena struktura sa velikim rastojanjem između slojeva velike debljine, slabo izražen i testast ukus rezultirali su najmanjim zbirom ponderisanih bodova, odnosno najnižom kategorijom kvaliteta u okviru serije uzoraka sa margarinom MZ1.

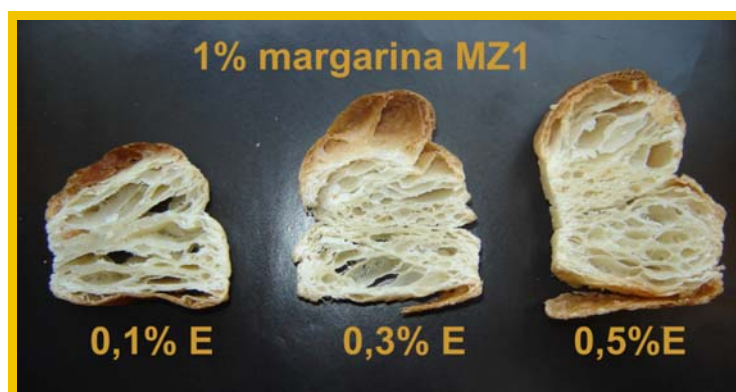
Numeričke vrednosti ocenjivanja kvaliteta po QDA metodi date su u prilogima P6 i P7, a karakteristični dijagrami na slikama 4.15 i 4.17.



Slika 4.15 Kvalitet sredine peciva sa margarinom MZ1

Rezultati potvrđuju pozitivan efekat dodatka maksimalne količine emulgatora na slojevitost, ravnornost listanja, debljinu slojeva i veličinu pora (slika 4.15). Povećanje udela margarina sa 1 na 3%, kod uzoraka sa 0,1 i 0,3% emulgatora, poboljšava listanje, ravnornost listanja, smanjuje debljinu slojeva i veličinu pora. Dodatak 5% margarina ima pozitivan efekat na analizirane parametre kvaliteta sredine, jedino kod uzorka sa 0,1% emulgatora. Kod uzoraka sa maksimalnom količinom margarina i 0,3 i 0,5% emulgatora uočava se da su ocene pojedinačnih parametara kvaliteta manje za 10 do 35% u odnosu na uzorke sa 1 i 3% margarina MZ1 (prilog P6).

Pecivo sa 1% margarina MZ1 i 0,5% emulgatora ima najbolji kvalitet sredine peciva – vrlo dobru i ravnornu slojevitost, minimalnu debljinu slojeva, krupne pore i ujednačenu boju sredine (slika 4.16). Dobijeni rezultati su usaglašeni sa merenjima reoloških osobina testa i fizičkih osobina peciva. Pomenuti uzorak ima povoljan odnos otpora i rastegljivosti, maksimalan otpor i rastegljivost po Kieffer-u, tanđ 0,8, maksimalnu zapreminu 145,2 cm³ i maksimalno narastanje 5,99. Na odličan kvalitet peciva u celinu značajno su uticali i rezultati merenja čvrstoće peciva. Minimalna čvrstoća obezbedila je odličnu topivost i lak zagriz pri konzumiranju, a time i maksimalan zbir bodova za postignuti kvalitet peciva.



Slika 4.16 Uticaj količine emulgatora na kvalitet sredine peciva

Rezultati senzorne ocene peciva sa margarinom MZ2 (tabela 4.9) potvrđuju da je kod većine uzoraka ili postignut identičan vrlo dobar kvalitet ili je došlo do poboljšanja kvaliteta peciva u odnosu na uzorke sa margarinom MZ1, što je i očekivano s obzirom na bolju usklađenost konzistencije testa sa konzistencijom margarina za laminiranje. Izvesno pogoršanje kvaliteta peciva, odnosno smanjenja zbira bodova za 10 do 15%, uočava se kod uzorka sa 3% margarina i 0,3% emulgatora. Pad kvaliteta je naročito izražen u strukturi peciva (neujednačena slojevitost), ukusu (testast i lepi se za nepce), a delimično i u spoljnim karakteristikama proizvoda (boja peciva odstupa od svojstvene, delimično izmenjen oblik).

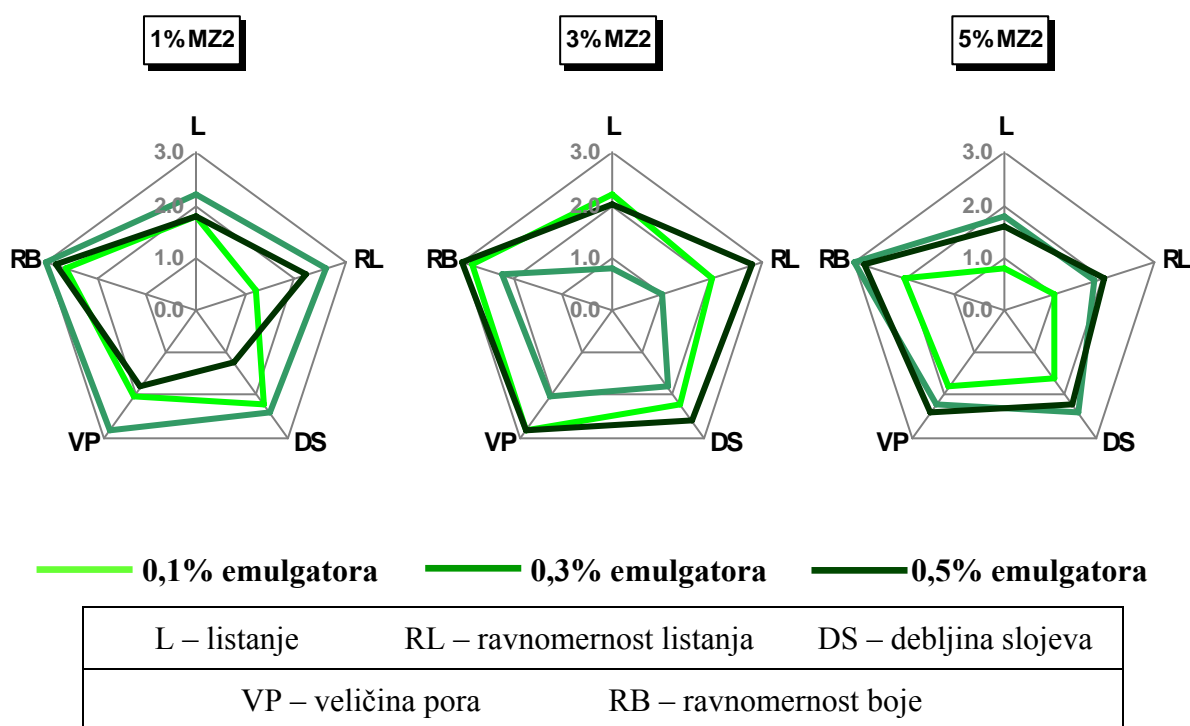
Tabela 4.9

Uticaj margarina MZ2 i emulgatora na senzorni kvalitet peciva

Nezavisno promenljive	Spoljni izgled	Struktura	Miris	Ukus	Zbir bodova- Kategorija kvaliteta
1% margarina MZ2					
0,1% emulgatora	4,3	4,4	4,0	3,0	15,7 - vrlo dobar
0,3% emulgatora	4,5	5,3	4,0	5,0	18,8 - odličan
0,5% emulgatora	4,1	3,8	4,0	4,6	16,5 - vrlo dobar
3% margarina MZ2					
0,1% emulgatora	4,1	4,8	4,0	2,5	15,4 - vrlo dobar
0,3% emulgatora	4,3	3,0	3,6	2,5	13,4 - prihvatljiv
0,5% emulgatora	4,5	5,2	4,0	4,5	18,2 - odličan
5% margarina MZ2					
0,1% emulgatora	3,8	3,2	3,8	4,5	15,3 - vrlo dobar
0,3% emulgatora	4,7	4,4	3,6	3,5	16,2 - vrlo dobar
0,5% emulgatora	3,8	4,4	3,5	4,3	16,0 - vrlo dobar

Grafički prikaz rezultata ocene strukture lisnatog peciva sa margarinom MZ2 ukazuje da se odlično i ravnomerno listanje, mala debljina slojeva i ravnomerna boja sredine dobija dodatkom 1% margarina i 0,3% emulgatora, odnosno 3% margarina i 0,5% emulgatora (slika 4.17). U skladu sa rezultatima senzorne ocene metodom bodovanja, najniže ocene kvalitativnih parametara sredine peciva ima uzorak sa 3% margarina i 0,3% emulgatora (prilog P7).

Slojevitost peciva sa 5% margarina MZ2 je manje izražena i delimično ravnomerna, debljina slojeva mala, a boja sredine ravnomerna (slika 4.17). QDA metoda potvrđuje da je kod uzoraka sa 1 i 5% margarina MZ2, optimalan dodatak 0,3% emulgatora, dok se kod uzoraka sa 3% margarina MZ2 znatno bolji kvalitet sredine dobija dodatkom 0,1 ili 0,5% emulgatora (slika 4.17).



Slika 4.17 Kvalitet sredine peciva sa margarinom MZ2

Odličan senzorni kvalitet peciva – oblik delimično simetričan i pravilan, struktura ravnomerno slojevita, svojstven i zaokružen miris i ukus dobija se kod uzorka sa 1% margarina MZ2 i 0,3% emulgatora, kao i kod uzorka sa 3% margarina MZ2 i 0,5 % emulgatora (tabela 4.9).

Najbolji kvalitet peciva, maksimalna zapremina (oko 120 cm³) i zadovoljavajuće narastanje oko 5,0 postignuti su zahvaljujući dobrim reološkim osobinama testa koje obezbeđuje odnosni broj ekstenzografakog otpora i rastegljivosti 1,6 (*Kaluđerski i sar. 1986*) i tanđ ispod 1,0.

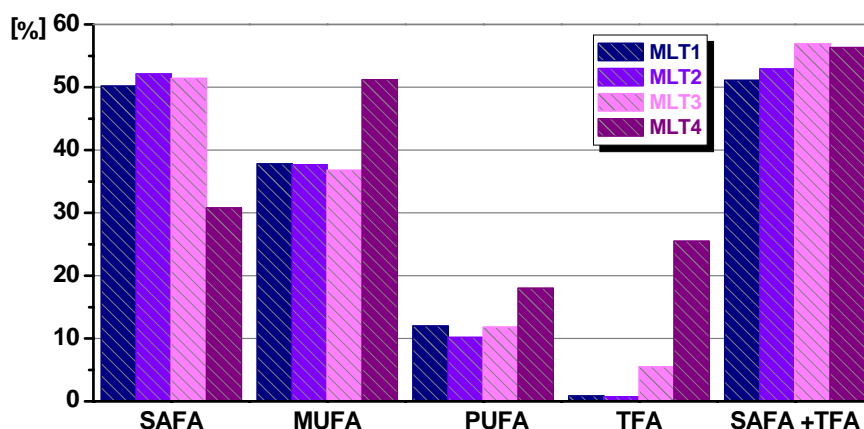
Optimizacijom sirovinskog sastava osnovnog testa za izradu lisnatog peciva, utvrđeno je da se sa aspekta postizanja optimalnih fizičkih osobina testa, ali i odličnog kvaliteta peciva najbolji rezultati mogu dobiti dodatkom 1% margarina MZ2 i 0,3% emulgatora.

4.2 KARAKTERISTIKE MARGARINA ZA LAMINIRANJE

4.2.1 SASTAV MASNIH KISELINA

Analizom sastava masne faze margarina nisu utvrđene značajne razlike u sadržaju zasićenih (SAFA), mononezasićenih (MUFA) i polinezasićenih (PUFA) masnih kiselina kod uzoraka MLT1, MLT2 i MLT3 (slika 4.18). Sadržaj SAFA kod pomenutih uzoraka iznosi $51 \pm 1\%$, dok se kod margarina MLT4 uočava znatno niža vrednost 30,6%. Kod svih uzoraka margarina prisutan je neznatan udeo aterogenih masnih kiselina laurinske (C12:0) i miristinske (C14:0) (prilog P8). Povećan sadržaj palmitinske (C16:0) kiseline, koja ima veoma izražen uticaj na hiperholesterolemiju, registruje se kod uzoraka MLT1, MLT2 i MLT3 (43,6-45,2%), dok je kod uzorka MLT4 udeo palmitinske kiseline znatno niži (13,7%). Margarin MLT4, međutim, ima oko tri puta veći sadržaj stearinske kiseline (C18:0), u odnosu na uzorke margarina MLT1, MLT2 i MLT3.

Pomenuti rezultati su očekivani s obzirom da zadovoljavajuću konzistenciju namenskih margarina obezbeđuju ili TFA ili zasićene masne kiseline (*Karlović 1983; Nielsen 2006*). Margarini MLT1, MLT2 i MLT3 su verovatno dobijeni na bazi palminog ulja, pa je visok sadržaj palmitinske kiseline, uprkos niskom sadržaju TFA, obezbedio određenu tvrdoću margarina, dok su kod uzorka MLT4 presudnu ulogu u postizanju optimalne konzistencije imale TFA i stearinska kiselina. Maksimalan sadržaj mononezasićenih 52,8% i polinezasićenih masnih kiselina 16,3%, kao i esencijalne oleinske kiseline (C18:1) 16,2%, takođe je registrovan kod margarina MLT4 (prilog P8).



Slika 4.18 Sadržaj pojedinih tipova masnih kiselina u ispitivanim uzorcima margarina

Margarini MLT1 i MLT2 imaju praktično zanemarljiv sadržaj za zdravlje štetnih *trans* masnih kiselina (TFA ispod 1%), dok je kod uzorka MLT3 utvrđen udeo TFA od 5,4%, a kod margarina MLT4 izuzetno visok sadržaj *trans* masnih kiselina od 23,8%. Budući da i određene zasićene masne kiseline (laurinska C12:0, miristinska C14:0 i palmitinska C16:0) imaju negativan efekat na nivo holesterola u krvi, važno je istaći da je kod uzorka MLT4 registrovan najmanji ukupni sadržaj pomenutih kiselina (14,8%). Kod margarina MLT1, MLT2 i MLT3 je, s obzirom na već pomenuti visok sadržaj palmitinske kiseline, zbir sadržaja laurinske, miristinske i palmitinske kiseline u granicama od 45,2 do 47,2%. Na osnovu udela palmitinske kiseline i *trans* masnih kiselina može se pretpostaviti da je margarin MLT4 dobijen klasičnim postupkom hidrogenacije, a ostali ispitivani uzorci interesterifikacijom ili modifikovanom hidrogenacijom palminog ulja (Miljanić i sar. 2002; Tarrago-Trani i sar. 2006).

Sa nutritivnog aspekta je takođe važan i odnos *cis*PUFA/SAFA, koji je kod margarina MLT1, ML2 i MLT3 nepovoljan, jer je značajno ispod (0,20) preporučene optimalne vrednosti od 0,50 (World Health Organization 2003). Kod margarina MLT4 pomenuti odnos je 0,53. odnosno na nivou preporuka Svetske zdravstvene organizacije. Dobijeni rezultati ukazuju da se samo na osnovu udela TFA ne može sa sigurnošću govoriti da aplikacija margarina niskog sadržaja TFA doprinosi poboljšanju nutritivne vrednosti proizvoda, što je u skladu sa brojnim istraživanjima koja potenciraju aterogeni efekat pojedinih zasićenih masnih kiselina (Keyes i sar. 1965; Hegsted i sar. 1993; Yu i sar. 1995; Clarke i sar. 1997; Howell i sar. 1997).

Na bazi regresionog modela, kojim su Müller i saradnici (2001) matematički definisali uticaj pojedinih zasićenih (C12:0 C14:0, C16:0), nezasićenih (C18:1, C18:2, C18:3) kao i *trans* masnih kiselina iz parcijalno hidrogenovanih ulja (*TRANS V* iz biljnih ulja i *TRANS F* iz ribljeg ulja) na nivo ukupnog holesterola - Total cholesterol (jednačina 4.1) i LDL holesterola - LDL cholesterol (4.2), izračunat je potencijalni efekat uzoraka margarina MLT1, MLT2, MLT3 i MLT4 na rizik fakore kardiovaskularnih obolenja (tabela 4.10).

$$\Delta \text{Ukupan holesterol} = 0,01 \Delta(12:0) + 0,12 \Delta(14:0) + 0,057 \Delta(16:0) + 0,039 \Delta(\text{TRANS F}) + \\ + 0,031 \Delta(\text{TRANS V}) - 0,0044 \Delta(18:1) - 0,017 \Delta(18:2,18:3) \quad (4.1)$$

$$\Delta \text{LDL holesterol} = 0,01 \Delta(12:0) + 0,071 \Delta(14:0) + 0,047 \Delta(16:0) + 0,043 \Delta(\text{TRANS F}) + \\ + 0,0251 \Delta(\text{TRANS V}) - 0,0044 \Delta(18:1) - 0,017 \Delta(18:2,18:3) \quad (4.2)$$

U regresionim jednačinama 4.1 i 4.2 promene u unosu masnih kiselina izražene su u procentima energije (%E), a promena ukupnog i LDL holesterola u mmol/l.

Dobijeni rezultati ukazuju da sastav masne faze margarina značajno utiče na promene ukupnog i LDL holesterola u krvi. Margarin MLT4 i pored maksimalnog sadržaja *trans* masnih kiselina, zbog oko tri puta manjeg udela visoko aterogene palmitinske kiseline, po Müller-u i saradnicima ima za oko 50% manji uticaj na promenu nivoa holesterola u krvi u odnosu na margarine MLT1, MLT2 i MLT3.

Tabela 4.10

Uticaj sastava masne faze margarina na ukupan i LDL holesterol

Parametri	MLT1	MLT2	MLT3	MLT4
Δ Ukupan holesterol (mmol/l)	0,86	0,90	0,93	0,45
Δ LDL holesterol (mmol/l)	0,68	0,71	0,73	0,34

Činjenica da je uprkos razlikama u sadržaju pojedinih masnih kiselina, kod svih uzoraka margarina zbir SAFA + TFA relativno ujednačen, odnosno kod uzoraka MLT1 i MLT2 iznosi oko 52%, a kod uzoraka MLT3 i MLT4 54,5%, odnosno 56,4%, ukazuje da se u tehnološkom procesu proizvodnje namenskih margarina pri smanjenju TFA ne može izbeći povećanje SAFA. Zamena *trans* masnih kiselina određenim zasićenim kiselinama (laurinska, palmitinska i starinska) neophodna je u cilju zadržavanja optimalne konzistencije margarina (Nielsen 2006). Rezultati analize sastava masnih kiselina koji potvrđuju da je kod uzoraka sa smanjenim TFA („low“ *trans*), povećanje ukupnog sadržaja zasićenih kiselina posledica

upravo visokog sadržaja aterogene palmitinske kiseline, delimično umanjuju nutritivnu vrednost „low“ *trans* margarina.

Na bazi prethodno iznetih rezultata može se pretpostaviti da je određivanje sastava masne faze bitno sa aspekta definisanja njegovog uticaja na određene fizičke karakteristike margarina. Eventualno poboljšanje nutritivne vrednosti lisnatog peciva moguće je postići isključivo određivanjem minimalne količine margarina za laminiranje, koja će istovremeno obezbediti i zadovoljavajući kvalitet gotovog proizvoda.

4.2.2 TOPLOTNE KARAKTERISTIKE

Toplotne karakteristike margarina - temperatura (T_t) i promena entalpije topljenja (ΔH_t) prikazane su u tabeli 4.11. Rezultati ukazuju da uzorci margarina MLT1 i MLT2 imaju relativno visoku tačku topljenja oko 50°C, dok su tačke topljenja uzoraka MLT3 i MLT4 na nivou vrednosti većine namenskih margarina (*McGill 1981*). Visoke tačke topljenja margarina MLT1 i MLT2 delimično su posledica njihovog masnokiselinskog sastava, odnosno visokog udela zasićenih masnih kiselina dugog ugljovodoničnog lanca (*Ghotra i sar. 2002*), a delimično sastava triglicerida. Po Busfield-u i Proschago-u (*1990*) dominantno prisustvo triglicerida visoke tačke topljenja: tristearat (SSS), 2-oleodistearin (SOS), 2-oleo palmitostearin (POS), 2-palmitopalmitostearin i PPS i 2-oleodistearin (SOS) može uticati na povećanje tačke topljenja margarina.

Promena entalpije topljenja margarina MLT4 je 3, odnosno 3,5 puta veća u odnosu na uzorke MLT1 i MLT3. Minimalna entalpija topljenja registrovana je kod margarina MLT2, što ukazuju da su kod margarina MLT2 najslabije, a kod margarina MLT4 najjače primarne i sekundarne veze u trodimenzionalnoj mreži čvrstih kristala masti (*de Man i sar. 1991; Laia i sar. 2000*). Razlike u jačini veza verovatno su posledica različite strukture margarina, odnosno polimorfnog oblika koji dominantno nastaje tokom kristalizacije masne faze margarina. Kristali masti u β polimorfnom obliku formiraju krupne igličaste aglomerate sa jakim kristalnom rešetkom, dok su β' kristali sitni, uklapaju veliku količinu tečnih triglicerida i grade rešetku sa slabim primarnim i sekundarnim vezama (*Laia i sar. 2000; Ghotra i sar. 2002*).

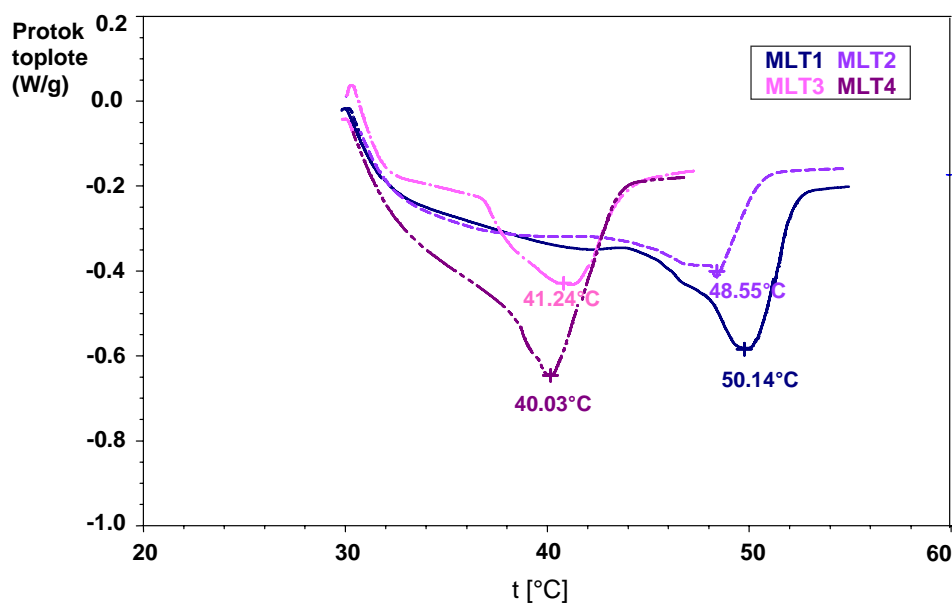
Dobijeni rezultati potvrđuju dosadašnje pretpostavke da je margarin MLT4 dobijen klasičnim postupkom hidrogenacije biljnih ulja koja kristališu u β polimorfnom obliku, dok su uzorci MLT1, MLT2 i MLT3 verovatno dobijeni postupcima interesterifikacije palminog ulja za koje je karakterističan β' polimorfni kristalni oblik (Ghotra i sar. 2002).

Tabela 4.11

Temperature topljenja (T_t) i promene entalpije topljenja (ΔH_t) uzoraka margarina

Uzorak	T_t (°C)	ΔH_t (J/g)
margarin MLT1	50,14	15,02
margarin MLT2	48,55	7,03
margarin MLT3	41,24	12,27
margarin MLT4	40,03	45,46

Karakteristične DSC krive zavisnosti protoka toplote od temperature (slika 4.19) ukazuju da se uzorci MLT1 i MLT2 tope u širokom temperaturnom intervalu, te se pretpostavlja da pomenuti margarina sadrže više kristalnih komponenti, odnosno da imaju veoma dobre plastične osobine, koje su manje podložne promenama u funkciji temperature.



Slika 4.19 Zavisnost protoka toplote od temperature

Prisustvo manjih prevojnih tačaka, pored karakterističnog pika topljenja na DSC krivama margarina MLT1 i MLT2, može biti posledica dvostepene kristalizacije, odnosno kristalizacije masti u dva polimorfna oblika, od kojih je verovatno dominantan β' polimorfni oblik. U mastima je uvek prisutno više kristalnih oblika, ali se u tehnologiji namenskih margarina za lisnata testa, izborom sirovina i postupcima prerade obezbeđuju uslovi da kristalizacija masti odvija pretežno u β' obliku koji obezbeđuje najbolje plastične osobine (Ghotra i sar. 2002).

Tokom hlađenja otopljenih uzoraka margarina nisu registrovani fazni prelazi, odnosno nije došlo do uspostavljanja kristalne strukture u primenjenom temperaturnom intervalu od 55 do 25°C. Na osnovu literaturnih podataka, kod margarina na bazi palminog ulja, fazni prelazi se uočavaju na temperaturama ispod 20°C (Lőrinczy i sar. 2007), što učvršćuje dosadašnje pretpostavke da su uzorci sa nižim sadržajem TFA dobijeni na bazi palminog ulja.

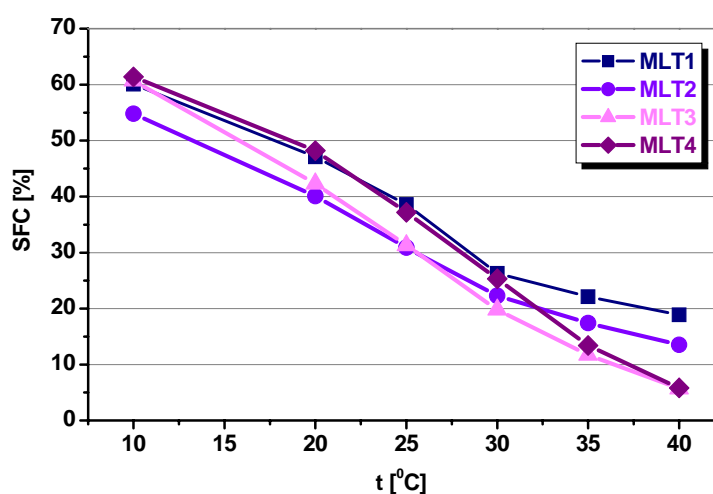
4.2.3 SADRŽAJ ČVRSTIH TRIGLICERIDA

Plastična svojstva margarina definisana su određivanjem sadržaja čvrstih triglicerida (Solid fat content, SFC), odnosno praćenjem stabilnosti odnosa čvrste i tečne faze u širem temperaturnom intervalu (od 10 do 40°C). Rezultati merenja prikazani su na slici 4.20 i u prilogu P9. Najveći sadržaj čvrstih triglicerida na temperaturama 10, 20, 25 i 30°C imaju uzorci MLT1 i MLT4, pri čemu je SFC margarina MLT1 na 10°C statistički značajno veći u odnosu na margarin MLT4 ($p < 0,05$), dok na temperaturama 20, 25 i 30°C na pragu značajnosti od 95% nisu utvrđene statistički značajne razlike ($p > 0,05$). Prosečan sadržaj čvrstih triglicerida kod pomenutih uzoraka je statistički značajno različit ($p < 0,05$) na temperaturama 35 i 40°C, što se moglo i pretpostaviti s obzirom da su vrednosti SFC margarina MLT1 veće 1,6, odnosno 2,3 puta u odnosu na margarin MLT4.

Margarin MLT2, uprkos nešto nižim vrednostima SFC u temperaturnom intervalu od 10 do 30°C, na temperaturama 35 i 40°C ima za oko 5% veći sadržaj čvrstih triglicerida u odnosu na uzorke MLT3 i MLT4 kod kojih je registrovan SFC ispod 14%, odnosno 6%. Opadajući trend promene SFC u funkciji temperature je najizraženiji kod uzoraka MLT3 i MLT4. U temperaturnom intervalu od 30 do 40°C smanjenje SFC kod margarina MLT3 iznosi 40, odnosno 50%, a kod margarina MLT4 50 do čak 60%.

Promene odnosa čvrste i tečne faze u pomenutom temperaturnom intervalu kod uzoraka MLT1 i MLT2 su na nivou 15%, odnosno 20%, što u celini njihove krive zavisnosti SFC od temperature čini najstabilnijim (slika 4.20).

Svi ispitivani uzorci margarina na temperaturama 10, 20 i 25°C imaju veći sadržaj čvrstih triglicerida od vrednosti koje definišu područje plastičnosti, jer prema Stauffer-u (1996) u temperaturnom intervalu između 10 i 30°C sadržaj čvrste faze treba da iznosi od 10 do 25%.



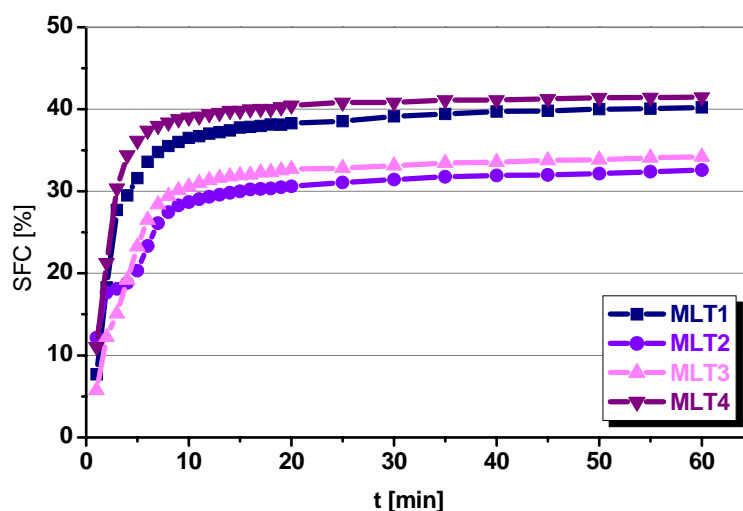
Slika 4.20 Promena sadržaja čvrstih triglicerida (SFC) u funkciji temperature

Visok sadržaj čvrstih triglicerida na nižim temperaturama, može imati negativne posledice na tvrdoću margarina i time stvoriti određene teškoće u pripremi testa. Na 30°C sadržaj čvrstih triglicerida u intervalu plastičnosti imaju uzorci margarina MLT2, MLT3 i MLT4, a na 35 i 40°C margarini MLT1 i MLT2. S obzorom da je kod svih uzoraka margarina visok sadržaj SFC u temperaturnom intervalu od 20 do 30°C, pretpostavlja se da temperatura osnovnog testa nakon zamesa iznad 20°C i temperatura radne prostorije iznad 25°C, neće izazvati teškoće prilikom unošenja margarina u testo i tokom faza laminiranja.

Margarini MLT1 i MLT2 zbog posedovanja određenih plastičnih svojstava, ali i stabilnijeg odnosa čvrste i tečne faze u intervalu od 25 do 40°C, pri izvesnim temperaturnim oscilacijama neće značajno menjati svoju konzistenciju, pa se očekuje da će obezbediti i bolji kvalitet lisnatog peciva u odnosu na pecivo sa margarinom MLT3 ili MLT4.

4.2.4 KINETIKA KRISTALIZACIJE

Promene sadržaja čvrstih triglicerida na konstantnoj temperaturi kristalizacije (20°C) margarina u vremenskom intervalu od 60 minuta prikazane su na slici 4.21, a odgovarajuće numeričke vrednosti u prilogu P10. Jasno se zapaža da se prilikom kristalizacije margarina MLT4 formira najveća količina čvrste faze (slika 4.21), što je u skladu sa dobijenim visokim sadržajem čvrstih triglicerida od 48,2% na 20°C. Visok SFC verovatno obezbeđuje lako formiranje kristalizacionih jezgara i time ubrzava kristalizaciju margarina.



Slika 4.21 Promena sadržaja čvrstih triglicerida tokom vremena

Literaturni podaci potvrđuju da se kinetika kristalizacije može opisati primenom standardnih matematičkih modela Avram-a ili Gompertz-a (Foubert i sar. 2002; Foubert i sar. 2003; Foubert i sar. 2006; Pajin i sar. 2007). Nelinearnom regresijom eksperimentalnih podataka dobijenih tokom praćenja promene SFC u funkciji vremena, modifikovanim Gompertz-ovim modelom (jednačina 3.8) definisana je zavisnost sadržaja čvrste faze od vremena kristalizacije na konstantnoj temperaturi.

Relevantni parametri Gompertz-ovog modela i koeficijent determinacije (r^2) određeni su na pragu značajnosti od 95% i prikazani u tabeli 4.12. Vrednosti parametra a , koji ukazuje na sadržaj čvrstih triglicerida kada $t \rightarrow \infty$, prezentovane u tabeli 4.12, ukazuju da se prilikom kristalizacije margarina MLT4 formira za 2% veća količina čvrste faze u odnosu na MLT1,

7% u odnosu na MLT3 i 9% u odnosu na MLT2. Maksimalna brzina kristalizacije (μ) pomenutog uzorka je oko 1,3 puta veća u odnosu na uzorak MLT1, 2,2 puta u odnosu na MLT3 i 3,2 puta u odnosu na margarin MLT2.

Tabela 4.12

Parametri Gompertz-ovog matematičkog modela

Uzorak	Maksimalna količina čvrste faze a (%)	Brzina kristalizacije μ (%/min)	Indukciono vreme λ (min)	Koeficijent determinacije r^2
Eksperimentalne vrednosti				
MLT1	38,30 ± 0,31	7,38 ± 0,69	-0,38 ± 0,26	0,96
MLT2	31,53 ± 0,23	2,62 ± 0,16	-4,14 ± 0,49	0,97
MLT3	32,92 ± 0,18	4,51 ± 0,19	-0,44 ± 0,17	0,99
MLT4	40,18 ± 0,19	10,10 ± 0,60	-0,15 ± 0,14	0,98
Teorijske vrednosti				
MLT1	38,10 ± 0,30	8,59 ± 0,40	0	0,96
MLT2	30,46 ± 0,50	5,69 ± 0,48	0	0,80
MLT3	32,69 ± 0,19	5,07 ± 0,11	0	0,99
MLT4	40,11 ± 0,20	10,63 ± 0,28	0	0,98

Kod većine uzoraka evidentno je odlično slaganje eksperimentalnih i teorijskih podataka, osim kod uzoraka MLT2 gde je registrovano odstupanje oko 1%, što može biti posledica kristalizacija masti u dva polimorfna oblika. Iako su i rezultati merenja toplotnih karakteristika margarina ukazali da postoji izvesna verovatnoća da je kod uzorka MLT2 kristalizacija dvostepena, zbog malog odstupanja u sadržaju čvrstih triglicerida (vrednost a) kod svih ispitivanih uzoraka primenjen je identičan matematički model i time izbegnuto korišćenje znatno komplikovanih jednačina za opisivanje kinetike dvostepene kristalizacije koje predlažu Foubert i sar. (2006). Relativno visoka vrednost koeficijenta determinacije od 0,80 kod uzorka MLT2 potvrđuje da postoji sasvim zadovoljavajuća usaglašenost eksperimentalnih i teorijskih vrednosti i da primenjeni matematički model može biti osnova za opisivanje njegove kinetike kristalizacije.

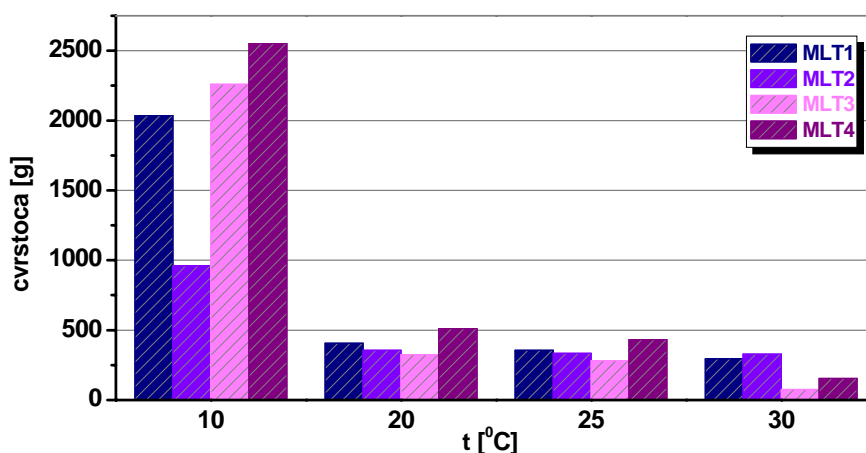
Vrednosti parametra λ , koji ukazuje na značaj indukcionog vremena na kinetiku kristalizacije, su 0 ili manje od 0, što prema literaturnim podacima znači da je uticaj indukcionog perioda praktično zanemarljiv (Foubert i sar. 2006; Pajin i sar. 2007), odnosno da se centri kristalizacije kod svih ispitivanih uzoraka margarina vrlo brzo formiraju.

Visoke vrednosti koeficijenta determinacije (r^2) iznad 0,96 kod svih uzoraka potvrđuju da je primena Gompertz-ovog matematičkog modela za opisivanje eksperimentalnih podataka teorijskom krivom adekvatna (tabela 4.12).

4.2.5 FIZIČKE KARAKTERISTIKE

Fizičke karakteristike margarina određene su definisanjem tvrdoće, rada penetracije i adhezivne sposobnosti na temperaturama 10, 20, 25 i 30°C. Pretpostavlja se da su razlike u tvrdoći margarina posledica potvrđenih razlika u sadržaju čvrstih triglicerida, budući da konzistenciju, odnosno svojstvo tela da se odupre deformaciji, određuje upravo sadržaj i sastav čvrste frakcije masti (Stauffer 1996).

Tvrdoća margarina je kod većine ispitivanih uzoraka na temperaturi čuvanja (10°C) iznad 2000 g, osim kod uzorka MLT2 kod koga se, u skladu da nižim sadržajem SFC, zapaža 2 do 2,5 puta niža vrednost pomentog parametra (prilog P9). Najveći pad vrednosti tvrdoće zabeležen je kod uzorka temperature 20°C, jer su dobijene vrednosti smanjene 2,5 puta kod margarina MLT2, 4 puta kod MLT4, 5 puta kod MLT1 i čak 7 puta kod margarina MLT3 u odnosu na izmerenu tvrdoću na 10°C (slika 4.22).



Slika 4.22 Uticaj temperature na tvrdoću margarina

Razlike u tvrdoći pojedinih uzoraka margarina su i najizraženije na temperaturi 20°C, što je veoma važno sa aspekta izbora margarina za izradu lisnatog testa, budući da se je pomenuta temperatura optimalna za stabilnost slojeva testo/margarin koji se formiraju tokom postupaka laminiranja i savijanja testa (McGill 1981; Cauvain, Yong 2001). Tvrdoća uzoraka margarina na 20°C je u intervalu od 322,6 do 510,4 g. S obzirom da tvrdoća margarina MLT1 od 405,4 g predstavlja približno sredinu pomenutog intervala, a da u literaturi nema podataka o optimalnim vrednostima koje se dobijaju primenom metode penetracije na teksturometru, može se pretpostaviti da je pomenuti uzorak najpogodniji za izradu laminiranog testa.

Pri povećanju temperature sa 20°C na 25°C, kod svih uzoraka dolazi do malog smanjenja tvrdoće za 5 do maksimalno 15%, što ukazuje da promene konzistencije margarina na temperaturi prostorije u kojoj se izvodi postupak laminiranja, ne bi trebalo da značajno utiču na kvalitet lisnatog peciva.

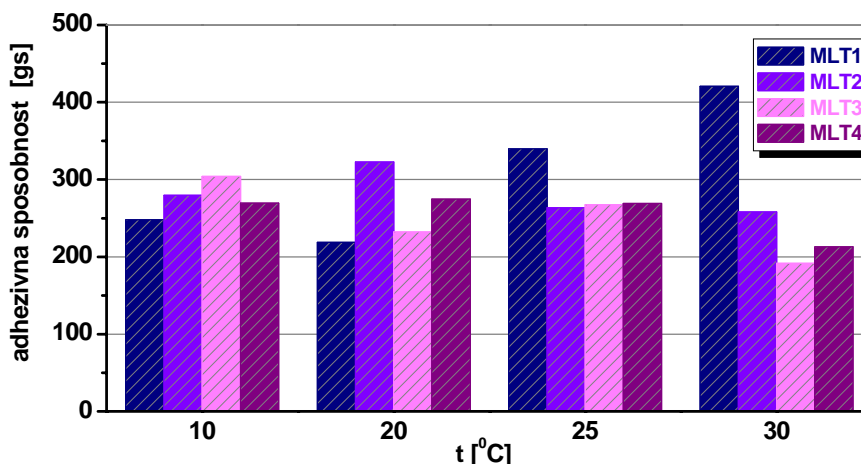
Uočava se da su vrednosti tvrdoće uzoraka MLT1 i MLT2 u temperaturnom intervalu od 20 do 30°C stabilne, dok se tvrdoća margarina ML3 i MLT4 na 30°C bitno smanjuje i iznosi 76,2 g, odnosno 154,2 g. Margarin MLT3 ima malu tvrdoću i na 25°C, koja je za 15, odnosno 20% manja u odnosu na uzorke MLT1 i MLT2, a za čak 35% u odnosu na margarin MLT4. Mala tvrdoća margarina MLT3 na 25°C, može prouzrokovati određene teškoće u postupku laminiranja koje će se neminovno odraziti i na kvalitet peciva. Najmanje promene tvrdoće u funkciji povećanja temperature zapažene su kod uzorka MLT2, što je u skladu sa rezultatima merenja sadržaja čvrstih triglicerida i najstabilnijim odnosom čvrste i tečne faze u širem temperaturnom intervalu.

Primenom analize varijanse eksperimentalnih rezultata određivanja tvrdoće margarina, uz rizik greške od $\alpha = 0,05$, potvrđeno je da postoje statistički značajne razlike u prosečnoj tvrdoći margarina MLT1, MLT2, MLT3 i MLT4 na 20, 25 i 30°C ($F_{0,05;3,18} > 3,16$).

Vrednosti za rad penetracije su usaglašene sa tvrdoćom uzoraka, jer je kod uzoraka veće tvrdoće pri merenju neophodno uložiti veći rad za penetraciju cilindrične sonde (prilog P11). Maksimalne vrednosti rada penetracije kod svih uzoraka dobijaju se na temperaturi od 10°C, a povećanje temperature uzrokuje značajan pad vrednosti pomenutog parametra. Na 20°C rad penetracije je u granicama od 689,6 gs kod margarina MLT3 do maksimalnih 1891,7 gs kod MLT4. Kod uzoraka MLT2 i MLT4 pri penetraciji na 25°C neophodno je uložiti za 15 do 35% veći rad u odnosu na uzorke MLT1 i MLT3. Uočava se da margarin MLT3 na 25 i 30°C ima minimalan rad penetracije od 670 gs, odnosno 180 gs, što je i

očekivano s obzirom na najniži sadržaj čvrstih triglicerida i minimalnu tvrdoću na pomenutim temperaturama (prilog P9).

Na osnovu numeričkih vrednosti u prilogu P11 i grafičkog prikaza zavisnosti adhezivnih karakteristika uzoraka margarina u funkciji temperature (slika 4.23), uočava se da na 10°C uzorak MLT3 ima za 10 do 20% veće adhezivne sposobnosti u odnosu na uzorke MLT1, MLT2 i MLT4.



Slika 4.23 Uticaj temperature na adhezivnu sposobnost margarina

U skladu sa najmanjim sadržajem SFC na 20°C, uzorak MLT2 ima najveću adhezivnost i to za oko 15 do 30% veću u odnosu na margarine MLT1, MLT3 i MLT4. Posledica povećane adhezivnosti može biti "uklapanje" margarina MLT2 u strukturu testa, koje će onemogućiti formiranje kontinualnih slojeva testo/margarin i negativno uticati na kvalitet sredine peciva. Adhezivna sposobnost margarina MLT2, MLT3 i MLT4 temperature 25°C je veoma ujednačena oko 260 gs (slika 4.23). Uzorak MLT1 na 25 i 30°C ima maksimalan sadržaj SFC, ali i nedovoljnu mazivost što je verovatno uticalo na maksimalnu adheziju margarina na cilindričnu sondu.

Pretpostavlja se da su registrovane minimalne vrednosti adhezivnosti kod margarina MLT2, MLT3 i MLT4 na 30°C, upravo rezultat njihove dobre mazivosti, koja je pri penetraciji onemogućila zadržavanja uzoraka na površini sonde. Ukoliko se margarin za laminiranje pre unošenja u testo istanjuje na laminatoru, mala adhezivna sposobnost i dobra mazivost omogućiće njegovo dobro istanjivanje bez adhezije margarina na valjke laminatora.

4.2.6 REOLOŠKE KARAKTERISTIKE MARGARINA

Stacionarna merenja

Krive proticanja ispitivanih uzoraka margarina određene su na temperaturama bliskim tačkama topljenja margarina, odnosno za uzorke MLT1 i MLT2 na 48°C, a za uzorke MLT3 i MLT4 na 42°C. Reološki parametri relevantni za definisanje osobina margarina, pri stacionarnim merenjima kod kojih dolazi do destrukcije sistema dati su u tabeli 4.13.

Kod svih uzoraka uočavaju se relativno niske vrednosti prinosnog napona od 1,5 do 5 Pa. Na osnovu analize napona razrušavanja strukture, zapaža se da je kod uzorka MLT3 potrebno primeniti veće brzine smicanja, što je verovatno posledica velikog viskoziteta kontinualne faze. Pomenuta zapažanja delimično potvrđuju i rezultati merenja tvrdoće margarina margarina MLT3. Smanjuje tvrdoće za čak 30 puta pri povećanju temperature sa 10 na 30°C (prilog P9), može biti upravo rezultat povećanja viskoziteta tečne i smanjenja sadržaja čvrste faze masti (*Ghotra i sar. 2002*).

Tabela 4.13

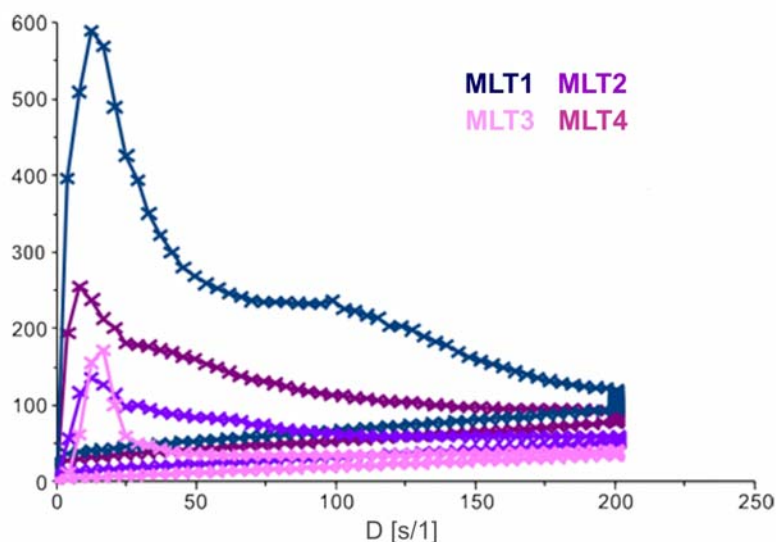
Reološki parametri stacionarnih merenja

Parametri	MLT1	MLT2	MLT3	MLT4
Prinosni napon (Pa)	4,90	4,00	1,50	4,80
Napon razrušavanja strukture (Pa)	589,60	134,80	171,40	253,70
Kritična brzina razrušavanja D (s^{-1})	12,70	12,70	17,00	8,50
Površina tiksotropne petlje $\times 10^4$ (Pa/s)	3,53	0,79	0,49	1,52

Prinosni napon uzoraka MLT1, MLT2 i MLT4 je 2,5 do 3 puta veći u odnosu na uzorak MLT3, što ukazuje da je za destrukciju pomenutih reoloških sistema neohodno primeniti veću silu (tabela 4.13). Pretpostavlja se da je niži sadržaj čvrstih triglicerida kod uzoraka MLT2 i MLT3 uticao na dobijanje za oko 3,5 odnosno 1,5 put manje vrednosti napona razrušavanja strukture u odnosu na margarine MLT1 i MLT4. U skladu sa pomenutim rezultatima očekuje se da će kod testa sa margarinom nižeg napona razrušavanja strukture, stabilnost slojeva margarina između slojeva testa biti manja.

Jačinu strukture reološkog sistema, moguće je pretpostaviti na osnovu izgleda i površine tiksotropne petlje. Pri povećanju brzine smicanja dolazi do razrušavanja unutrašnje strukture sistema, a nakon smanjenja brzine smicanja do strukturacije i "oporavljanja" reološkog sistema. Kod margarina sa slabim sekundarnim vezama dolazi do lakog razrušavanja strukture, što se manifestuje malom površinom tiksotropne petlje. Veća površina tiksotropne petlje, sa druge strane ukazuje na kompleksnost reološkog sistema, kao i na mogućnost nastanka značajnih promena u strukturi pri promeni brzine smicanja (Segura i sar. 1995).

Krive proticanja uzoraka margarina prikazane na slici 4.24, potvrđuju da je priroda ispitivanih sistema ista, jer je izgled tiksotropne petlje pri smanjenju brzine smicanja kod svih uzoraka sličan.



Slika 4.24 Krive proticanja ispitivanih uzoraka margarina

Prisustvo izvesnih razlika u površinama tiksotropnih petlji, verovatno je posledica razlika u stabilnosti strukture pojedinih uzoraka margarina, odnosno različitom polimorfnom obliku koji dominira nakon kristalizacije masti (β sa jakim ili β' sa slabim primarnim i sekundarnim vezama).

Na osnovu površine tiksotropne petlje zapaža se da je margarin MLT3 najnestabilniji, jer je potrebno uložiti najmanju energiju ($0,49 \times 10^4$ Pa/s) za razrušavanje njegove strukture, što delimično potvrđuje dosadašnje pretpostavke da masna faza margarina MLT3 kristališe pretežno u β' polimorfnom obliku. Primena margarina MLT3 u izradi lisnatog peciva, usled

najmanje stabilnosti, nižeg i promenljivog sadržaja SFC u funkciji temperature, onemogućiće formiranje kontinualnog filma masti između slojeva testa i time uticati na dobijanje nezadovoljavajući kvaliteta lisnatog peciva. Površina tiksotropne petlje uzorka MLT1 je veća 1,6 puta, margarina MLT4 3 puta i margarina MLT1 7 puta u odnosu na uzorak MLT3 (tabela 4.13). Prema literaturnim navodima (*Marangoni, Narine 2001*) veću stabilnost masti obezbeđuje formiranje čvrste faze rastom kristala iz jednog kristalizacionog centra, pa se pretpostavlja da je to slučaj kod uzoraka margarina MLT1 i MLT4.

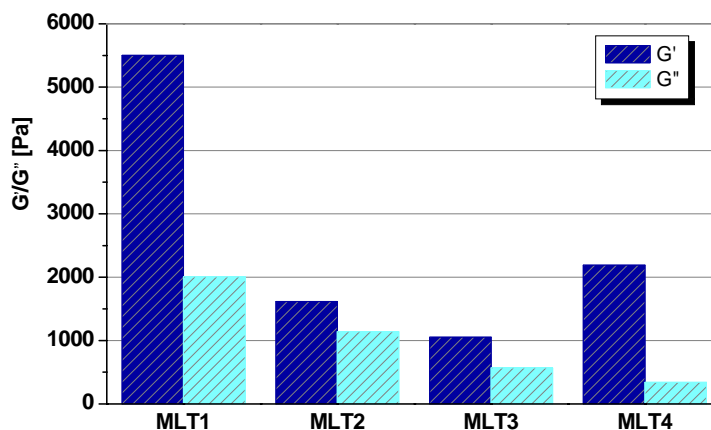
U skladu sa dobijenim rezultatima može se pretpostaviti da će kvalitet lisnatog peciva sa uzorcima MLT1, MLT2 i MLT4 biti bolji, a da će intenzitet poboljšanja kvaliteta u odnosu na primenu margarina MLT3, verovatno biti usaglašen sa odnosom površina njihovih tiksotropnih petlji.

Dinamička oscilatorna merenja

Promene vrednosti elastičnog (G') i viskoznog (G'') modula uzoraka margarina praćene su pri niskim vrednosti napona popuštanja (ispod 0,2 Pa), što je i karakteristično za sisteme kod kojih je dominantno prisustvo masne faze (*Laija i sar. 2000*). Kod većine ispitivanih uzoraka margarina uočeno je da se vrednosti elastičnog modula povećavaju sa povećanjem frekvencije (ugaone brzine). Promene viskoznog modula su manje izražene, ali se kod pojedinih uzoraka ipak zapaža slabljenje viskoznih osobina sistema pri povećanju frekvencije (Prilog P12).

Maksimalne vrednosti viskoznog modula pri svim ispitivanim frekvencijama (ugaonim brzinama) registrovane su kod uzorka MLT1, dok je G'' kod margarina MLT2, MLT3 i MLT4 uglavnom bio značajno ispod 1000 Pa. Visoke vrednosti G' i niske vrednosti G'' margarina ukazuju na otežano pomeranje unutar ispitivanih sistema, što je verovatno posledica aglomeracije kristala masti (*Cheong i sar. 2009*).

Na slici 4.25 prikazani su moduli elastičnosti i viskoznosti ispitivanih uzoraka pri frekvenciji od 10 Hz (ugaona brzina 62,8 rad/s). Kod margarina MLT3 uočava se da do postizanja frekvencije od oko 4 Hz nema velikih razlika u vrednostima G' i G'' , što ukazuje na malu stabilnost margarina, odnosno potvrđuje rezultate destruktivnih reoloških merenja (tabela 4.13). Smanjenje stabilnosti strukture u funkciji povećanja frekvencije koje se uočava kod margarina MLT2 (prilog P8), je očekivano budući da su kod pomenutog uzorka izmerene najmanje promene entalpije topljenja (7,03 J/g), najniži sadržaj čvrstih triglicerida tokom kristalizacije (31,53%) i najniži napon razrušavanja strukture (134,80 Pa).



Slika 4.25 Elastični i viskozni moduli ispitivanih uzoraka margarina

Rezultati oscilatornih merenja kod svih uzoraka margarina potvrđuju dominaciju elastičnih osobina na 10 Hz (slika 4.25), što ukazuje na stabilnost reoloških sistema ($\tan\delta < 1,0$). Maksimalna vrednost elastičnog modula (oko 5500 Pa) uočava se kod uzorka MLT1. Elastične osobine margarina MLT2, MLT3 i MLT4 su od 2,5 do 4,5 puta manje izražene odnosu na uzorak MLT1. Viskozne osobine (G'' oko 2005 Pa) su takode najizraženije kod uzorka MLT1, međutim, relativno niska vrednost $\tan\delta = 0,36$ ukazuje na stabilnu strukturu margarina. Najmanja sličnost sa viskoznim reološkim sistemima na frekvenciji od 10 Hz potvrđena je kod uzorka MLT4 (slika 4.25).

Na osnovu rezultata određivanja fizičko-hemijskih osobina margarina, može se pretpostaviti da će se zadovoljavajući kvalitet peciva dobiti primenom margarina MLT1 ili MLT4. Uprkos relativno ujednačenom sastavu masnih kiselina margarina MLT1 i MLT2, margarin MLT2 ima manju tvrdoću u temperaturnom intervalu od 10 do 30°C, niži sadržaj čvrstih triglicerida tokom kristalizacije i 4 puta niži napon razrušavanja strukture u odnosu na margarin MLT1. Izborom optimalne količine margarina MLT2, verovatno se može dobiti pecivo zadovoljavajućih fizičkih i senzornih svojstava, jer pomenuti uzorak poseduje određena plastična svojstva i dobru mazivost. Fizičke osobine uzorka MLT3, međutim, značajno odstupaju od optimalnih vrednosti, pa se pretpostavlja da se njegovom primenom neće dobiti zadovoljavajući kvalitet peciva.

4.3 OPTIMIZACIJA TEHNOLOŠKOG POSTUPKA PROIZVODNJE PECIVA OD LAMINIRANOG TESTA

Optimizacija tehnološkog procesa proizvodnje peciva izvedena je na osnovu rezultata ispitivanja uticaja količine margarina za laminiranje i vremena odmaranja na fizičke osobine laminiranog testa i na fizičke i senzorne osobine peciva. U skladu sa stavovima Morgensterna i sar. (1996) da na fizičke osobine laminiranog testa pored sirovinskog sastava, utiču i naprezanja koja nastaju tokom višestrukog istanjivanja i savijanja, promene fizičkih osobina definisane su pri biaksijalnom istezanju. Pri analizi rezultata razmatran je i uticaj vrste margarina, odnosno uticaj sastava masne faze margarina na kvalitet i nutritivnu vrednost lisnatog peciva.

4.3.1 KVALITET PECIVA SA MARGARINOM MLT1

4.3.1.1 Fizičke osobine laminiranog testa

Rezultati merenja fizičkih osobina testa pri biaksijalnom istezanju (prilozi P13 i P14) su statistički obrađeni primenom regresione jednačine 3.6, pri čemu odzivna funkcija z predstavlja žilavost ili rastegljivost testa, a nezavisno promenljive x i y količinu margarina, odnosno vreme odmaranja. Značajnost linearnog ili kvadratnog uticaja, kao i interakcije nezavisnih parametara na zavisno promenljivu z , kao i u prethodnim statističkim analizama određena je izračunavanjem t -vrednosti za regresione koeficijente $b_0, b_1, b_2, b_{11}, b_{22}, b_{12}$.

Takođe su izračunati i drugi relevantni parametri regresione analize - standardna greška regresije, koeficijent determinacije i analiza varijanse odabranog matematičkog modela (regresione jednačine).

U regresionoj jednačini koja definiše zavisnost žilavosti testa sa margarinom MLT1, apsolutne t-vrednosti svih regresionih koeficijenta su manje od tablične vrednosti $t_{0,05;3} = 3,182$. Najmanja odstupanja izračunatih t-vrednosti dobijena su za parametar b_0 , koji ukazuje na mogućnost postojanja linearnog tipa zavisnosti, i za parametre b_{22} i b_{12} koji predstavljaju kvadratni uticaj vremena odmaranja i uticaj interakcije količine margarina i vremena odmaranja na žilavost laminiranog testa (tabela 4.14).

Tabela 4.14

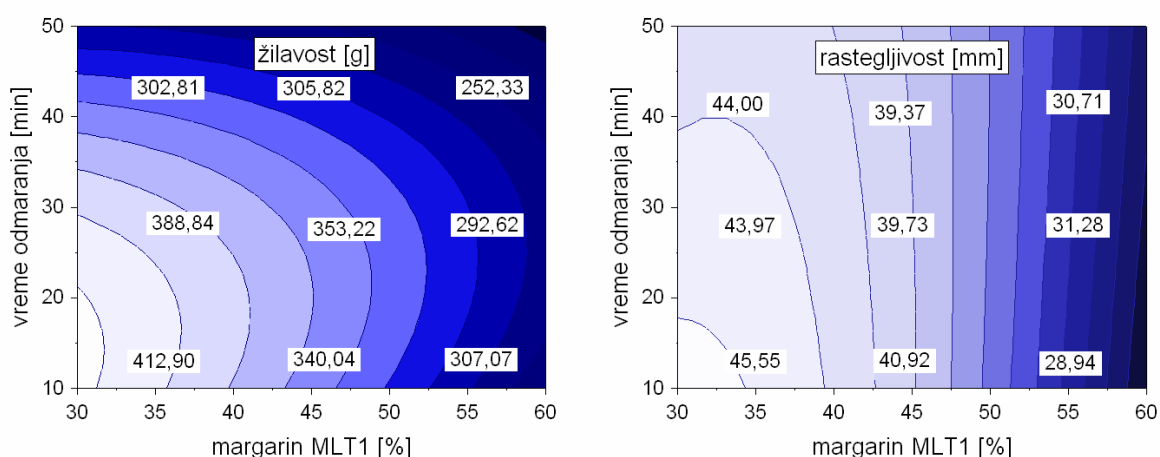
Regresioni koeficijenti i t-vrednosti regresione jednačine za pokazatelje fizičkih osobina laminiranog testa sa margarinom MLT1

Regresioni koeficijenti	z - Žilavost		z - Rastegljivost	
	vrednost b	t-vrednost df = 3	vrednost b	t-vrednost df = 3
b_0	490,506	1,887	26,985	1,855
b_1	-0,738	-0,065	1,463	2,319
b_2	0,232	0,055	-0,243	-1,025
b_{11}	-0,069	-0,562	-0,026	-3,760
b_{12}	0,092	1,586	5,533E-3	1,699
b_{22}	-0,110	-2,004	-0,348E-3	-0,113

Regresiona analiza eksperimentalnih vrednosti rastegljivosti testa potvrđuje da su statistički najznačajniji parametri b_{11} i b_1 , odnosno da na vrednosti zavisno promenljive najveći uticaj ima linearni i kvadratni efekat količine margarina, dok je uticaj druge promenljive (vreme odmaranja) praktično zanemarljiv. Koeficijent regresije b_0 , koji predstavlja vrednost rastegljivosti testa kada su nezavisno promenljive x i y jednake nuli i b_{12} koji ukazuje na uticaj intetrakcije promenljivih x i y na zavisno promenljivu, su nešto dominantniji u odnosu na parametre b_2 i b_{22} . Testiranjem značajnosti parametara b_0 i b_{12} ipak nije potvrđeno da su pomenuti parametri i statistički značajni ($t < t_{0,05;3}$).

Vrednosti standardne greške regresije, koja predstavlja apsolutnu meru reprezentativnosti regresionog modela, ukazuju da je disperzija eksperimentalnih podataka od teorijske krive mnogo manja za žilavost testa ($\sigma = 0,591$) u odnosu na rastegljivost testa ($\sigma = 8,531$). Visoke vrednosti koeficijenta determinacije potvrđuju da je izabrana regresiona jednačina reprezentativna, odnosno da varijacije nezavisno promenljivih (količina margarina i vreme odmaranja) u značajnoj meri objašnjavaju promene žilavosti ($r^2 = 0,954$) i rastegljivosti ($r^2 = 0,991$) laminiranog testa sa margarinom MLT1.

U cilju preglednijeg i lakšeg sagledavanja uticaja nezavisno promenljivih x i y na fizičke osobine testa, rezultati regresione analize prikazani su konturnim dijagramima (slika 4.26), koji ukazuju da sa povećanjem količine margarina MLT1 dolazi do smanjenja žilavosti za 15% do 25%, što je u skladu sa literaturnim podacima (McGill 1981). Sličan efekat na pomenuti parametar ima i vreme odmaranja, jer su vrednosti žilavosti testa pri maksimalnom odmaranju od 45 min minimalne. Maksimalne vrednosti iznad 413 g očekuju se kod uzoraka sa minimalnom količinom margarina za laminiranje i pri kraćem odmaranju testa između faza laminiranja.



Slika 4.26 Fizičke osobine testa u funkciji vremena odmaranja i količine margarina MLT1

Grafički prikaz zavisnosti rastegljivosti testa od nezavisno promenljivih, ukazuje da količina margarina MLT1 ima daleko značajniji uticaj na posmatrani parametar, ali i potvrđuje da dodatak veće količine margarina MLT1 može izazvati smanjenje rastegljivosti testa. Maksimalna rastegljivost od oko 45 mm, može se dobiti dodatkom minimalne količine margarina.

Testiranjem statističke značajnosti regresionog modela u celini, uz rizik greške $\alpha = 0,05$, utvrđeno je da usvojena regresiona jednačina može biti osnova za izvođenje zaključaka o uticaju količine margarina i vremena odmaranja na žilavost i rastegljivost laminiranog testa sa margarinom MLT1 ($p < 0,05$).

4.3.1.2 Fizičke i senzorne osobine peciva

Kvalitet lisnatog peciva definisan je analizom određenih fizičkih parametara (narastanje, skupljanje, eliptičnost, zapremina i čvrstoća) i senzornih karakteristika peciva (tabela 4.15 i prilozi P15 i P16).

Vrlo dobro narastanje peciva postignuto je kod uzoraka kod kojih je vreme odmaranja bilo 30, odnosno 45 min, dok su pri minimalnom odmaranju testa vrednosti ispod 4,0. Dobijeni rezultati su u potpunosti u skladu sa literaturnim podacima, koji potvrđuju da vreme odmaranja ima ključnu ulogu u relaksaciji glutena i formiranju pravilno slojevite strukture peciva (Cauvain, Young 2001). Povećanje količine margarina, na pragu značajnosti od 95%, uglavnom nije dovelo do statistički značajnih razlika u vrednostima pomenutog parametra, osim kod uzorka sa 45% margarina ($p < 0,05$), jer je povećanje udela margarina sa 35 na 45% smanjilo narastanje za 20%.

Tabela 4.15

Uticaj margarina MLT1 na karakteristike lisnatog peciva

Nezaavisno promenljive		Narastanje	Zapremina (cm ³)	Čvrstoća (kgs)	Zbir bodova- Kategorija kvaliteta
x* (%)	y** (min)				
35	15	3,39 ± 0,69 ^{ac}	73,79 ± 11,11 ^{ac}	22,46 ± 2,79 ^a	11,5 - prihvatljiv
	30	4,26 ± 0,37 ^{bd}	87,54 ± 6,62 ^{bd}	13,07 ± 2,04 ^b	17,3 - vrlo dobar
	45	4,05 ± 0,25 ^{abd}	85,84 ± 7,60 ^{abd}	13,82 ± 2,05 ^b	17,1 - vrlo dobar
45	15	3,73 ± 0,84 ^{abcd}	74,28 ± 12,56 ^{abc}	30,79 ± 7,54 ^c	15,7 - vrlo dobar
	30	4,23 ± 0,51 ^{abd}	87,37 ± 14,95 ^{bd}	24,02 ± 5,61 ^{ac}	15,7 - vrlo dobar
	45	3,32 ± 0,20 ^c	64,52 ± 4,78 ^c	26,49 ± 3,51 ^{ac}	13,5 - dobar
55	15	3,94 ± 0,26 ^{ab}	86,38 ± 0,63 ^{bd}	25,76 ± 4,99 ^{ac}	14,7 - dobar
	30	4,76 ± 0,70 ^d	91,41 ± 9,28 ^d	27,19 ± 5,68 ^{ac}	17,0 - vrlo dobar
	45	4,26 ± 0,52 ^{abd}	89,48 ± 10,71 ^{abd}	22,67 ± 3,87 ^{ac}	13,5 - dobar

* x – Količina margarina (g/100 g brašna)

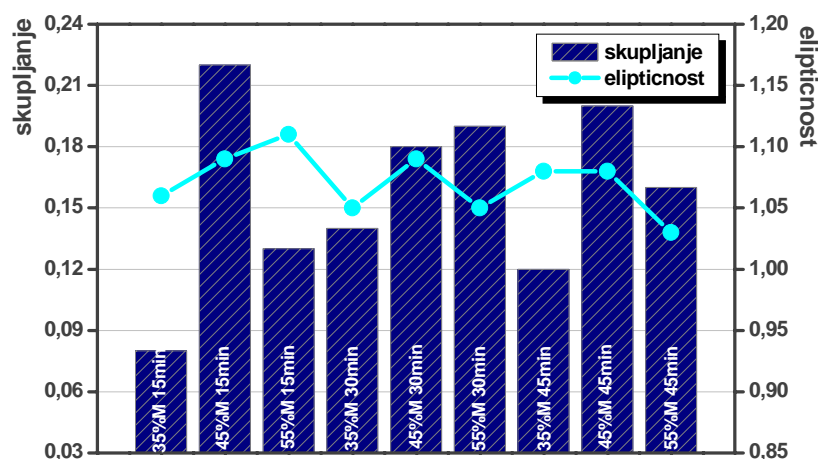
** y – Vreme odmaranja

Vrednosti u istoj koloni koje ne sadrže isto slovo su statistički značajno različite ($p < 0,05$)

Čvrstoća peciva kod uzoraka sa 35% margarina MLT1, kod kojih je vreme odmaranja iznosilo 30, odnosno 45 min, manja je za 60, odnosno 100% u odnosu na uzorke sa 45 i 55% margarina kod kojih je primenjeno isto vreme odmaranja. Vrednosti čvrstoće su i statistički značajno različite u odnosu na čvrstoću drugih uzoraka ($p < 0,05$). Uzorci peciva sa 45% margarina i primenjenim odmaranjem između faza laminiranja u trajanju od 15 i 45 min imaju maksimalnu (30,79 kgs) i relativno veliki čvrstoću (26,49 kgs).

Zapremina peciva sa vrlo dobrim narastanjem (iznad 4,0) je relativno visoka, u granicama od 85,84 do 91,41cm³. Analizom je utvrđeno da vrednosti zapremine u pomenutom intervalu nisu statistički značajno različite ($p > 0,05$). Minimalnu zapreminu od 64,52 cm³ i najmanji ukupan broj ponderisanih bodova 13,5 (tabela 4.15) ima uzorak sa 45% margarina kod koga je primenjeno odmaranje testa od 45 min.

Uticaj količine margarina i vremena odmaranja testa na specifične fizičke parametre kvaliteta lisnatog peciva prikazani su u prilogu P15 i na slici 4.27. Najmanje deformacije oblika tokom pečenja (najniže vrednosti skupljanja i eliptičnosti) nastale su upravo kod peciva sa minimalnom količinom margarina, odnosno kod uzoraka koji imaju najmanju čvrstoću. Maksimalne vrednosti skupljanja i eliptičnosti dobijaju se dodatkom 45% margarina za laminiranje, ali se primenom odmaranja testa u trajanju od 30 minuta može umanjiti skupljanje peciva se za 10 do 20%.



Slika 4.27 Skupljanje i eliptičnost peciva sa margarinom MLT1

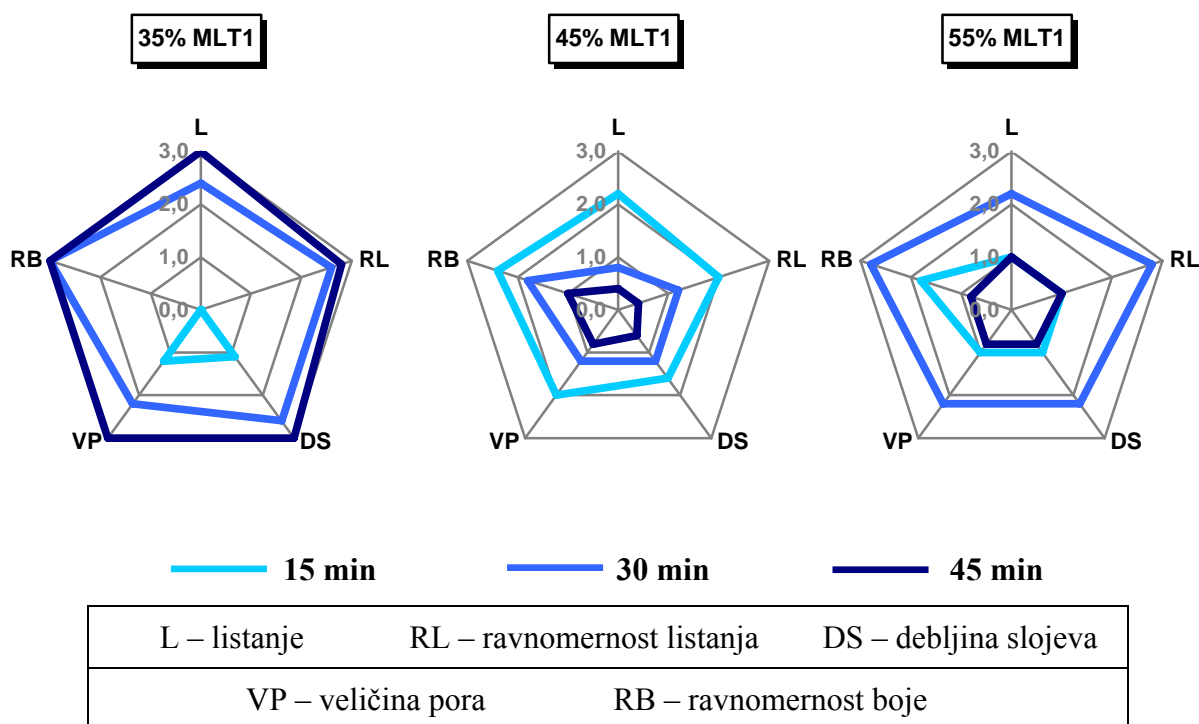
Vrednosti specifične mase peciva su u granicama od 0,26 do 0,37 g/cm³. Promene vrednosti specifične mase u funkciji količine margarina i vremena odmaranja su, s obzirom na ujednačenu masu peciva nakon pečenja od 26 ± 1 g, uslovljene isključivo zapreminom peciva (prilog P15).

Rezultati senzorne ocene peciva, dobijeni metodom bodovanja pojedinih parametra kvaliteta, prikazani su u prilogu P16, a ukupan zbir bodova koji definiše kategoriju kvaliteta u tabeli 4.15. Uzorci peciva sa 35% margarina MLT1, kod kojih je tokom izrade primenjeno vreme odmaranja 30 i 45 min, osim najpovoljnijih fizičkih parametara kvaliteta imaju i vrlo dobre senzorne karakteristike (tabela 4.15), odnosno pravilan oblik, karakterističnu boju, slojevitost struktura, ujednačenu boju sredine, svojstven i delimično aromatičan miris i ukus. Određivanjem fizičkih karakteristika laminiranog testa, utvrđeno je da uzorci sa 35% margarina imaju umerenu žilavost i maksimalnu rastegljivost, pa se može pretpostaviti da je to doprinelo dobijanju vrlo dobrog kvaliteta peciva.

Dodatak veće količine margarina MLT1, nije značajno uticao na spoljni izgled i miris peciva, međutim, kod većine uzoraka struktura je bila manje slojevita i zbijena, a ukus slabije izražen i malo testast. Rezultati takođe ukazuju da je za relaksaciju testa sa 45 i 55% margarina dovoljno do 30 minuta, jer se pri maksimalnom odmaranju testa pogoršava struktura i pri konzumiranju pecivo lepi za nepce.

Senzorni kvalitet peciva određen je i primenom QDA metode, kojom su pojedinačno ocenjeni parametri presudni za formiranje ocene za strukturu peciva. Rezultati su prikazani na slici 4.26, a numeričke vrednosti ocenjivanja date su u prilogu P17. Ocene kvaliteta sredine su u skladu sa senzornom ocenom kvaliteta peciva u celini (prilozi P16 i P17). Optimalno listanje, vrlo dobra ravnomernost listanja, tanki slojevi, umereno velike ili velike pore i ravnomerna boja sredine postignuti su kod uzoraka sa 35% margarina, kod kojih je vreme odmaranja između laminiranja iznosilo 30 ili 45 minuta. Uočava se da je kod peciva sa 55% margarina i vremenom odmaranja od 30 minuta takođe postignuta karakteristična slojevita struktura, ali je ravnomernost listanja manja i pore sitnije što je uticalo i na manju ravnomernost boje sredine (slika 4.28).

Kod uzoraka sa 45% margarina kvalitet strukture peciva je značajno lošiji, pa su i ocene pojedinih parametara kvaliteta sredine, kod uzoraka čije je vreme odmaranja testa bilo 30 i 45 minuta, manje u proseku 2 odnosno 5 puta u odnosu na uzorke sa 35% margarina.



Slika 4.28 Uticaj količine margarina MLT1 i vremena odmaranja na kvalitet sredine peciva

Najmanje ocene analiziranih parametara ima uzorak sa 35% margarina i vremenom odmaranja testa od 15 min i uzorci sa 45 i 55% margarina kod kojih je primenjeno maksimalno vreme odmaranja testa. Kod pomenutih uzoraka nije formirana karakteristična struktura peciva, listanje je minimalno, prisutni su debeli slaninasti slojevi, a boja sredine je neravnomerna (slika 4.28).

Na osnovu analiziranih fizičkih i senzornih parametara kvaliteta jasno je da se dodatkom minimalne količine margarina MLT1, koja uglavnom predstavlja i donju granicu u izradi peciva od laminiranog testa, može postići vrlo dobar kvalitet, ukoliko odmaranje testa između faza laminiranja iznosi 30 ili 45 minuta. Činjenica da se optimalan kvalitet peciva dobija pri minimalnom udelu margarina za laminiranje značajna je sa aspekta utroška sirovina, ali i sa aspekta poboljšanja nutritivne i smanjenja energetske vrednosti proizvoda.

4.3.2 KVALITET PECIVA SA MARGARINOM MLT2

4.3.2.1 Fizičke osobine laminiranog testa

Testiranjem statističke značajnosti pojedinih parametara regresione jednačine uočava se da nijedan parametar nema statistički značajan uticaj na promene žilavosti testa (izračunate t-vrednosti < tablične 3,128). Regresioni koeficijent b_1 , može ipak ukazati na određene promene zavisno promenljive z (žilavost), pri promeni nezavisno pomenljive x (količina margarina za laminiranje) kada je vreme odmaranja konstantno. Regresioni koeficijent b_{12} koji predstavlja uticaj interakcije nezavisno promenljivih takođe ima izvestan uticaj na posmatrani parametar kvaliteta. Ostali regresioni koeficijenti nemaju uticaj na žilavost testa (tabela 4.16).

Tabela 4.16

Regresioni koeficijenti i t-vrednosti regresione jednačine za pokazatelje fizičkih osobina testa sa margarinom MLT2

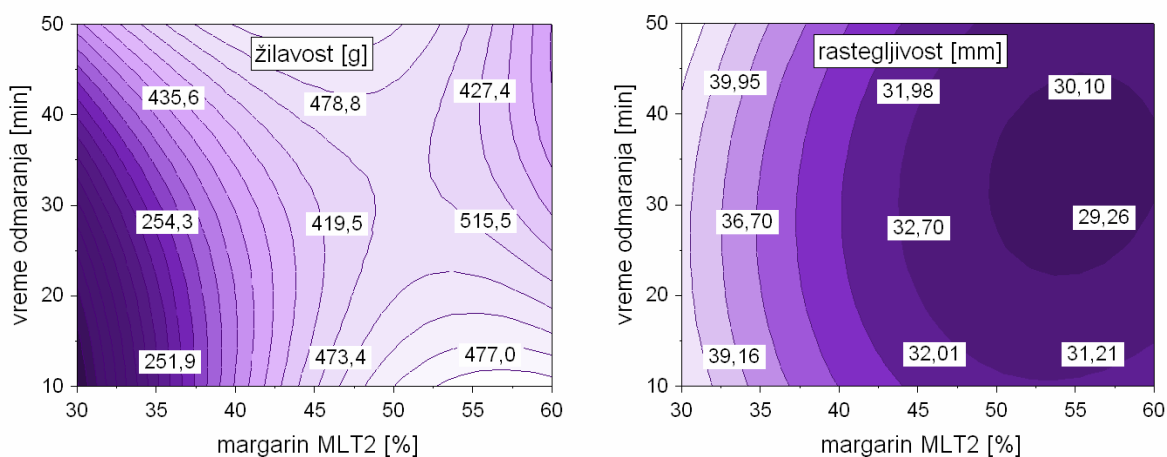
Regresioni koeficijenti	z - Žilavost		z - Rastegljivost	
	vrednost b	t-vrednost df = 3	vrednost b	t-vrednost df = 3
b_0	-1668,270	-1,952	94,815	5,334
b_1	76,861	2,075	-2,276	-2,953
b_2	11,681	0,839	-0,176	-0,609
b_{11}	-0,636	-1,567	0,022	2,567
b_{12}	-0,388	-2,031	0,032	-0,796
b_{22}	0,123	0,679	0,052	1,400

Uočava se da je kod uzoraka sa margarinom MLT2 linearni (b_1) i kvadratni uticaj (b_{11}) količine margarina na žilavost testa mnogo značajniji u odnosu na uzorke sa margarinom MLT1, ali je takođe evidentno da je kvadratni uticaj vremena odmaranja (b_{22}) na zavisno promenljivu manji za oko 65% (tabele 4.14 i 4.16). Visoka vrednost standardne greške

regresije ($\sigma = 37,473$), ukazuje na veliku disperziju rezultata merenja žilavosti testa od očekivanih vrednosti definisanih linijom regresije.

Statistička obrada eksperimentalnih rezultata potvrdila je da količina margarina MLT2 ima značajan uticaj (izračunata vrednosti $t >$ tablične $t_{0,05;3} = 3,128$) na rastegljivost testa. Testiranjem statističke značajnosti regresionih koeficijenata koji predstavljaju uticaj nezavisno promenljive y (vreme odmaranja), utvrđeno je da linerana i kvadratna promena promenljive y statistički značajno ne utiče na zavisno promenljivu z . Maksimalna t -vrednost (5,334), dobijena za parametar b_0 , potvrđuje statističku značajnost pomenutog regresionog koeficijenta i ukazuje na izraženu linearnost regresione jednačine. Izračunata vrednost standardne greške regresije ($\sigma = 0,654$), potvrđuje da je uz odabrani matematički model moguće postići malu disperziju eksperimentalnih vrednosti za rastegljivost testa od linije regresije.

Rezultati statističke obrade, slika 4.29, ukazuju da povećanje količine margarina MLT2, kao i duže odmaranje između faza laminiranja dovode do povećanja žilavosti testa. Navedeni uticaj dužeg odmaranja je najizraženiji kod uzoraka sa 35% margarina MLT2, budući da su kod pomenutog uzorka zabeležene maksimalne promene analiziranog parametra, odnosno povećanje žilavosti testa pri maksimalnom odmaranju za čak 45%. Budući da je povećanje nezavisno promenljivih kod uzoraka sa margarinom MLT1 imalo dijametralno suprotan efekat na žilavost testa (slika 4.26), pretpostavlja se da su različiti trendovi promene zavisno promenljive posledica razlika u tvrdoći margarina MLT1 i MLT2 na 20°C.



Slika 4.29 Fizičke osobine testa u funkciji vremena odmaranja i količine margarina MLT2

Rastegljivost testa nije uslovljena dužinom odmaranja, jer su promene pomenutog pokazatelja pri konstantnoj količini margarina MLT2 na nivou 5%. Maksimalnu rastegljivost laminiranog testa oko 39 mm moguće je dobiti dodatkom 35% margarina MLT2 (sika 4.29).

Vrednosti koeficijenta determinacije za žilavost ($r^2 = 0,867$) i rastegljivost testa ($r^2 = 0,965$) sa margarinom MLT2 ukazuju da su fizičke osobine laminiranog testa određene varijacijama nezavisno promenljivih sa 86,7%, odnosno 96,5%. Analiza varijanse regresione jednačine, potvrđuje da se na nivou značajnosti od 95% ($\alpha = 0,05$), primenom odabrane regresione jednačine može predvideti ponašanje ispitivanih parametara (žilavost i rastegljivost) pri promeni količine margarina u testu i različitom vremenu odmaranja između faza laminiranja (izračunato $F >$ tablično $F_{0,05;6;3} = 8,94$).

4.3.2.2 Fizičke i senzorne osobine peciva

Promene fizičkih i senzornih karakteristika peciva u funkciji količine margarina MLT2 i vremena odmaranja testa, prikazane su u tabeli 4.17 i u prilogima P18, P19 i P20. Uočava se da je najbolji kvalitet peciva dobijen kod uzoraka sa maksimalnom količinom margarina (55%), dok su kod uzoraka sa 35, odnosno 45% margarina MLT2 vrednosti parametara kvaliteta ispod prihvatljivog nivoa (tabela 4.17).

Poređenjem uzoraka sa identičnim vremenom odmaranja, zapaža se poboljšanje narastanja u funkciji povećanja količine margarina za oko 25 do 50%. Na pragu značajnosti od 95%, utvrđeno je da pri konstantnoj količini margarina za laminiranje, povećanje vremena odmaranje testa sa 15 na 30 minuta ne dovodi do statistički značajnih razlika u vrednosti narastanja ($p > 0,05$). Maksimalno vreme odmaranja, međutim, kod peciva sa 35 i 55% margarina ima negativan efekat na narastanje peciva. Kod uzoraka sa 45% margarina uočava se da odmaranje testa u trajanju od 45 minuta utiče na povećanje narastanja za oko 15%. Pozitivne i negativne promene u narastanju testa, kod uzoraka sa maksimalnim vremenom odmaranja između faza laminiranja, su statistički značajne ($p < 0,05$).

Na osnovu dobijenih rezultata merenja čvrstoće peciva, uočava se da pri promeni nezavisno promenljivih uglavnom ne nastaju statistički značajne razlike. Jedino su kod uzoraka sa konstantnim vremenom odmaranja testa od 45 minuta i različitom količinom margarina za laminiranje vrednosti čvrstoće na paragu značajnosti od 95% statistički značajno različite ($p < 0,05$).

Uzorak sa 35% margarina MLT2, kod koga je tokom izrade primenjeno vreme odmaranja testa od 30 minuta, ima minimalnu čvrstoću od 16,84 kgs, a uzorak sa 55% margarina i maksimalnim odmaranjem testa ima maksimalnu čvrstoću peciva od 32,92 kgs (tabela 4.17).

Tabela 4.17

Uticao margarina MLT2 na karakteristike lisnatog peciva

Nezaavisno promenljive		Narastanje	Zapremina (cm ³)	Čvrstoća (kgs)	Zbir bodova-Kategorija kvaliteta
x* (%)	y** (min)				
35	15	3,38 ± 0,45 ^a	78,72 ± 10,42 ^{ad}	26,52 ± 3,80 ^a	13,0 - prihvatljiv
	30	2,96 ± 0,35 ^a	61,82 ± 8,77 ^b	16,84 ± 5,33 ^{bc}	10,1 - neprihvatljiv
	45	2,36 ± 0,28 ^b	48,81 ± 4,49 ^c	23,14 ± 2,84 ^{ab}	11,0 - neprihvatljiv
45	15	3,27 ± 0,19 ^{ac}	73,27 ± 4,59 ^a	24,33 ± 5,21 ^{abc}	12,4 - prihvatljiv
	30	3,46 ± 0,46 ^{ac}	74,36 ± 9,17 ^{ab}	24,63 ± 5,49 ^{abc}	13,5 - dobar
	45	4,10 ± 0,38 ^d	80,90 ± 7,40 ^{ad}	19,46 ± 0,54 ^c	15,4 - dobar
55	15	5,39 ± 0,52 ^e	99,10 ± 15,53 ^e	25,49 ± 5,64 ^{abcd}	16,0 - vrlo dobar
	30	4,68 ± 1,0 ^{de}	96,19 ± 16,15 ^{de}	26,14 ± 6,60 ^{abcd}	17,5 - vrlo dobar
	45	5,30 ± 5,40 ^e	100,97 ± 6,99 ^e	32,92 ± 4,21 ^d	19,0 - odličan

* x – Količina margarina (g/100 g brašna)

** y – Vreme odmaranja

Vrednosti u istoj koloni koje ne sadrže isto slovo su statistički značajno različite (p < 0,05)

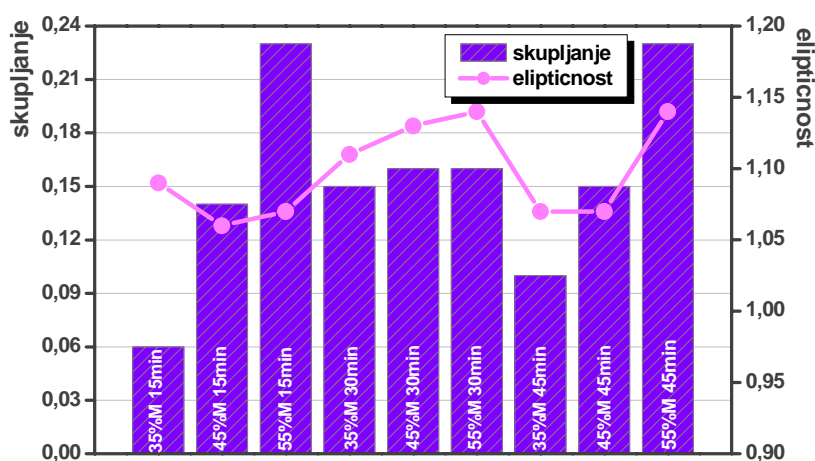
Vrednosti zapremine peciva su u relativno širokom intervalu od 48,81 do 100,97 cm³, pri čemu se jasno vidi da je prisutan pozitivan uticaj povećanja količine margarina za laminiranje i dužeg odmaranja testa na zapreminu peciva. Visoke vrednosti zapremine se, nezavisno od vremena odmaranja, dobijaju kod peciva sa 55% margarina. Pomenuti uzorci imaju u proseku veću zapreminu za 25 do 35% u odnosu na uzorke sa 35, odnosno 45% margarina MLT2. Promene u vremenu odmaranja jedino kod peciva sa 35% margarina imaju statistički značajan uticaj na vrednosti zapremine peciva (p < 0,05).

Uticao količine margarina MLT2 i vremena odmaranja testa na parametre koji definišu deformacije oblika peciva tokom pečenja prikazani su u prilogu P18 i na slici 4.30. Promene skupljanja u funkciji povećanja količine margarina su intenzivne kod uzoraka kod kojih je primenjeno vreme odmaranja testa iznosilo 15 ili 45 minuta. Kod uzoraka sa minimalnom količinom margarina dolazi do najmanjeg skupljanja tokom pečenja, a i vrednosti eliptičnosti su takođe niže u odnosu na većinu uzoraka sa 45 i 55% margarina (slika 4.30).

Maksimalne vrednosti analiziranih parametara dobijaju se kod peciva sa dodatkom 55% margarina za laminiranje. Primena tridesetominutnog odmaranja testa tokom izrade peciva sa 55% margarina može umanjiti skupljanje peciva za 30% u odnosu na uzorke kod kojih je vreme odmaranja testa iznosilo 15 ili 45 minuta.

Vreme odmaranja testa nakon istanjivanja jedino kod uzoraka sa 45% margarina ne utiče na dobijanje statistički značajnih razlika u vrednostima skupljanja peciva ($p > 0,05$). Eliptičnost peciva se statistički značajno ne menja ($p > 0,05$) sa povećanjem količine margarina MLT2, kada je vreme odmaranja testa između laminiranja 15, odnosno 30 minuta (prilog P18).

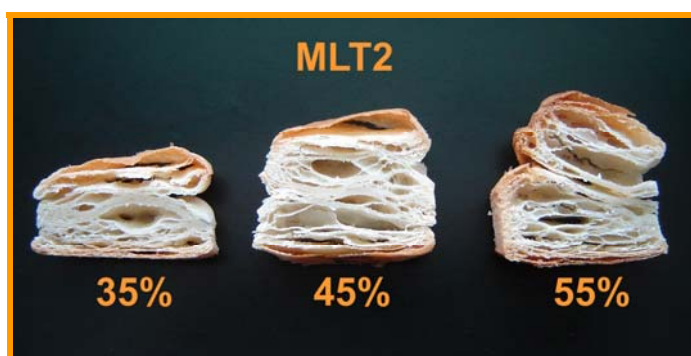
Vrednosti specifične mase peciva su u granicama od 0,22 do 0,48 g/cm³ (prilog P18). Pomenuti interval je nešto širi u odnosu na uzorke sa margarinom MLT1, što je posledica većih razlika u dobijenim zapreminama kod peciva sa margarinom MLT2.



Slika 4.30 Skupljanje i eliptičnost peciva sa margarinom MLT2

Rezultati senzorne ocene peciva sa margarinom MLT2 potpuno su u skladu sa analizom fizičkih parametara kvaliteta (tabela 4.17). Vrlo dobar i odličan kvalitet peciva postignut je isključivo kod uzoraka sa maksimalnom količinom margarina za laminiranje (slika 4.31), kod kojih je postignuto i najbolje narastanje peciva i maksimalna zapremina. Dodatak 35% margarina nije bio dovoljan za postizanje dobrog kvaliteta peciva – oblik je delimično izmenjen, kora malo izlomljena, struktura slabo slojevita, sa prisutnim debelim (slaninastim) slojevima, miris i ukus slabo izraženi i delimično aromatični. Broj pondersianih bodova za spoljni izgled, miris i ukus peciva sa 35% margarina je neznatno niži ili na nivou ostvarenih bodova za uzorke sa 45 i 55% margarina. Razlike u ukupnom broju bodova,

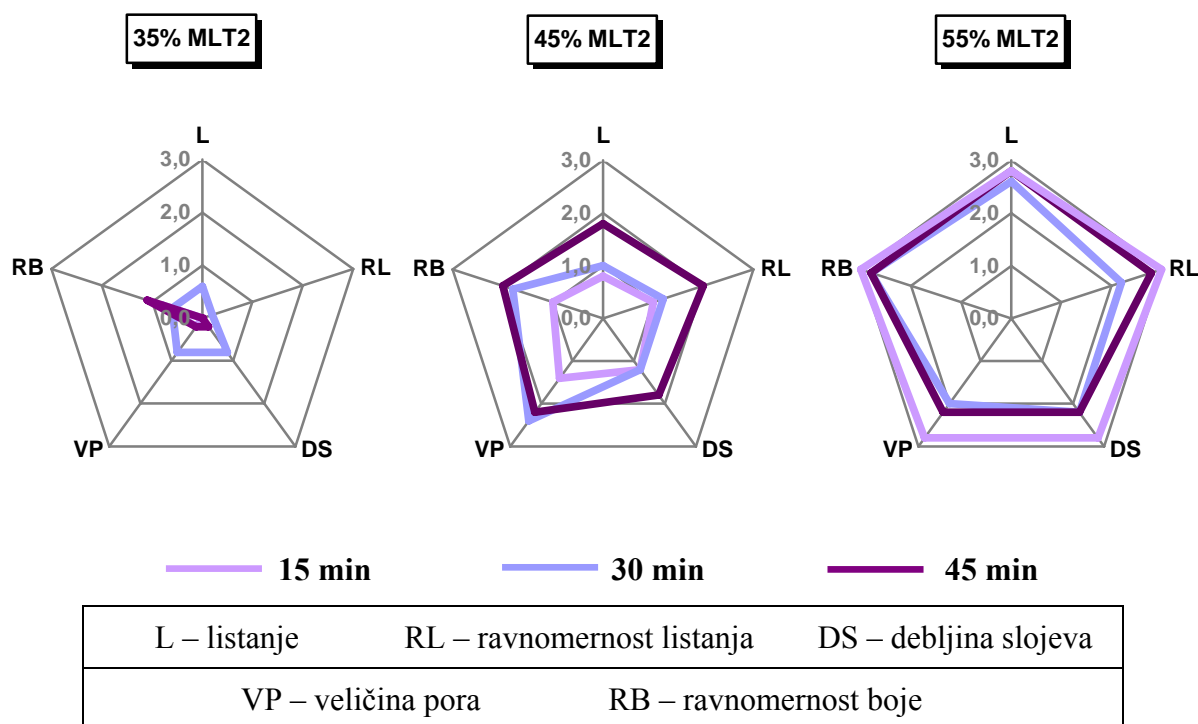
odnosno u kategoriji kvaliteta, kod pomenutih uzoraka posledica su uočljivih razlika u izgledu sredine, odnosno u strukturi peciva (prilog P19).



Slika 4.31 Uticaj količine margarina MLT2 na kvalitet peciva

Dobijeni rezultati ukazuju da vreme odmaranja testa između laminiranja nema značajan uticaj na kvalitet peciva sa 35% margarina, dok se kod uzoraka sa 45 i 55% margarina dužim odmaranjem postiže poboljšanje kvaliteta, što potvrđuje povećanje ukupnog broja bodova koji određuje kategoriju kvaliteta za 10%, odnosno 20% (tabela 4.17).

Rezultati ispitivanja uticaja količine margarina i vremena odmaranja testa na kvalitet sredine peciva, po QDA metodi, prikazani su u prilogu P20 i na slici 4.32.



Slika 4.32 Uticaj količine margarina MLT2 i vremena odmaranja na kvalitet sredine peciva

Kod uzoraka sa 35% margarina, nezavisno od vremena odmaranja, svi parametri kvaliteta sredine ocenjeni su najnižim ocenama (od 0,0 do 1,1). Povećanje količine margarina sa 35 na 45%, uticalo je na poboljšanje listanja, smanjenje debljine listova, povećanje veličine pora kao i na ravnomernost boje sredine peciva. Duže odmaranje testa kod pomenutih uzoraka je imalo pozitivan efekat na izgled sredine peciva, što potvrđuje povećanje ocena analiziranih parametara za 25 do 100% (slika 4.32).

Optimalno i ravnomerno listanje, tanki slojevi, umereno velike ili velike pore i ravnomerna boja postignuti su kod uzoraka sa 55% margarina. Duže odmaranje testa je i kod uzoraka sa maksimalnom količinom margarina uticalo na poboljšanje kvaliteta sredine peciva.

Najbolji kvalitet peciva u celini postignut je kod uzorka sa 55% margarina MLT2 i pri maksimalnom vremenu odmaranja od 45 minuta. Vrednosti svih ispitivanih parametara kvaliteta su vrlo visoke: zapremina $100,97 \text{ cm}^3$, narastanje 5,27, odlična struktura peciva, zbir bodova koji definiše kategoriju kvaliteta 19,0.

4.3.3 KVALITET PECIVA SA MARGARINOM MLT3

4.3.3.1 Fizičke osobine laminiranog testa

Regresioni koeficijenti jednačine koja definiše zavisnost žilavosti testa (prilog P12) od nezavisno promenljivih x i y i njihove t -vrednosti, prikazane su tabeli 4.18. Uočava se, kao i kod uzoraka sa margarinom MLT1 ili MLT2, da nijedan parametar nema statistički značajan uticaj na žilavost testa (izračunate t -vrednosti $< t_{0,05;3} = 3,182$). Parametri b_{22} (vreme odmaranja) i b_{12} (interakcija nezavisno promenljivih), imaju maksimalne t -vrednosti pa se pretpostavlja da mogu imati manji uticaj na zavisno promenljivu z (žilavost).

Relativno visoka standardna greška regresije ($\sigma = 14,898$) ukazuje da su odstupanja eksperimentalnih od očekivanih vrednosti manja u odnosu na uzorke sa margarinom MLT2 ($\sigma = 37,473$), ali ne i u odnosu na uzorke sa margarinom MLT1 ($\sigma = 0,591$). Koeficijent determinacije je $r^2 = 0,821$, što znači da je žilavost testa određena varijacijama količine margarina MLT3 i vremena odmaranja sa 82,1%.

Rezultati analize varijanse potvrđuju da je regresiona jednačina u celini statistički značajna, odnosno da se kao i kod uzoraka sa margarinom MLT1 i MLT2, može koristiti za predviđanje promena žilavosti testa u funkciji odabranih nezavisno promenljivih ($F = 345,47$ veće od $F_{0,05;6;3} = 8,94$).

Testiranjem statističke značajnosti izračunatih regresionih koeficijenata jednačine, koja definiše promene rastegljivosti testa u funkciji promena nezavisnih parametara, potvrđeno je da nijedan parametar nema poželjnu statističku značajnost i dominantan uticaj na vrednosti zavisno promenljive. Najveća t-vrednost parametra b_0 od 1,589, ukazuju da je kod uzoraka sa margarinom MLT3 kao i u prethodnim statističkim analizama, prisutan linearni tip zavisnosti rastegljivosti od količine margarina i vremena odmaranja (tabela 4.18).

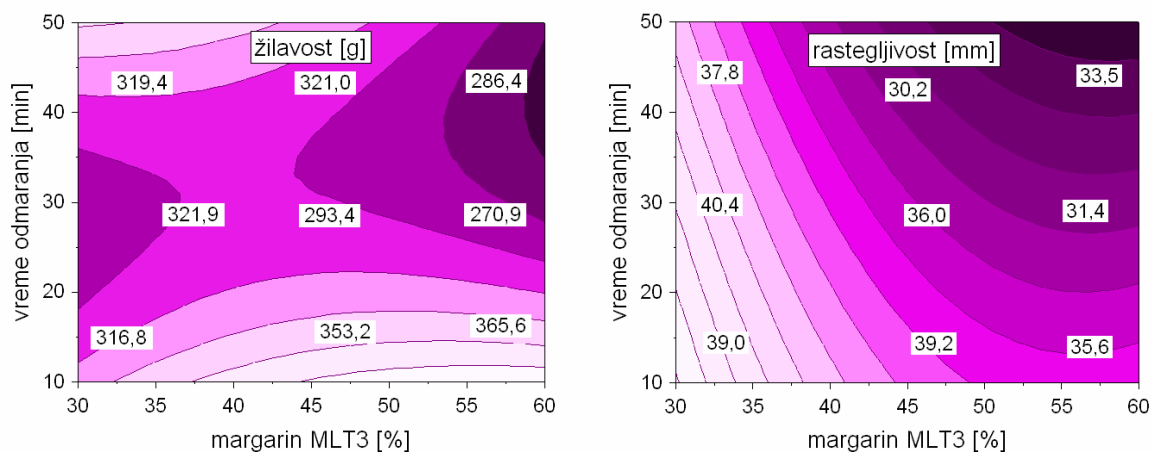
Standardna greška regresije ($\sigma = 2,023$), ukazuje na mala odstupanja originalnih (eksperimentalnih) podataka od linije regresije. Varijacije rastegljivosti testa određene su varijacijama količine margarina i vremena odmaranja sa 72,4%, jer je koeficijent determinacije regresione jednačine $r^2 = 0,724$. Pomenuti uticaj varijacija nezavisno promenljivih na rastegljivost testa sa margarinom MLT3 je značajno manji u odnosu na uzorke sa margarinom MLT1 i MLT2, jer su koeficijenti determinacije kod pomenutih uzoraka 0,991, odnosno 0,965.

Tabela 4.18

Regresioni koeficijenti i t-vrednosti regresione jednačine za pokazatelje fizičkih osobina testa sa margarinom MLT3

Regresioni koeficijenti	z - Žilavost		z - Rastegljivost	
	vrednost b	t-vrednost df = 3	vrednost b	t-vrednost df = 3
b_0	123,781	0,397	72,854	1,589
b_1	11,633	0,861	-1,268	-0,638
b_2	-3,518	-0,693	-0,056	-0,074
b_{11}	-0,090	-0,610	0,011	0,528
b_{12}	-0,136	-1,955	-1,50E-3	-0,146
b_{22}	0,141	2,140	-0,22E-3	-0,023

Konturni dijagrami na slici 4.33, ukazuju da dodatak veće količine margarina pri kraćem odmaranju testa povećava žilavost za 10 do 15%. Primenom tridesetominutnog odmaranja testa između faza laminiranja kod uzoraka sa 45 i 55% margarina može se smanjiti žilavost u proseku za 10 do 25%. Minimalna žilavost laminiranog testa oko 270 g očekuje se dodatkom maksimalne količine margarina i primenom dužeg odmaranja testa.



Slika 4.33 Fizičke osobine testa u funkciji vremena odmaranja i količine margarina MLT3

Maksimalnu rastegljivost laminiranog testa (oko 40 mm) obezbeđuje dodatak minimalne količine margarina. Razlike u rastegljivosti pomenutih uzoraka testa, izazvane promenama u vremenu odmaranja su oko 5%. Povećanje količine margarina iznad 40% može smanjiti rastegljivost za 10 do 20%. Dodatak 45 do 60% margarina i maksimalno odmaranje testa između faza laminiranja može značajno umanjiti rastegljivost, pa se preporučuje da se u izradi lisnatog testa sa margarinom MLT3 smanji količina margarina i skрати period njegove relaksacije.

Analiza varijanse regresionog modela potvrđuje da je na osnovu regresione jednačine 3.6 moguće predvideti promene žilavosti i rastegljivosti testa u funkciji nezavisno promenljivih, jer su izračunate vrednosti F za žilavost 345,47, odnosno 205,45 za rastegljivost veće od tablične vrednosti $F_{0,05;6;3} = 8,94$.

4.3.3.2 Fizičke i senzorne osobine peciva

Fizičke osobine peciva sa margarinom MLT3 i rezultati senzornog ocenjivanja kvaliteta prikazani su u tabeli 4.19 i u priložima P21, P22 i P23. Dobijeni rezultati potvrđuju većinu pretpostavki koje su proistekle nakon ispitivanja hemijskih i fizičkih karakteristika margarina. Usled nestabilnog sadržaja SFC u funkciji temperature, male tvrdoće na temperaturama 20 i 25°C i niskog napona razrušavanja strukture margarina MLT3, nije omogućeno dobijanje peciva poželjnih fizičkih i senzornih osobina (tabela 4.19).

Tokom pečenja nije došlo do dovoljnog narastanja testa, a kod većine uzoraka povećanje visine je čak manje od 2 puta. Dodatak 45 i 55% margarina, kod uzoraka kod kojih je vreme odmaranja testa iznosilo 15 i 45 minuta, poboljšava narastanje za 20 do 35% u odnosu na uzorke sa 35% margarina. Kod uzoraka sa tridesetominutnom relaksacijom testa nakon laminiranja, povećanje količine margarina uzrokuje opadanje pomenutog pokazatelja za 25%. Statistička analiza rezultata potvrđuje da su varijacije u vremenu odmaranja testa uticale na stvaranje statistički značajnih razlika u narastanju peciva sa 35 i 55% margarina (tabela 4.19).

Tabela 4.19

Uticaj margarina MLT3 na karakteristike lisnatog peciva

Nezaavisno promenljive		Narastanje	Zapremina (cm ³)	Čvrstoća (kgs)	Zbir bodova-Kategorija kvaliteta
x* (%)	y** (min)				
35	15	2,58 ± 0,18 ^a	75,53 ± 8,04 ^a	29,10 ± 5,81 ^{af}	12,7 - prihvatljiv
	30	1,52 ± 0,16 ^b	32,00 ± 2,94 ^b	24,67 ± 5,90 ^{acf}	7,6 - neprihvatljiv
	45	2,69 ± 0,26 ^a	70,69 ± 5,39 ^a	13,02 ± 0,23 ^b	12,8 - prihvatljiv
45	15	1,88 ± 0,26 ^{cde}	43,21 ± 4,74 ^c	25,61 ± 3,26 ^{acf}	9,0 - neprihvatljiv
	30	1,94 ± 0,35 ^{cde}	54,79 ± 8,07 ^{de}	19,44 ± 6,88 ^{abg}	9,0 - neprihvatljiv
	45	2,12 ± 0,10 ^c	52,83 ± 3,08 ^d	18,83 ± 5,64 ^{bcde}	14,2 - dobar
55	15	1,95 ± 0,21 ^d	56,45 ± 2,08 ^d	28,73 ± 1,79 ^f	9,6 - neprihvatljiv
	30	1,97 ± 0,16 ^{cde}	49,20 ± 2,77 ^e	13,45 ± 2,43 ^{bd}	5,6 - neprihvatljiv
	45	1,73 ± 0,16 ^{be}	53,48 ± 4,67 ^{de}	13,05 ± 5,71 ^{dg}	5,2 - neprihvatljiv

* x – Količina margarina (g/100 g brašna)

** y – Vreme odmaranja

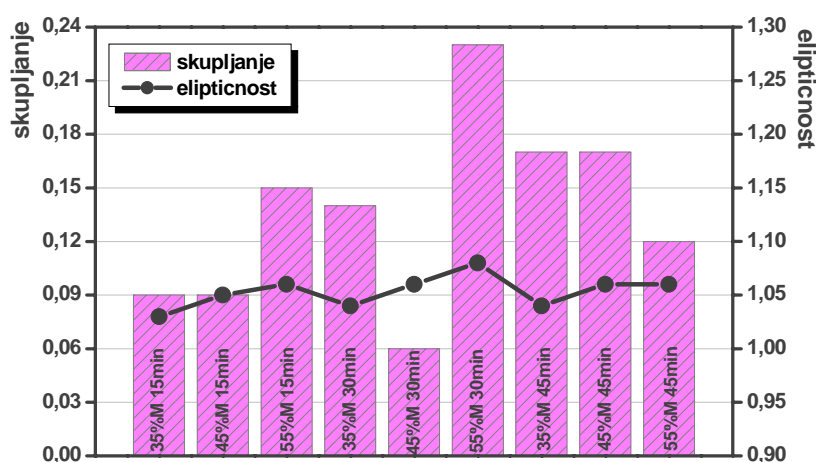
Vrednosti u istoj koloni koje ne sadrže isto slovo su statistički značajno različite (p < 0,05)

Vrednosti čvrstoće peciva sa margarinom MLT3 su u vrlo širokom intervalu od 13,0 do 29,1 kgs. Pri konstantnoj količini margarina, najniže vrednosti čvrstoće dobijaju se kod uzoraka kod kojih je vreme relaksacije testa između faza laminiranja iznosilo 45 minuta. Pomenute vrednosti zavisno promenljive su dva puta manje u odnosu na čvrstoću uzoraka kod kojih je odmaranje testa iznosilo 15 minuta. Čvrstoća uzoraka sa najkraćim vremenom odmaranja se ne menja značajno sa povećanjem količine margarina, ali se promene ispitivanog parametra na nivou 20 do 45% registruju kod uzoraka sa vremenom odmaranja 30 i 45 minuta. Optimalne vrednosti nezavisnih parametra, koje bezbeđuju minimalnu čvrstoću peciva su 35 ili 55% margarina MLT3 i vreme odmaranja od 45 minuta.

Zapremina velikog broja uzoraka je manja od 60 cm^3 , što je ispod zadovoljavajuće vrednosti koja bi obezbedila optimalan kvalitet peciv (tabela 4.19). Najveća zapremina postiže se dodatkom 35% margarina MLT3 i primenom odmaranja testa u trajanju 15 minuta ($75,53 \text{ cm}^3$), odnosno 45 minuta ($70,69 \text{ cm}^3$). Testiranjem značajnosti razlika aritmetičkih sredina, utvrđeno je da povećanje količine margarina uzrokuje statistički značajne promene u zapremini peciva. Povećanje vremena odmaranja testa sa 15 na 30 minuta, kod uzoraka sa konstantnom količinom margarina, takođe utiče na stvaranje statistički značajnih razlika u vrednostima pomenutog parametra ($p < 0,05$).

Promene specifičnih parametara kvaliteta peciva - skupljanja i eliptičnosti u funkciji količine margarina i vremena odmaranja prikazane su prilogu P21 i na slici 4.34. Vrednosti skupljanja su kod većine uzoraka ispod 0,16. Minimalne promene u obliku testa tokom pečenja nastaju kod uzorka sa 35% margarina i vremenom odmaranja 15 minuta (prilog P21), što je verovatno uticalo da se kod pomenutog peciva, uprkos malom narastanju, postigne relativno visoka zapremina (tabela 4.19).

Maksimalne promene u obliku, odnosno prečniku peciva tokom pečenja nastaju kod uzorka sa maksimalnom količinom margarina i vremenom odmaranja od 30 minuta, što potvrđuju visoke vrednosti za skupljanje (0,23), ali i eliptičnost peciva (1,08). Rezultati ukazuju da ne postoji jedinstven trend promene vrednosti skupljanja u funkciji vremena odmaranja kod uzoraka sa 35, 45 i 55% margarina, pa se pretpostavlja da na vrednosti zavisnog parametra utiču određene interakcije nezavisno promenljivih količine margarina i vremena odmaranja testa.



Slika 4.34 Skupljanje i eliptičnost peciva sa margarinom MLT3

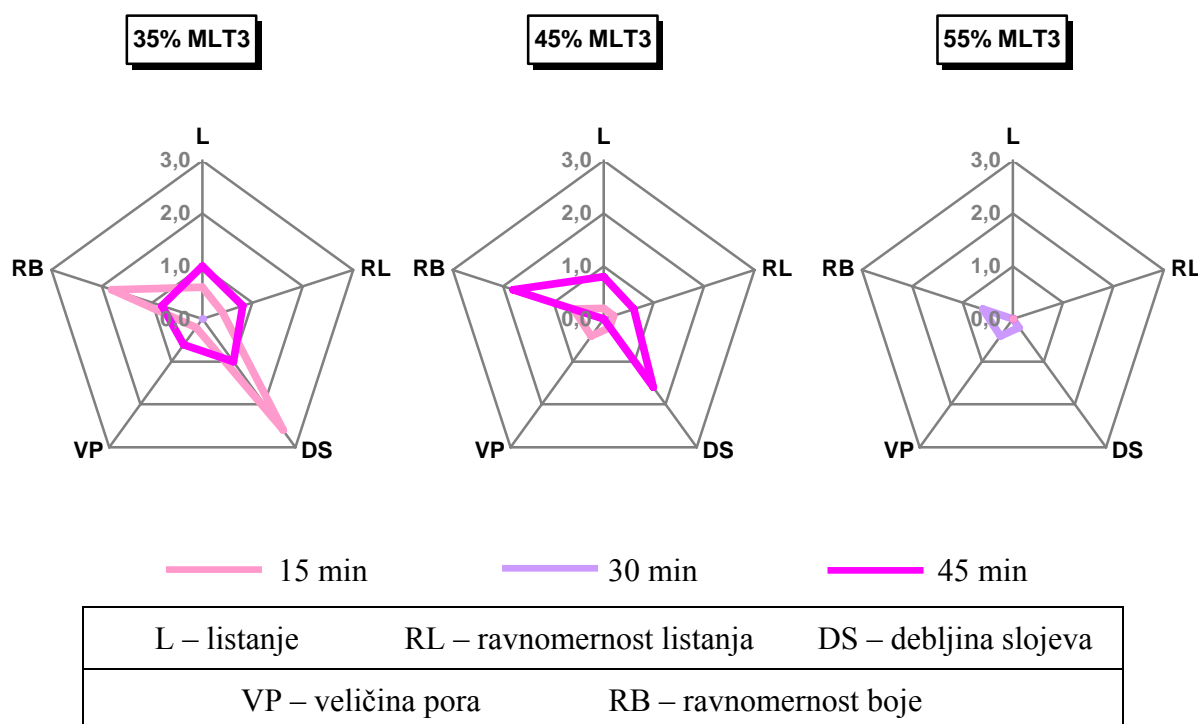
Uticaj količine margarina i vremena odmaranja na eliptičnost peciva je znatno manje izražen u odnosu na pecivo sa margarinima MLT1 ili MLT2, pa su vrednosti eliptičnosti u vrlo uskom intervalu od 1,03 do 1,08 (slika 4.32). Testiranjem značajnosti razlika srednjih vrednosti eliptičnosti, takođe je potvrđeno da varijacije u količini margarina u testu ili primenjenom vremenu odmaranja ne uzrokuju statistički značajne promene pomenutog parametra ($p > 0,05$).

Rezultati iz priloga P21, pokazuju da je specifična masa peciva sa 35% margarina i vremenom odmaranja od 15, odnosno 45 minuta 0,47 i 0,54 g/cm³. Specifična masa ostalih uzoraka je, s obzirom na njihovu znatno manju zapreminu, statistički značajno veća ($p < 0,05$).

Rezultati senzorne ocene peciva sa margarinom MLT3 prikazani su u tabeli 4.19, prilogima P22 i P23 i na slici 4.35. Kvalitet većine uzoraka je, nezavisno od količine margarina i vremena odmaranja, loš (neprihvatljiv ili prihvatljiv): boja i oblik peciva izmenjeni, struktura nepravilna i zbijena, boja neujednačena po celom preseku, miris delimično ili potpuno izmenjen, ukus jako testast i neprijatan. Kod uzoraka sa 35% margarina kod kojih je vreme odmaranja testa bilo 15 ili 45 minuta, delimično je poboljšan ukus peciva, što je doprinelo povećanju ukupnog broja bodova, ali ne i poboljšanju kvaliteta u celini. Dodatak 45, odnosno 55% margarina je uglavnom uticao na pogoršanje strukture peciva. Nedovoljna tvrdoća margarina i neodgovarajuća reološka svojstva margarina MLT3 (prilog P9 i tabela 4.13) nisu omogućila formiranje kontinualnih slojeva masti između slojeva testa, pa je struktura peciva sa maksimalnom količinom margarina zbijena, neslojevita.

Najbolja senzorna svojstva, odnosno maksimalna broj bodova 14,2, postižu se dodatkom 45% margarina i maksimalnim odmaranja testa. Pomenuti uzorak je i pored nedostataka u strukturi peciva (mala slojevitost) u kategoriji dobrog senzornog kvaliteta, jer su ocene za spoljni izgled, ukus i miris peciva visoke - oblik i boja peciva su nezanatno izmenjeni, kora povezana, miris i ukus zaokruženi i svojstveni.

QDA dijagrami na slici 4.33 potvrđuju da margarin MLT3 ne poseduje odgovarajuće fizičko-hemijske karakteristike, koje bi omogućile izradu peciva karakteristične strukture. Kod velikog broja uzoraka nije formirana slojevita (lisnata) struktura, pa su i ocene za listanje, ravnomernost listanja, debljinu slojeva i veličinu pora minimalne (prilog P23). Kod uzoraka sa 35 i 45% margarina, kod kojih je primenjeno vreme odmaranja od 15 ili 45 minuta, uočava se sasvim slabo listanje, ali u celini kvalitet sredine je ispod prihvatljivog nivoa za proizvode od laminiranog testa.



Slika 4.35 Uticaj količine margarina MLT3 i vremena odmaranja na kvalitet sredine peciva

Na osnovu analize fizičkih osobina laminiranog testa, kao i fizičkih i senzornih osobina peciva evidentno je da se i pored niskog sadržaja *trans* masnih kiselina, margarin MLT3 ne može preporučiti u izradi lisnatog peciva.

4.3.4 KVALITET PECIVA SA MARGARINOM MLT4

4.3.4.1 Fizičke osobine laminiranog testa

Rezultati regresione analize (tabela 4.20) eksperimentalnih vrednosti fizičkih parametara testa sa margarinom MLT4 (prilozi P13 i P14), pokazuju da promene žilavosti testa statistički najznačajnije definišu parametri b_1 i b_{11} , koji predstavljaju linearni i kvadratni uticaj nezavisno promenljive x (količina margarina), jer su izračunate t vrednosti veće od tablične ($t_{0,05;3} = 3,182$). Poželjnu statističku značajnost ima i parametar b_0 , koji u regresionoj jednačini predstavlja žilavost testa kada su promenljive x i y jednake nuli ($3,640 > 3,182$). Žilavost testa u pomenutim uslovima ima negativnu vrednost ($b_0 = -1396,56$), što ukazuje da je regresiona jednačina devijantna u domenu nelogičnih pretpostavki da u lisatom testu nema margarina za laminiranje. Intenzitet uticaja nezavisno promenljive y , odnosno vremena odmaranja na žilavost testa je znatno manji i statistički neznačajan.

Poređenjem rezultata statističke obrade, uočava se da su pojedini regresioni koeficijenti (b_0 , b_1 i b_{11}) jedino u jednačini koja definiše zavisnost žilavosti testa sa margarinom MLT4 imali i poželjnu statističku značajnost. Vrednosti parametra t svih regresionih koeficijenta u jednačinama za žilavost testa sa margarinom MLT1, MLT2 ili MLT3 su manje od tablične vrednosti $t_{0,05;3} = 3,182$ (tabele 4.14, 4.16, i 4.18). Takođe je jedino kod uzoraka sa margarinom MLT4 potvrđeno da interakcija nezavisno promenljivih x i y ne izaziva bitnije promene zavisno promenljive z .

Relativno visoka vrednost standardne greške regresije ($\sigma = 18,759$) potvrđuje nešto veće rasipanje eksperimentalnih od teorijskih vrednosti usvojene regresione jednačine. Varijacije žilavosti testa su sa 94,7% određene varijacijama količine margarina i vremena odmaranja testa, budući da je koeficijent detreminacije $r^2 = 0,947$. Pomenuti koeficijent determinacije je na nivou vrednosti dobijenih za regresione jednačine koje definišu zavisnost žilavosti testa sa margarinom MLT1 ili MLT2.

Analiza varijanse, kao i kod uzoraka sa margarinom MLT1, MLT2 ili MLT3, potvrđuje da je regresiona jednačina u celini statistički značajna, jer je izračunato $F = 324,012$ veće od tablične vrednosti $F_{0,05;6,3} = 8,94$. Analizirani statistički parametri potvrđuju da je regresiona jednačina reprezentativna, odnosno da može biti osnova za predviđanje fizičkih osobina testa pri određenim vrednostima nezavisno promenljivih.

Tabela 4.20

Regresioni koeficijenti i t-vrednosti regresione jednačine za pokazatelje fizičkih osobina testa sa margarinom MLT4

Regresioni koeficijenti	z - Žilavost		z - Rastegljivost	
	vrednost b	t-vrednost df = 3	vrednost b	t-vrednost df = 3
b_0	-1396,56	-3,640	63,693	3,088
b_1	75,24	4,524	-0,155	-0,173
b_2	0,77	0,124	-0,553	-0,647
b_{11}	-0,80	-4,387	-3,833E-03	-0,391
b_{12}	0,09	1,044	0,550E-03	1,191
b_{22}	-0,08	-1,036	3,630E-03	0,834

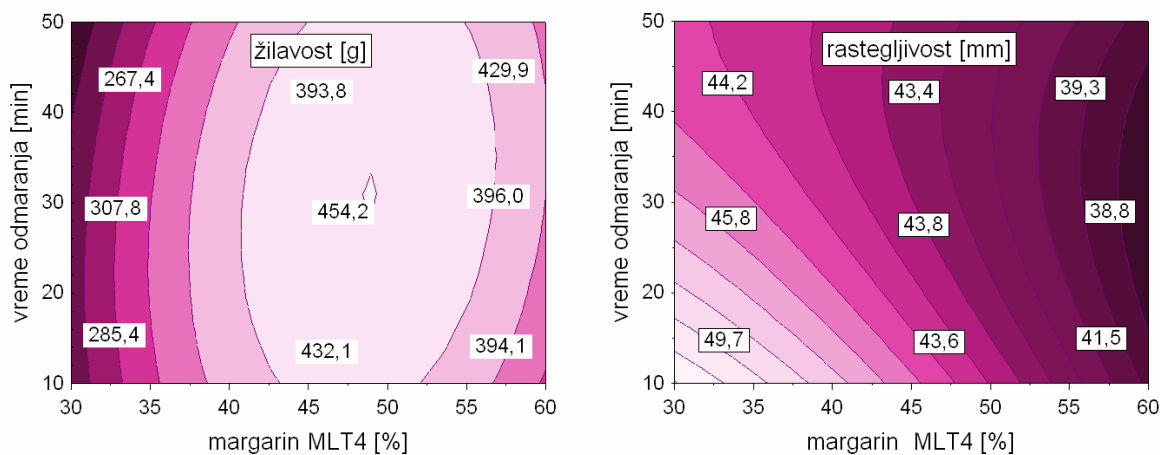
Rezultati testiranja statističke značajnosti koeficijenata regresione jednačine koja definiše zavisnost rastegljivosti testa od nezavisno promenljivih x i y (tabela 4.20), ukazuju da jedino parametar b_0 ima poželjnu statističku značajnost (izračunato $t > t_{0,05;3} = 3,182$). Evidentno manji, ali ipak prisutan efekat na zavisno promenljivu ima i parametar b_{12} koji kvantifikuje uticaj interakcije nezavisno promenljivih x i y. Izračunate t-vrednosti ukazuju da regresioni koeficijenti b_1 , b_2 , b_{12} , b_{11} i b_{22} nisu statistički značajni parametri regresione jednačine ($t < 3,182$). Pomenuti rezultati su usaglašeni sa rezultatima statističke analize eksperimentalnih vrednosti rastegljivosti testa sa margarinom MLT1, MLT2 ili MLT3, što se tiče značajnosti parametra b_0 , međutim, delimična odstupanja prisutna su u značajnosti regresionih koeficijenta b_1 i b_{11} , koji definišu promene zavisno promenljive pri linearnoj i kvadratnoj promeni količine margarina (tabele 4.12 i 4.14).

Standardna greška regresije $\sigma = 0,707$, ukazuje na minimalna odstupanja eksperimentalnih od teorijskih vrednosti dobijenih na osnovu primenjene regresione jednačine. Visoka vrednost koeficijenta determinacije $r^2 = 0,934$ potvrđuje da je linija regresije reprezentativna, odnosno da je rastegljivost određena varijacijama količine margarina i vremena odmaranja sa 93,4%.

Uticaj varijacija nezavisno promenljivih x i y na rastegljivost testa je na nivou uticaja kod uzoraka sa margarinom MLT1 ili MLT2, odnosno manji u odnosu na uzorke sa margarinom MLT3.

Određena odstupanja u statističkoj značajnosti ili intenzitetu uticaja pojedinih regresionih koeficijenta, koja su posledica vrste margarina za laminiranje nisu imala presudan uticaj na statističku značajnost regresionog modela u celini. Analiza varijanse, kao i kod uzoraka sa margarinom MLT1, MLT2 ili MLT3, potvrđuje je da je regresiona jednačina u celini statistički značajna i da se može primeniti i za predviđanje promena rastegljivosti testa sa margarinom MLT4 (izračunato $F = 1476,102$ veće od tablične vrednosti $F_{0,05;6,3} = 8,94$).

Rezultati statističke obrade rezultata merenja žilavosti i rastegljivosti testa prikazani su na slici 4.36. Dominantniji uticaj količine margarina u odnosu na vreme odmaranja potvrđuje povećanje žilavosti u funkciji povećanja količine margarina za 40 do 50%. Varijacije u vremenu odmaranja testa između faza laminiranja znatno manje utiču na vrednosti zavisnog parametra, jer su nastale promene na nivou 5 do 10%. Rast žilavosti testa evidentan je pri dodatku 30 do 45% margarina, nakon toga može se očekivati blaži pad ispitivanog parametra za oko 10%.



Slika 4.36 Fizičke osobine testa u funkciji vremena odmaranja i količine margarina MLT4

Konturni dijagram zavisnosti rastegljivosti testa u funkciji količine margarina MLT4 i vremena odmaranja potvrđuje da i na rastegljivost testa veći uticaj ima količine margarina. Kod pomenutog parametra je, međutim, evidentan trend opadanja rastegljivosti u funkciji povećanja količine margarina za 10 do 15%. U skladu sa dobijenim rezultatima znatno bolje fizičke osobine testa mogu se dobiti dodatkom između 40 i 45% margarina MLT4.

Dijagrami prikazani na slikama 4.26, 4.29, 4.33 i 4.36 ukazuju da vrsta margarina ima izraženiji uticaj na žilavost testa. Pretpostavlja se da na rastegljivost laminiranog testa pri biaksijalnom istezanju dominantno utiču fizičke osobine osnovnog testa, koje su identične kod svih uzoraka s obzirom na konstantan sirovinski sastav. Žilavost lisnatog testa je verovatno rezultanta fizičkih osobina osnovnog testa i fizičkih osobina margarina za laminiranje, pa su i razlike u dobijenim vrednostima pomenutog parametra u funkciji vrste i količine margarina za laminiranje više izražene. Zbog nedostatka literatirnih podataka vezanih za merenja fizičkih osobina laminiranog testa, pomeute pretpostavke trebalo bi potkrepiti većim brojem eksperimentalnih rezultata.

4.3.4.2 Fizičke i senzorne osobine peciva

Fizičke i senzorne osobine peciva sa margarinom MLT4 prikazane su u tabeli 4.21 i u prilogima P24, P25 i P26. Pretpostavlja se da je malo narastanje testa tokom pečenja kod većine uzoraka posledica velike tvrdoće margarina MLT4 na 20 i 25°C, koja je znatno otežavala laminiranje i verovatno dovela do kidanja i slepljivanja slojeva testa. Narušavanje kontinualnog filma testo-margarina nije obezbedilo zadržavanje nastale vodene pare u slojevima margarina te je i izostalo značajno povećanje visine, odnosno narastanje testa. Maksimalno, ali u svakom slučaju nedovoljno narastanje, dobija se dodatkom 35 ili 45% margarina i primenom odmaranja testa u trajanju 45, odnosno 15 minuta. Statistički značajne razlike u narastanju nastale su usled povećanja količine margarina kod uzoraka sa petnaestominutnim odmaranjem testa ($p < 0,05$). Pozitivan i statistički značajan uticaj dužeg odmaranja testa potvrđen je jedino kod peciva sa 35% margarina MLT4 (tabela 4.21). Pomenuti rezultati ukazuju da bi se varijacijama tehnoloških parametara proizvodnje na više nivoa (u ovom radu isptivan uticaj dve promenljive na tri nova), dobila potpunija slika o mogućnostima povećanja narastanja testa sa margarinom MLT4.

Slabo narastanje nije, međutim, imalo drastične posledice na vrednosti čvrstoće peciva, koje su u intervalu od 16,87 do 26,77 kgs. Pomenute vrednosti su na nivou čvrstoće peciva sa margarinom MLT1 ili MLT2 kod kojih je postignuto zadovoljavajuće narastanje testa tokom pečenja. Povećanje količine margarina sa 35% na 55% kod uzoraka sa vremenom odmaranja testa od 15 minuta, povećava čvrstoću peciva za čak 100%.

Pomenuti efekat može biti posledica nedovoljno dugog perioda relaksacije, jer se pretpostavlja da su usled velike tvrdoće margarina tokom lamiranja nastala i znatno veća naprezanja u testu. Slične promene zavisnog parametra u funkciji količine margarina uočavaju se i pri primeni odmaranja od 30 minuta. Prethodne pretpostavke su usaglašene i sa rezultatima merenja čvrstoće u funkciji vremena odmaranja kod uzoraka sa 55% margarina MLT4. Duže vreme odmaranja, međutim, ima negativan efekat na čvrstoću peciva sa 35 i 45% margarina (tabela 4.21), pa se za izradu lisnatog peciva sa dodatkom relativno manje količine margarina MLT4 ne preporučuje duže odmaranje testa od 30 minuta. Statistička analiza čvrstoće peciva u funkciji količine margarina i vremena odmaranja, ukazuje da promene vrednosti jedne nezavisno promenljive, pri konstantnoj vrednosti druge, uglavnom ne utiču na stvaranje statistički značajnih razlika u vrednostima zavisno promenljive ($p > 0,05$).

Tabela 4.21*Uticaj margarina MLT4 na karakteristike lisnatog peciva*

Nezavisno promenljive		Narastanje	Zapremina (cm ³)	Čvrstoća (kgs)	Zbir bodova-Kategorija kvaliteta
x* (%)	y** (min)				
35	15	1,96 ± 0,49 ^a	54,79 ± 12,04 ^a	17,14 ± 2,76 ^{ad}	8,2 - neprihvatljiv
	30	2,79 ± 0,44 ^{bd}	60,67 ± 7,92 ^{ab}	22,30 ± 3,19 ^b	14,5 - dobar
	45	3,52 ± 0,44 ^{ce}	80,54 ± 5,77 ^{ce}	26,77 ± 2,26 ^c	14,1 - dobar
45	15	2,78 ± 0,38 ^d	64,28 ± 7,06 ^{ad}	20,48 ± 3,03 ^{ab}	15,7 - vrlo dobar
	30	3,16 ± 0,56 ^{bcd}	73,43 ± 9,72 ^{bcd}	20,11 ± 1,33 ^{ab}	14,6 - dobar
	45	3,33 ± 0,36 ^{bc}	76,98 ± 6,99 ^{ce}	24,72 ± 9,31 ^{abcd}	16,5 - vrlo dobar
55	15	3,77 ± 0,64 ^{ce}	93,77 ± 10,24 ^f	24,23 ± 6,46 ^{abc}	18,5 - odličan
	30	3,77 ± 0,13 ^c	89,84 ± 11,07 ^{ef}	19,78 ± 6,87 ^{abcd}	18,6 - odličan
	45	3,14 ± 0,32 ^{bcd}	73,02 ± 9,37 ^{bcd}	16,87 ± 2,03 ^d	16,9 - vrlo dobar

* x – Količina margarina (g/100 g brašna)

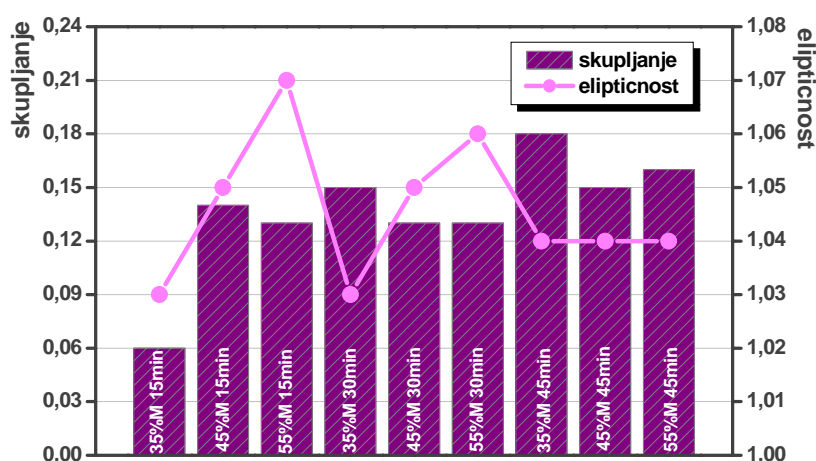
** y – Vreme odmaranja

Vrednosti u istoj koloni koje ne sadrže isto slovo su statistički značajno različite ($p < 0,05$)

Zapremina peciva je u skladu sa stepenom narastanja testa tokom pečenja. Izuzetno niske vrednosti zapremine od 55 do 65 cm³ dobijaju se kod uzoraka kod kojih je postignuto narastanje ispod 3,0. Kod većine uzoraka evidentan je trend rasta zapremine u funkciji povećanja i količine margarina i vremena odmaranja testa. Dodatak 45%, odnosno 55% margarina MLT4, uzrokuje rast zapremine prosečno za 20%, odnosno 55%.

Pozitivan efekat dužeg odmaranja testa zapaža se kod uzoraka sa 35 i 45% margarina, dok se kod peciva sa 55% margarina registruje smanjenje zapremine za 5 do 20%. Testiranjem značajnosti razlika srednjih vrednosti zapremine, potvrđeno je da dodatak 55% margarina uz primenu vremena odmaranja testa od 15 i 30 minuta statistički značajno povećava zapreminu peciva u odnosu na uzorke sa 35 i 45% margarina (tabela 4.21).

Deformacije oblika peciva, odnosno promene vrednosti prečnika tokom pečenja su manje izražene, skupljanje je ispod 0,18, a eliptičnost ispod 1,07, što je kao i kod pojedinih uzoraka sa margarinom MLT3 i pored manjeg narastanja testa obezbedilo relativno visoku zapreminu peciva. Duže odmaranje testa kod uzoraka sa 45 i 55% margarina ne utiče značajno na skupljanje, pa su vrednosti pomenutog parametra kvaliteta u intervalu od 0,13 do 0,16 (slika 4.37).



Slika 4.37 Skupljanje i eliptičnost peciva sa margarinom MLT4

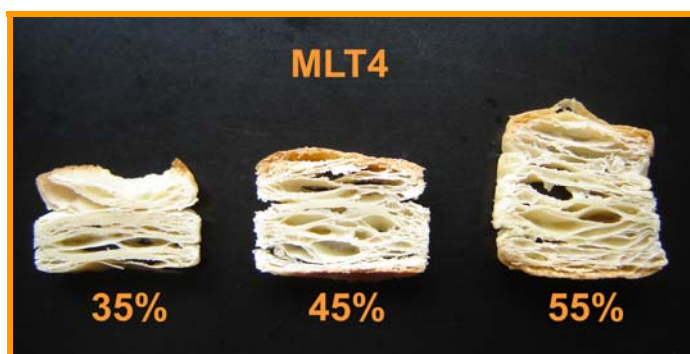
Minimalno skupljanje (0,06) i eliptičnost (1,03) peciva ukazuju da testo sa 35% margarina, kod koga je tokom izrade primenjeno minimalno odmaranje, tokom pečenja podleže najmanjim deformacijama (slika 4.37).

Vrednosti specifične mase su, s obzirom na velike razlike u zapremini peciva, a ujednačenoj masi od 26 ± 1 g, u nešto širem intervalu od 0,35 do 0,66 cm³/g. Primenom t-testa, na pragu značajnosti od 95%, utvrđeno je da kod uzoraka sa 35 i 55% statistički značajne razlike u srednjim vrednostima specifične mase margarina nastaju pri povećanju vremena odmaranja. Povećanje količine margarina kod uzoraka sa najkraćim odmaranjem

testa između faza laminiranja, takođe utiče na dobijanje statistički značajnih razlika u vrednostima specifične mase (prilog P24).

Analiza parametara senzornog kvaliteta peciva sa margarinom MLT4, prikazanih u tabeli 4.21 i u priložima P25 i P26, ukazuje da se dodatkom 35% margarina dobija nezadovoljavajući senzorni kvalitet peciva. Izrazito zbijena i nerazvijena struktura formira se kod uzorka kod koga je pored nedovoljne količine margarina, primenjeno kratko odmaranje testa od 15 minuta. Duže odmaranje testa između faza laminiranja poboljšava spoljašnji izgled i strukturu peciva, što značajno utiče i na kategoriju kvaliteta peciva.

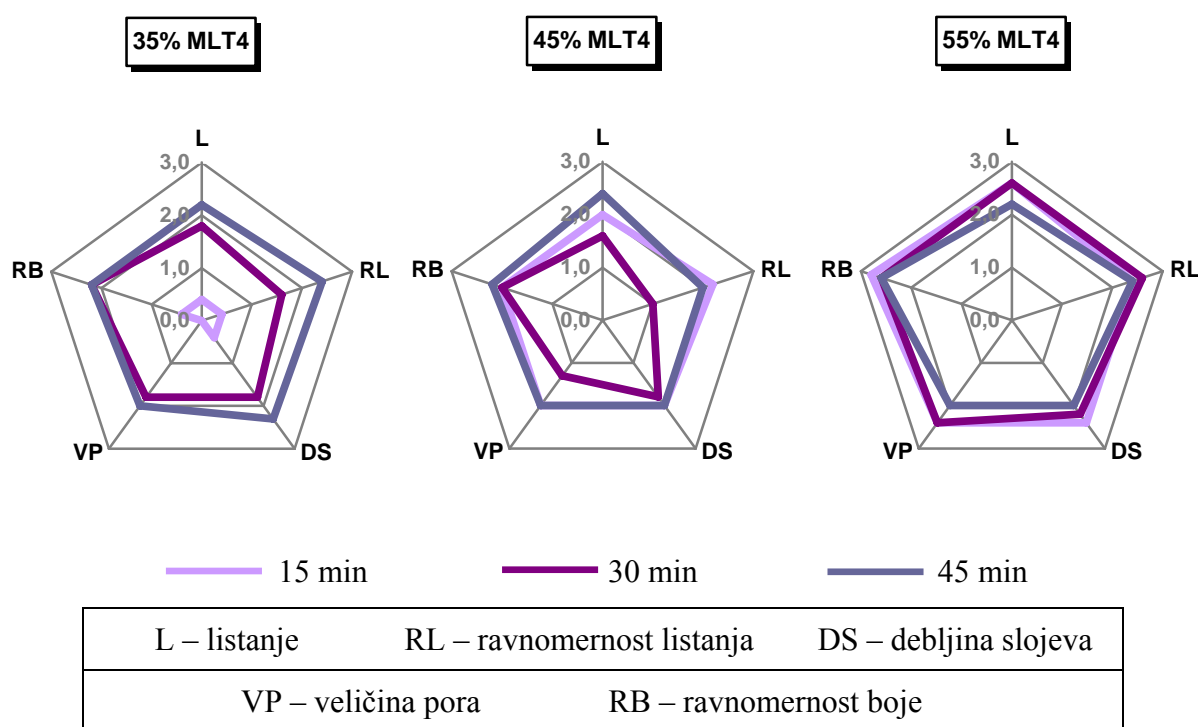
Odličan kvalitet peciva dobija se kod uzoraka sa maksimalnom količinom margarina (slika 4.38). Primena maksimalnog odmaranja testa utiče na mestimičnu pojavu slepljenih slojeva u strukturi peciva sa 55% margarina, što smanjuje zbir bodova, koji definiše kategoriju kvaliteta, za 10%. Kod uzoraka kod kojih je vreme odmaranja testa bilo 30 minuta, primetno je poboljšanje ukusa, koje se manifestuje lakšim zagrizom i boljom topivošću peciva. Pretpostavlja se da je registrovana minimalna čvrstoća kod peciva sa 45 i 55% margarina (tabela 4.21) uticala na pomenute pozitivne promene u njihovom ukusu.



Slika 4.38 Uticaj količine margarina MLT4 na kvalitet peciva

Rezultati senzorne ocene primenom QDA metode (prilog P26 i slika 4.39), ukazuju da dodatak 35% margarina za laminiranje i kratko odmaranje testa ne mogu obezbediti formiranje slojevite i nežne strukture peciva. Period relaksacije od 30, odnosno 45 minuta, međutim, može rezultirati određenim poboljšanjem kvaliteta sredine. Dodatak 45% margarina kod uzorka kod koga je primenjeno vreme odmaranja testa 15 minuta značajno povećava ocene svih analiziranih parametara kvaliteta. Pozitivne promene u kvalitetu sredine peciva sa 45% margarina, čije je vreme odmaranja iznosilo 30 minuta, manifestuju se u boljem listanju, većoj ravnomernosti listanja i smanjenju debljine slojeva.

Optimalno i ravnomerno listanje, tanki slojevi, krupne pore i ujednačena boja sredine peciva postiže se dodatkom 55% margarina. Primena maksimalnog odmaranja kod pomenutih uzoraka neznatno smanjuje listanje, povećava debljinu slojeva i veličinu pora u odnosu na uzorke kod kojih je vreme odmaranja iznosilo 15 ili 30 minuta.



Slika 4.39 Uticaj količine margarina MLT4 i vremena odmaranja na kvalitet sredine peciva

Optimalne fizičke osobine i odličan kvalitet peciva postignut je kod uzorka sa 55% margarina MLT4 i pri vremenu odmaranja od 15 min - narastanje 3,77, čvrstoća 19,78 kgs, zapremina 89,84 cm³ i ukupan broj bodova 18,6.

4.4 UTICAJ VRSTE MARGARINA NA KVALITET PECIVA

4.4.1 FIZIČKE OSOBINE LAMINIRANOG TESTA

Na osnovu rezultata prezentovanih u priložima P13 i P14 i dobijenih rezultata njihove statističke analize, uočava se da su razlike u sastavu masne faze, odnosno fizičko-hemijskim osobinama margarina za laminiranje uticale na različito ponašanje testa pri biaksijalnom istezanju. Jedino je kod uzoraka sa margarinom MLT1 duže odmaranje testa uticalo na smanjenje žilavosti. Kod uzoraka sa margarinom MLT2 i MLT4 najmanje vrednosti pomenutog fizičkog pokazatelja dobijene su dodatkom 35% margarina i pri kraćem odmaranju testa. Promene žilavosti testa u funkciji nezavisno promenljivih su najmanje izražene kod uzoraka sa margarinom MLT3, što je uticalo da i razlike u kvalitetu peciva izazvane povećanjem količine margarina u testu i/ili primenom različitog vremena odmaranja budu najmanje. Evidentno je da uzorci testa čija je žilavost u granicama od 388,8 do 427,4 g daju najbolji kvalitet peciva. Budući da testa čije su vrednosti žilavosti mnogo ispod ili neznatno iznad pomenutog intervala imaju značajno lošiji kvalitet peciva, pretpostavlja se da je za izradu lisnatog peciva optimalna žilavost oko 400 g.

Rezultati ispitivanja uticaja rastegljivosti laminiranog testa na kvalitet peciva potvrđuju da ne postoji korelacija između maksimalne rastegljivosti i kvaliteta peciva (prilog P14, tabele 4.15, 4.17, 4.19 i 4.21). Najbolji kvalitet peciva sa margarinom MLT1 i MLT4 postiže se kod uzoraka rastegljivosti 40 ± 2 mm. Primenom margarina MLT2 ili MLT3 dobijaju se niže vrednosti rastegljivosti testa, a najbolji kvalitet peciva imaju uzorci kod kojih je registrovana rastegljivost testa od 30 mm. Promene pomenutog fizičkog parametra kvaliteta u funkciji povećanja količine margarina su, zavisno od vrste margarina za laminiranje, u granicama od 10 do 35%. Rezultati potvrđuju da duže odmaranje nije značajno uticalo na rastegljivost testa, budući da je kod većine uzoraka došlo do blagog smanjenja pomenutog parametra za oko 5%. Maksimalne vrednosti rastegljivosti testa, ali i najmanje promene zavisno promenljive u funkciji nezavisno promenljivih nastaju kod uzoraka sa margarinom MLT4 (Prilog P14).

Dobijeni rezultati ukazuju da su granice optimalne rastegljivosti uslovljene osobinama margarina. U skladu sa rezultatima ispitivanja uticaja sastava masne faze na fizičke osobine laminiranog testa, može se pretpostaviti da je za primenu margarina većeg sadržaja čvrstih triglicerida, odnosno veće tvrdoće na 20 i 25°C, neophodno definisati količinu margarina i optimalne tehnološke parametre (broj istanjivanja, način i broj savijanja, vreme odmaranja) koji će obezbediti rastegljivost testa od 40 mm. Ukoliko se koriste margarini nižeg sadržaja SFC, optimalne fizičke osobine testa postižu se kada je rastegljivost testa za 25% niža.

4.4.2 FIZIČKE I SENZORNE OSOBINE PECIVA

Komparacijom rezultata dobijenih određivanjem fizičkih i senzornih parametara kvaliteta peciva u funkciji vrste margarina, uočavaju se značajne razlike u njihovim minimalnim i maksimalnim vrednostima, ali i u količini margarina koja doprinosi postizanju zadovoljavajućeg kvaliteta peciva (tabele 4.15, 4.17, 4.19 i 4.21). Zapaže se takođe da je vreme odmaranja testa, neophodno prilagoditi fizičko-hemijskim osobinama margarina za laminiranje. Optimalno vreme odmaranja testa sa margarinom MLT1 ili MLT4 je 30 minuta. Dodatak margarina nižeg sadržaja SFC i manje tvrdoće zahteva i duže odmaranje testa, pa se najbolji kvalitet peciva sa margarinom MLT2 ili MLT3 dobija kada je vreme relaksacije između faza laminiranja 45 minuta.

Narastanje testa sa margarinom MLT1, kao i testa sa MLT2 je za 20 do 50% veće u odnosu na uzorke sa margarinom MLT3 ili MLT4. Primena margarina MLT1 i MLT2 je u skladu sa rezultatima za narastanje omogućila i izradu peciva prilično velike zapremine, uglavnom iznad 70 do čak 100 cm³. Minimalno narastanje (1,52 - 2,69) i najniže vrednosti zapremine (32,0 - 75,53 cm³) dobijaju se kod uzoraka sa margarinom MLT3. Dodatak margarina MLT4 je, uprkos nešto slabijem narastanju, zahvaljujući minimalnim deformacijama oblika tokom pečenja (prilog P24), obezbedio dobijanje zapremine na nivou uzoraka peciva sa margarinom MLT1 ili MLT2.

Minimalna čvrstoća peciva je zavisno od vrste margarina u intervalu od 13 do 17 kgs, a maksimalna od 27 do 32 kgs. Najmanje promene u čvrstoći peciva uzrokovane varijacijama količine margarina ili vremena odmaranja uočavaju su kod uzoraka sa margarinom MLT4 (tabela 4.21).

Fizičke i senzorne osobine peciva sa uzorcima margarina MLT1, MLT2, MLT3 i MLT4 kod kojih je postignut najbolji kvalitet prikazane su u tabeli 4.22. Rezultati potvrđuju da su vrednosti maksimalnog narastanja u velikoj meri određene vrstom margarina. Kod uzoraka sa margarinom MLT1 i MLT2 postiže se relativno veliko narastanje, što je verovatno rezultat najstabilnijeg SFC u funkciji temperature. Narastanje peciva sa margarinom MLT4, koji ima visok sadržaj čvrstih triglicerida u temperaturnom intervalu od 10 do 30°C i lako formira kristalizaciona jezgara tokom kristalizacije, je 3,77. Kod peciva sa margarinom MLT3 najlošijih fizičko-hemijskih osobina, postignuto maksimalno narastanje je za 50% manje u odnosu na pecivo sa margarinom MLT1, za 60% sa margarinom MLT2 i za 45% u odnosu na uzorak sa margarinom MLT4.

Tabela 4.22

Zavisnost kvaliteta peciva u funkciji vrste margarina

Parametri kvaliteta	35% MLT1	55% MLT2	45% MLT3	55% MLT4
Narastanje	4,26 ± 0,37	5,30 ± 5,40	2,12 ± 0,10	3,77 ± 0,13
Zapremina (cm ³)	87,54 ± 6,62	100,97 ± 6,99	52,83 ± 3,08	89,84 ± 11,07
Čvrstoća (kgs)	13,07 ± 2,04	32,92 ± 4,21	18,83 ± 5,64	19,78 ± 6,87
Zbir bodova- Kategorija kvaliteta	17,3 vrlo dobar	19,0 odličan	14,2 dobar	18,6 vrlo dobar

Dodatkom margarina MLT1 i MLT4 postignuta je visoka zapremina, mala čvrstoća i vrlo dobar kvalitet peciva. Manje razlike u ukupnom broju bodova kod pomenutih uzoraka posledica su nešto pravilnijeg oblika, malo ravnomernije slojevitosti i aromatičnijeg ukusa peciva sa margarinom MLT4.

Primenom margarina MLT2 dobija se maksimalna zapremina i odličan kvalitet peciva - izrazita i ravnomerna slojevitost, nežna struktura, ujednačena boja sredine, izražen i zaokružen miris i ukus. Interesantno je takođe da visoka tačka topljenja margarina MLT2 (48,5°C), kao i margarina MLT1 (50,1°C) nije uticala na formiranje lojastog ukusa peciva. Pomenuti uzorci imali su svojstven i prijatan ukus, koji je kod uzorka sa margarinom MLT1 zbog minimalnog udela margarina nešto slabije izražen. Čvrstoća peciva sa margarinom MLT2 je 1,5 do 3 puta veća u odnosu na uzorke sa margarinom MLT1, MLT3 ili MLT4.

Zapremina peciva sa margarinom MLT3 je od 40 do 50% manja u odnosu na uzorke sa margarinom MLT1, MLT2 i MLT4. Manja zapremina i lošiji kvalitet peciva, posledica su odstupanja osobina margarina MLT3 od optimalnih vrednosti koje definišu tehnološki kvalitet namenskih margarina za laminiranje. Niži sadržaja SFC u temperaturnom intervalu od 25 do

40°C, relativno mala i mala tvrdoća na 20 i 25°C i nizak napon razrušavanja strukture margarina bili su značajan faktor nestabilnosti formiranih slojeva masti između slojeva testa, što je presudno uticalo na kvalitet peciva. Pecivo sa 45% margarina MLT3 ima nekarakterističan oblik, zbijenu, neslojevitou strukturu, ali izuzetno prijatan miris, aromatičan ukus i dobru topivost.

4.4.3 NUTRITIVNA VREDNOST PECIVA

Budući da je jedan od postavljenih ciljeva ovog rada bio i ispitivanje mogućnosti poboljšanja nutritivne vrednosti peciva analizirani su hemijski sastav, sadržaj zasićenih (SAFA) i *trans* (TFA) masnih kiselina i energetska vrednost peciva u funkciji vrste margarina (tabela 4.23). Sadržaj ugljenih hidrata u pecivu je u granicama od 42,41 do 46,72%, a proteina od 6,07 do 6,62%. Razlike u sadržaju ugljenih hidrata i proteina posledica su povećanja procentualnog udela margarina za laminiranje u testu identičanog sirovinskog sastava.

Tabela 4.23

Nutritivna vrednost 100 g peciva

Nutrijenti	35% MLT1	55% MLT2	45% MLT3	55% MLT4
Proteini (%/s.m.)	6,62	6,07	6,33	6,11
Ugljeni hidrati (%/s.m.)	46,72	42,41	44,45	43,10
Masti (%/s.m.)	18,63	25,96	22,47	25,81
od toga SAFA	9,41	13,55	11,71	14,41
TFA	0,06	0,13	1,32	6,82
Energetska vrednost (kJ)	1617,61 kJ	1810,37 kJ	1718,35 kJ	1817,28 kJ

Pecivo sa 35% margarina MLT1, s obzirom na najmanji udeo margarina za laminiranje u testu, ima minimalan sadržaj masti od 18,63%, a time i najmanju energetska vrednost 1595,30 kJ. Pomenuti uzorak ima i najmanji udeo zasićenih 9,41 % i *trans* masnih kiselina 0,06%, što predstavlja značajan doprinos poboljšanju njegove nutritivne vrednosti. Sadržaj SAFA u pomentom uzorku je za 5 do 50% manji u odnosu na peciva sa margarinom MLT3, MLT2 ili MLT1.

Uočava se da pecivo sa 55% margarina MLT2 ima minimalan sadržaj skroba i proteina, maksimalan sadržaj masti, sadržaj SAFA 13,55%, TFA 0,13%, i visoku energetske vrednost od 1697,20 kJ. Primenom margarina MLT3 u izradi lisnatog peciva značajno se povećava udeo TFA u odnosu na peciva sa margarinom MLT1 ili MLT2, ali ne i u odnosu na pecivo sa maksimalnim sadržajem margarina MLT4. Pecivo sa 55% margarina MLT4 ima veći sadržaj proteina i skroba i neznatno niži sadržaj masti u odnosu na pecivo sa margarinom MLT2 identičnog udela margarina za laminiranje. Uprkos relativno ujednačenom udelu proteina, ugljenih hidrata i masti kod uziraka peciva sa margarinom MLT2, odnosno MLT4, sastav masne faze margarina MLT4 imao je izrazito nepovoljan efekat na sadržaj TFA u gotovom proizvodu.

Udeo TFA u pomenutom uzorku peciva je u odnosu na peciva sa margarinom MLT3, MLT2 i MLT1 veći 5, 50 odnosno 100 puta. Sadržaj TFA od 6,82% je neprihvatljiv, jer nezadovoljava zahteve Svetske zdravstvene organizacije, koja preporučuje da ukupni dnevni unos TFA bude manji od 1% dnevno potrebne energije (*World Health Organization 2003*). Konzumiranjem samo 100 g peciva sa udelom TFA od 6,82% obezbeđuje se 3,06% dnevne energije osobe sa prosečnim energetske potrebama od 8372 kJ (2000 kcal). Uprkos odličnom kvalitetu, nutritivna vrednost peciva sa margarinom MLT4 je zbog maksimalnog udela SAFA i TFA značajno pogoršana u odnosu na uzorke sa margarinima čiji je sastav masne faze usaglašen sa savremenim nutritivnim zahtevima. Nepovoljan nutritivni sastav margarina MLT4, s obzirom na visoku zastupljenost pekarskih proizvoda u ishrani može značajno povećati ukupan dnevni unos aterogenih masnih kiselina koje predstavljaju faktor rizika za kardiovaskularne bolesti.

5 ZAKLJUČAK

Ispitivanje uticaja sastava masne faze na fizičke i senzorne osobine peciva od laminiranog testa izvedeno je u dve faze: definisanje sirovinskog sastava osnovnog testa i optimizacija tehnološkog procesa proizvodnje.

Na osnovu rezultata ispitivanja uticaja sirovinskog sastava na fizičke osobine osnovnog testa i kvalitet peciva može se zaključiti sledeće:

- Promene farinografskih pokazatelja osnovnog testa u funkciji vrste i količine margarina za zames i količine emulgatora su minimalne. Ekstenzografski pokazatelji su manje uslovljeni vrstom margarina, a više količinom dodataka u testu. Vrednosti otpora testa po Kieffer-u su kod uzoraka sa margarinom MZ2 manje za 25 do 40% u odnosu na uzorke sa margarinom MZ1.
- Optimalne fizičke osobine testa tokom istežanja: energija $79,3 \text{ cm}^2$, otpor $225,0 \text{ Ej}$ (otpor po Kieffer-u $36,9 \text{ g}$) i rastegljivost $180,0 \text{ mm}$ (rastegljivost po Kieffer-u $31,1 \text{ mm}$) obezbeđuje dodatak 1% margarina MZ1 i 0,3% emulgatora. Testo sa 1% margarina MZ2 i 0,3% emulgatora takođe ima zadovoljavajuće fizičke osobine: relativno visoku energiju $77,8 \text{ cm}^2$, otpor $249,5 \text{ Ej}$ (otpor po Kieffer-u $28,3 \text{ g}$) i rastegljivost $170,5$ (rastegljivost po Kieffer-u $32,1 \text{ mm}$).
- Nezavisno od vrste margarina, elastične osobine testa dominiraju nad viskoznim. Najniže vrednosti $\tan\delta$ ($0,63$ i $0,74$), odnosno najveću stabilnost strukture testa obezbeđuje dodatak 1% margarina (MZ1 ili MZ2) i 0,3% emulgatora. Promene elastičnog modula G' u funkciji ugaone brzine su intenzivnije kod uzorka sa margarinom MZ1, a viskozni modul manji za oko 50% u odnosu na uzorak sa margarinom MZ2.

- Konzistencija osnovnog testa sa margarinom MZ2 se neznatno menja u funkciji količine margarina i emulgatora, a odstupanja od konzistencije margarina za laminiranje su na nivou 15%. Kod uzoraka sa margarinom MZ1 sirovinski sastav bitno utiče na konzistenciju testa, a maksimalno odstupanje od konzistencije margarina za laminiranje je čak 70%.
- Za vrlo dobro narastanje (iznad 5,0) laminiranog testa tokom pečenja neophodno je da ili otpor osnovnog testa bude iznad 270 Ej ili rastegljivost iznad 170 mm, a vrednosti $\tan\delta$ ispod 0,80.
- Zapremina peciva sa margarinom MZ1 je u zavisnosti od količine dodataka veća za 20 do 40% u odnosu na pecivo sa margarinom MZ2 ekvivalentnog sirovinskog sastava, što je posledica nižih vrednosti $\tan\delta$, odnosno veće stabilnosti proteinskog matriksa testa sa dodatkom margarina MZ1.
- Peciva sa 1% margarina MZ1 ili MZ2 i 0,5%, odnosno 0,3% emulgatora imaju minimalnu čvrstoću (ispod 14 kgs). Povećanje količine emulgatora pri minimalnom i maksimalnom udelu margarina smanjuje čvrstoću peciva 2 odnosno 3 puta.
- Pecivo sa 1% margarina MZ1 i 0,5% emulgatora ima maksimalnu zapreminu 145,2 cm³, maksimalno narastanje 5,99, minimalnu čvrstoću 12,2 kgs i odličan kvalitet – karakterističan oblik, slojevitost sredinu peciva, zaokružen i aromatičan miris i ukus i odličnu topivost.
- Optimalne fizičke karakteristike: narastanje 5,06, zapremina 108,2 cm³ i čvrstoća 13,6 kgs i odličan kvalitet lisnatog peciva - delimično simetričan i pravilan oblik, ravnomerno slojevita struktura, tanki slojevi, svojstven i zaokružen miris i ukus i odlična topivost postiže se dodatkom 1% margarina MZ2 i 0,3% emulgatora.
- Bolji kvalitet strukture peciva sa margarinom MLT2 (ocene veće za 10 do 45%) u odnosu na uzorke sa margarinom MLT1 je rezultat značajno manjih razlika u konzistencijama osnovnog testa i margarina za laminiranje.
- Primena margarina MZ2 obezbedila je bolju obradivost testa tokom laminiranja u odnosu na testo sa margarinom MZ1. Za izradu osnovnog testa odgovarajućih fizičkih osobina i odličnog kvaliteta lisnatog peciva optimalan je dodatak 1% margarina MZ2 i 0,3% emulgatora.

Na osnovu rezultata ispitivanja uticaja sastava masne faze margarina za laminiranje na fizičke osobine laminiranog testa, fizičke i senzorne osobine i nutritivnu vrednost peciva može se zaključiti sledeće:

- Margarini MLT1 i MLT2 imaju praktično zanemarljiv sadržaj za zdravlje štetnih *trans* masnih kiselina (TFA ispod 1%). Udeo TFA u uzorku MLT3 je malo povećan (5,4%), a margarin MLT4 ima izuzetno visok sadržaj *trans* masnih kiselina od 23,8%. Zbir zasićenih i *trans* masnih kiselina (SAFA + TFA) je ipak relativno ujednačen, odnosno kod MLT1 i MLT2 je oko 52%, a kod MLT3 i MLT4 54,5%, odnosno 56,4%, jer se u tehnološkom procesu proizvodnje namenskih margarina optimalnih fizičkih svojstava pri smanjenju TFA ne može izbeći povećanje SAFA.
- Margarini MLT1 i MLT2 imaju stabilniji odnos čvrste i tečne faze u temperaturnom intervalu od 25 do 40°C, pa su i promene u njihovoj tvrdoći (konzistenciji) pri izvesnim temperaturnim oscilacijama znatno manje u odnosu na uzorke MLT3 i MLT4. Tvrdoća margarina MLT1 i MLT2 se pri povećanju temperature sa 20 na 30°C smanjuje za 5 do 25%, a margarina ML3 i MLT4 i do 70%.
- Za destrukciju strukture margarina MLT1, MLT2 i MLT4 je neophodno uložiti veću silu, jer su prinosni naponi pomenutih uzoraka 2,5 do 3 puta veći u odnosu na uzorak MLT3. Površina tiksotropne petlje margarina MLT1 je veća 1,6 puta, margarina MLT4 3 puta i margarina MLT1 7 puta u odnosu na uzorak MLT3, što takođe potvrđuje da su primarne i sekundarne veze kristalne rešetke margarina MLT3 najslabije.
- Između maksimalne rastegljivosti laminiranog testa pri biaksijalnom istezanju i kvaliteta peciva ne postoji korelacija, ali određena veza postoji između optimalne rastegljivosti i osobina margarina za laminiranje. Za primenu margarina većeg sadržaja čvrstih triglicerida, odnosno veće tvrdoće na 20 i 25°C, neophodno je da rastegljivost testa nakon laminiranja bude 40 mm. Kod margarina nižeg sadržaja SFC, zadovoljavajući kvalitet peciva dobija se kada su vrednosti rastegljivosti laminiranog testa za 25% niže.
- Vreme odmaranja testa je neophodno prilagoditi fizičko-hemijskim osobinama margarina za laminiranje. Optimalno vreme odmaranja testa sa margarinom MLT1 ili MLT4 je 30 minuta. Dodatak margarina nižeg sadržaja SFC i manje tvrdoće zahteva i duže odmaranje testa, pa se najbolji kvalitet peciva sa margarinom MLT2 ili MLT3 dobija kada je vreme relaksacije između faza laminiranja 45 minuta.

- Narastanje testa sa margarinom MLT1, kao i testa sa MLT2 je za 20 do 50% veće u odnosu na uzorke sa margarinom MLT3 ili MLT4. Dobro narastanje testa tokom pečenja je rezultiralo zadovoljavajućom zapreminom peciva (od 70 do 100 cm³). Vrednosti zapremine peciva sa margarinom MLT3 su niže za 25 do 50%, dok je kod peciva sa margarinom MLT4 i pored malog narastanja zbog minimalnih deformacija oblika, zapremina na nivou zapremine peciva sa margarinom MLT1 ili MLT2.
- Margarine MLT1 i MLT4 imaju optimalne fizičko-hemijske osobine za izradu lisnatog peciva. Uzorak MLT1 ima najstabilniju krivu zavisnosti SFC u funkciji temperature, optimalnu tvrdoću na 20 i 25°C (405,4 i 354,8 g), visok sadržaj čvrstih triglicerida koji se formira tokom kristalizacije (38,1%) i najveći napon razrušavanja strukture (580,96 Pa). Slične osobine ima i margarin MLT4 – najveću promenu entalpije topljenja, visok sadržaj čvrstih triglicerida u temperaturnom intervalu 10-30°C, maksimalan SFC tokom kristalizacije (40,18%) i relativno veliki napon razrušavanja strukture (253,70 Pa).
- Peciva sa 35% margarina MLT1 kod kojih je vreme odmaranja testa između faza laminiranja bilo 30, odnosno 45 min karakteriše vrlo dobro narastanje (iznad 4,0), najmanje deformacije oblika tokom pečenja i relativno visoka zapremina (85,84 do 91,41 cm³). Čvrstoća pomenutih uzoraka je manja za 60, odnosno 100% u odnosu na uzorke sa 45 i 55% margarina kod kojih je primenjeno isto vreme odmaranja.
- Dodatkom 35% margarina MLT1 i primenom duže relaksacije testa od 30 ili 45 minuta, osim poželjnih fizičkih osobina postiže se i vrlo dobar senzorni kvalitet peciva - pravilan oblik, karakteristična boja, slojevita struktura, ujednačena boja sredine, svojstven i delimično aromatičan miris i ukus.
- Najbolji kvalitet peciva sa margarinom MLT2 dobija se dodatkom 55% margarina uz maksimalno vreme odmaranja od 45 minuta. Vrednosti svih ispitivanih parametara kvaliteta su vrlo visoke - zapremina 100,97 cm³, narastanje 5,27, odlična struktura peciva, zbir bodova koji definiše kategoriju kvaliteta 19,0.
- Kvalitet peciva sa margarinom MLT3 je nezavisno od količine margarina i primenjenog odmaranja testa tokom laminiranja loš, narastanje testa tokom pečenja nedovoljno (ispod 2,0), a zapremina velikog broja uzoraka manja od 60 cm³. Nezadovoljavajući kvalitet peciva posledica je fizičkih osobina margarina - nestabilnog sadržaja SFC u funkciji temperature, nedovoljne tvrdoće na temperaturama 20 i 25°C i niskog napona razrušavanja strukture.

- Za dobijanje zadovoljavajućih fizičkih i senzornih osobina peciva sa margarinom MLT4, neophodan je dodatak 55% margarina i primena kraćeg odmaranja testa od 15 min. Pomenut uslovi obezbeđuju sledeće karakteristike peciva: narastanje 3,77, čvrstoću 19,78 kgs, zapreminu 89,84 cm³ i odličan senzorni kvalitet.
- Pecivo sa 35% margarina MLT1, ima minimalan sadržaj masti od 18,63%, a time i najmanju energetska vrednost 1595,30 kJ. Pomenuti uzorak ima i najmanji udeo zasićenih 9,41 % i *trans* masnih kiselina 0,06%, što predstavlja značajan doprinos poboljšanju njegove nutritivne vrednosti.
- Margarini čiji je sastav masne faze modifikovan i prilagođen trendovima u ishrani, mogu se uspešno primeniti za izradu lisnatog peciva. Pri izboru margarina za laminiranje nizak sadržaj *trans* masnih kiselina ne sme biti jedini i presudni parametar, već je neophodno definisati efekte smanjenja TFA na njihove fizičke osobine. Određivanjem minimalne količine margarina, koja obezbeđuje zadovoljavajući kvalitet peciva, i optimizacijom tehnološkog procesa proizvodnje može se postići smanjenje sadržaja masti za oko 30% i udela *trans* masnih kiselina ispod 1%, kao i redukcija energetske vrednosti proizvoda za 12% u odnosu na peciva sa margarinima dobijenim postupkom parcijalne hidrogenacije sa visokim sadržajem TFA (25%).

6 LITERATURA

- Akoh C.C. (1998).** Fat replacers. *Food Technology*, 52(3), 47-53.
- AOAC (1994).** Microchemical determination of nitrogen Method 960.52. *Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists*, 15th Edition, Washington, DC.
- AOAC (2002).** Oils and Fat, Boron Trifluoride method Method 969.33. *Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists*, 17th Edition, Gaithersburg, MD.
- Aro A. (2006).** The scientific basis for *trans* fatty acid regulations – is it sufficient? A European Perspective. *Atherosclerosis Supplements*, 7, 67-68.
- Aro A., van Amelsvoort J., Becker W., van Erp-Baart M.A., Kafatos A., Leth T., van Poppel G. (1998).** *Trans* fatty acids in dietary fats and oils from 14 European countries: TRANSFAIR study. *Journal of Food Composition and Analysis*, 11, 137-149.
- Ascherio A. (2007).** *Trans* fatty acids and blood lipids. *Atherosclerosis Supplements*, 7, 25-7.
- Berland S., Launay B. (1996).** Rheological properties of wheat flour doughs in steady and dynamic shear: effect of water content and some additives. *Cereal Chemistry*, 72(1), 48-52.
- Bloksma A.H. (1990).** Dough structure, dough rheology and baking quality. *Cereal Foods World*, 35, 237-244.
- Bokisch M. (1993).** *Fats and oils handbook*, AOCS Press, Champaign, Illinois.
- Boode-Boissevain K., Van Houdt-Moree J.D. (1996).** Fat-reduced laminated doughs. *US Patent No. 5,480,662*.
- Busfield W.K., Proschago P.N. (1990).** Thermal analysis of palm stearin by DSC. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 67 (3), 171-175.
- Buttini R., Gazzola G., Righi A. (2004).** Margarine-like food composition with reduced fat content. European patent application. *European Patent Application*, 04425487.8.
- Cauvain S., Young L. (2001).** *Bakery Food Manufacture and Quality: Water control and effects*, Blackwell Science, Oxford, UK.

- Cheong L., Tan C., Long K., Yusoff M.A., Lai O. (2009).** Physicochemical, textural and viscoelastic properties of palm diacylglycerol bakery margarine during storage. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 86, 723-731.
- Choi N.J., Enser M., Wood J.D., Scollan N.D. (2000).** Effect of breed on the deposition in beef muscle and adipose tissue of dietary n-3 fatty acids. *Animal Science*, 71, 509-519.
- Clarke R., Frost C., Collins R., Appleby P., Peto R. (1997).** Dietary lipids and blood cholesterol: quantitative meta-analysis of metabolic ward studies. *British Medical Journal*, 314, 112-117.
- Costa A.I.A., Jongen W.M.F. (2006).** New insights into consumer-led food product development. *Trends in Food Science & Technology*, 17, 457-465.
- de Man L., de Man J.M., Blackman B. (1991).** Physical and textural characteristic of some North American shortenings. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 68, 63-69.
- Dobraszczyk B.J. (2000).** Measuring the rheological properties of dough. In S.P. Cauvain (Ed.), *Bread making improving quality*, Woodhead Publishing in Food Science and Technology, London, 375-389.
- Dobraszczyk B.J., Morgenstern M.P. (2003).** Rheology and breadmaking process. *Journal of Cereal Science*, 38, 229-245.
- Dobraszczyk B.J., Roberts C.A. (1994).** Strain hardening and dough gas cell-wall failure in biaxial extension. *Journal of Cereal Science*, 20, 265-274.
- Doerry W.T., Meloan E. (1986).** Croissant technology. *AIB Technical Bulletin*, 8, 10, 1-9.
- Dunnewind B., Sliwinski E.L., Grolle K., van Vilet T. (2004).** The Kieffer dough and gluten extensibility rig – an experimental evaluation. *Journal of Texture Studies*, 34, 537-560.
- Đurić V. (1993).** Određivanje optimalnog kvaliteta brašna za proizvodnju lisnatog testa. *Magistarski rad*, Tehnološki fakultet.
- Dus S.J., Kokini J.L. (1990).** Prediction of nonlinear viscoelastic properties of a hard wheat flour dough using the Bird-Carreau constitutive model. *Journal of Rheology*, 34, 1069-1084.
- European Food Safety Authority (2004).** Opinion of the EFSA Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on *trans* fatty acids in foods and effect on human health on the consumption of *trans* fatty acids. *EFSA Journal*, 81, 1-49.

- Fine J.B., Paska J.M., Feeney J.F. (2006).** Low *trans* puff pastry composition, method of use and puff pastry products. *World Intellectual Property Organization WO 2006/133124 A1*.
- Foubert I., Dewettinck K., Janssen G., Vanrolleghem P.A. (2006).** Modelling two-step isothermal fat crystallization. *Journal of Food Engineering*, 75, 551-559.
- Foubert I., Dewettinck K., Vanrolleghem P.A. (2003).** Modelling of the crystallization kinetics of fats. *Trends in Food Science and Technology*, 14, 79-92.
- Foubert I., Vanrolleghem 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.
- Frazier P.J., Fitchett C.S., Russel Eggitt P.W. (1985).** Laboratory measurement of dough development. In H. Faridi (Ed.), *Rheology of wheat products*, American Association of Cereal Chemists, Minnesota, 151-175.
- Geittner J. (1978).** L-cysteine for the simplification of the manufacture of biscuits and puff pastry. *Getreide Mehle Brot*, 32, 124-126.
- Ghotra B.S., Dyal S.D., Narine S.S. (2002).** Lipid shortenings: a review. *Food Research International*, 35, 1015-1048.
- Gomez M., Del Real S., Rosell C.M., Ronda F., Blanco C., Caballero P.A. (2004).** Functionality of different emulsifiers on the performance of breadmaking and wheat bread quality. *European Food Research & Technology*, 219(2), 45-160.
- Goyal U., Sadana B., Sadana V. (2005).** Contribution of various foods to fat and fatty acids intake among urban and semi-urban women of Punjab. *Journal of Human Ecology*, 18(3), 217-220.
- Grujić R., Marjanović N., Radanović R., Popov-Raljić J., Komić J. (2001).** *Kvalitet i analiza namirnica*. Univerzitet u Banja Luci.
- Grujić S., Odžaković B., Popara D. (2008).** Application of sensory evaluation in the croissant quality assurance. I International congress Food Technology, Quality and Safety, XVI Symposium Cereal-Bread and Confectionery Products. *Proceedings*, 83-90.
- Hassel C.A. (1993).** Nutritional implications of fat substitutes. *Cereal Foods World*, 38(3), 142-144.
- Haumann, F.B. (1986).** Getting the fat out, researchers seek substitutes for full-fat. *Journal of the American Oil Chemists ' Society*, 63(3), 278-288.

- Hay R.L. (1993).** Effect of flour quality characteristics on puff pastry baking performance. *Cereal Chemistry*, 70(4), 392-396.
- Hazová B., Kukurukova I., Turicova R., Podok L. (2002).** Sensory quality of sored croissant – type bakery products. *Czech Journal Food Science*, 20, 105-112.
- Hegsted M., Ausman L.M., Johnson J.A., Dallal G.E. (1993).** Dietary fat and serum lipids: an evaluation of the experimental data. *American Journal of Clinical Nutrition*, 57, 875-883.
- Hodge, D.G. (1986).** Fat in baked products, *BNF Nutrition Bulletin*, 11(3), 153-165.
- Hokanson J.E., Austin M.A. (1996).** Plasma triglyceride level is a risk factor for cardiovascular disease independent of high-density lipoprotein cholesterol level: a meta-analysis of population-based prospective studies. *Journal of Cardiovascular Risk*, 3, 213–219.
- Howell W.H., McNamara D.J., Tosca M.A., Smith B.T., Gaines J.A. (1997).** Plasma lipid and lipoprotein responses to dietary fat and cholesterol: a meta-analysis. *American Journal of Clinical Nutrition*, 65, 1747-1764.
- International Union of Food Science & Technology (2006).** *Trans fatty acids. IUFoST Scientific Information Bulletin*, May 2006, 1-7.
- ISO (2002).** *International Organization for Standardization*. Determination of the content of trans fatty acid isomers of vegetable fats and oils - Gas chromatographic method, ISO15304.
- ISO (2008).** *International Organization for Standardization*. Determination of the solid fat content by pulsed nuclear magnetic resonance method, ISO 8292-1.
- ISO (2008).** *International Organization for Standardization*. Sensory analysis, ISO 8586-2.
- Ivanov D. (2007).** Određivanje trans masnih kiselina u namenskim mastima za pekarsku i konditorsku proizvodnju primenom kapilarne gasne hromatografije – masene spektrometrije. *Diplomski rad*, Tehnološki fakultet, Novi Sad.
- Jakobsen M.U., Bysted A., Andersen N.L., Heitmann B.L., Hartkopp H.B., Leth T., Overvad K., Dyerberg J. (2006).** Intake of ruminant *trans* fatty acids in the Danish population aged 1-80 years. *European Journal of Clinical Nutrition*, 60, 312-318.
- Jissy J., Leelavathi K. (2007).** Effect of fat-type on cookie dough and cookie quality. *Journal of Food Engineering*, 79, 299-305.

- Judd J.T., Clevidence B.A., Muesing R.A., Wittes J., Sunkin M.E., Podczasy J.J. (1994).** Dietary *trans* fatty acids: effects of plasma lipids and lipoproteins of healthy men and women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 59, 861-868.
- Kaluđerski G., Filipović N. (1998).** *Metode ispitivanja kvaliteta žita, brašna i gotovih proizvoda.* Tehnološki fakultet, Zavod za tehnologiju žita i brašna, Novi Sad.
- Kaluđerski G., Filipović N., Vrbaški Ž. (1998).** Neke hidrogenovane masti kao poboljšivači kvaliteta hleba i peciva. *Žito-hleb*, 13 (4), 109-119
- Karlović Đ. (1983).** Razrada tehnološkog postupka interesterifikacije radi dobijanja unapred utvrđenih fizičkih i funkcionalnih osobina. *Doktorska disertacija*, Tehnološki fakultet, Novi Sad.
- Katan M.B., Zock P.L. (1995).** *Trans* fatty acids and their effects on lipoproteins in humans. *Annual Review of Nutrition*, 15, 473-493.
- Kazier H., Dyer B. (1995).** Reduced-fat pastry margarine for laminated dough in puff, Danish, and croissant application. *Cereal Food Worlds*, 40(5), 363-365.
- Keyes A., Anderson J.T., Grande F. (1965).** Serum cholesterol response to changes in the diet. 1V. Particular saturated fatty acids in the diet. *Metabolism*, 14, 776-787.
- Khatkar B.S. (2004).** Effect of mixing time on dynamic rheological properties of wheat flour dough. *Journal of Food Science and Technology*, 41, 320-322.
- Kieffer R., Garnreiter F., Belitz H.D. (1981).** Beurteilung von teigeigenschaften durch zugversuche im mikromassstab. *Z Lebensm Unters Forsch*, 127, 193-194.
- King J.M., White P.J. (1999).** Impact of processing on formation of *trans* fatty acids. In L.S. Jackson, J.N. Morgan, M.G. Knize (Eds.), *Impact of processing on food safety*, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 51-65.
- Klemann L.P., Finley J.W. (1990).** Complex linked ester low calorie fat mimetics. *US Patent No. 4,963,386.*
- Kovačević M. (1996).** *Pekarstvo i poslastičarstvo.* Progres, Novi Sad.
- Kravić S., Marjanović N., Suturović Z., Švarc-Gajić J., Pucarević M. (2006).** Sastav masnih kiselina industrijskih margarina za domaćinstvo uključujući i *trans* izomere. *Uljarstvo*, 37(3-4), 45-51.
- Kris-Etherton P.M., Yu S. (1997).** Individual fatty acids on plasma lipids and lipoproteins: human studies. *American Journal of Clinical Nutrition*, 65, 1628S-1644S.
- Kritchevsky D. (2008).** Fats and Oils in Human Health. In C.C. Akoh, D.B. Min (Eds.), *Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology*, CRC Press, New York, 690-695.

- Kulicke W., Eidam D., Kath F., Kix M., Kull A. H. (1996).** Hydrocolloids and Rheology: Regulation of visco-elastic characteristics of waxy rice starch in mixtures with galactomannans. *Starch/Starke*, 48, 105-114.
- Laia O.M., Ghazalia H.M., Cho F., Chong C.L. (2000).** Physical and textural properties of an experimental table margarine prepared from lipase-catalysed transesterified palm stearin: palm kernel olein mixture during storage. *Food Chemistry*, 71, 173-179.
- Lake R., Thompson B., Devane G., Scholes P. (1996).** *Trans* fatty acids content of selected New Zealand foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 9, 365-374.
- Larré C., Denery-Papini S., Popiuneau Z., Deshayes G., Desserme C., Lefebvre J. (2000).** Biochemical analysis and rheological properties of gluten modified by transglutaminase. *Cereal Chemistry*, 77, 121-127.
- Lawson K., Kester J. (1992).** Progress with olestra, a non-absorbable fat replacement. *Lipid Technology*, 4 (5), 115-118.
- Le Bail A., Monteau J.Y., Margerie F., Lucas T., Chargelegue A., Revedy Y. (2005).** Impact of selected process parameters on crust flaking of frozen partly baked bread. *Journal of Food Engineering*, 69, 503-509.
- Lepšanović Lj., Lepšanović L. (2009).** Uticaj masnih kiselina iz ishrane na razvitak ateroskleroze. *Timočki medicinski glasnik*, 34 (2), 104-111.
- Lindhall L., Eliasson A.C. (1992).** A comparison of some rheological properties of durum and wheat flour doughs. *Cereal Chemistry*, 69, 30-34.
- Lőrinczy D., Regdon Jr G., Keller B., Szakály S., Schäffer B. (2007).** Development of a DSC Method for Determination of Certain Technological Parameters of Margarine and Mixed-Fat Spread. *Journal of Thermal Analysis and Calometry*, 88 (2), 351-354.
- Ludewig H.G. (1987).** Technologie der herstellung von blätterteig-gebäcken. *Zucker-und Süßwarenwirtschaft*, 40, 172-178.
- Maache-Rezzoung Z., Bouvier J., Allaf K., Patras C. (1998).** Effect of principal ingredients on rheological behavior of biscuit dough and on quality of biscuit. *Journal of Food Engineering*, 35, 23-42.
- MacRitchie F. (1986).** Physicochemical processes in mixing. In J.M.V. Blanshard, P.J. Frazier, T. Galliard (Eds.), *Chemistry and Physics of Baking: Materials, Processes and Products*, Woodhead Publishing Limited, England, 137.
- Manley D. (2000):** Puff pastry production, In D. Manley (Ed.), *Technology of Biscuits, Crackers, and Cookies*, Woodhead Publishing Limited, England, 257.

- Marangoni A.G., Narine S. (2001).** *Physical properties of lipids*, CRC Press, New York, 63-60.
- McGill E.A. (1981).** *A closer look at bakery fats*, Peerless Food Products, 2-20.
- Mezger T.G. (2002).** *The rheology Handbook*, Vincentz Verlag, Hannover.
- Miljanić S., Karlović Đ., Milović S., Đurković V. (2002).** Praktična iskustva na esterifikaciji jestivih ulja i masti u pogonskim uslovima. *Uljarstvo*, 33 (1-2), 51-55.
- Millar S. (2000).** Controlling dough development. In S.P. Cauvain (Ed.), *Bread making improving quality*, Woodhead Publishing in Food Science and Technology, London, 401-408.
- Morgenstern M.P., Zheng H., Ross M., Campanella O.H. (1999).** Rheological properties of sheeted wheat flour dough measured with large deformations. *International Journal of Food Properties*, 2, 267-275.
- Morgenstern M.P., Newberry M.P., Holst S.E. (1996).** Extensional properties of dough sheets. *Cereal Chemistry*, 73, 478-482.
- Müller H., Kirkhus B., Pederson J.I. (2001).** Serum cholesterol predictive equations with special emphasis on *trans* and saturated fatty acids. An analysis from designed controlled studies. *Lipids*, 36, 783-791.
- Nielsen K. (2006).** Is the quality and cost of food affected if industrially produced *trans* fatty acids are removed? *Atherosclerosis Supplements*, 7, 61-62.
- Novaković B., Miroslavljević M. (2002).** *Higijena ishrane*. Medicinski fakultet, Novi Sad.
- O'Brien C.M. (2003).** *Fat and oils: formulating and processing for applications*. CRC Press, USA.
- O'Brien C.M., Chapman D., Nevile D.P., Keogh M.K., Arendt E.K. (2003).** Effect of varying the microencapsulation process on the functionality of hydrogenated vegetable fat in short dough biscuits. *Food Research International*, 36, 215-221.
- Orphanos P.D., Bernhardt C.A., Madison B.L., Seiden P., Ehrman A.M., Baqinski J.R., Guffey T.B. (1990).** Sucrose fatty acids ester compositions and shortenings and margarines made there from. *US Patent, No. 4,940,601*.
- Pajin B., Karlović Đ., Omorjan R., Sovilj V., Antić D. (2007).** Influence of filling fat type on praline products with nougat filling. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109, 1-4.

- Picard N. (1997).** Substitution de la matière grasse animale et réduction des calories d'une pâte feuilletée industrielle. *Maître tesos*, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation Université Laval.
- Pravilnik o kvalitetu žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenina i brzo smrznutih testa (2003).** *Sl. list SCG 56/2003*.
- Pribiš V. (1999).** *Nutritivna i senzorna svojstva hrane*. Tehnološki fakultet, Novi Sad.
- Radočaj O. (1993).** Optimizacija kvaliteta masne faze margarina za izradu croissant-a. *Magistarski rad*, Tehnološki fakultet, Novi Sad.
- Ratnayake W.M.N., Hollywood R., O'Grady E., Pelletier G. (1993).** Fatty acids in some common food items in Canada. *Journal of the American College of Nutrition*, 12 (6), 651-660.
- Reddy S.Y., Jeyarany T. (2001).** Trans-free bakery shortenings from mango kernel and mahua fats by fractionation and blending. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78, 635-640.
- Sai Manohar R., Hardias Rao P. (1999).** Effect of emulsifiers, fat level and type on the rheological characteristics of biscuit dough and quality of biscuits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79, 1223-1231.
- Salvador A., Sanz T., Fiszman S.M. (2003).** Rheological properties of batters for coating products – effect of addition of corn flour and salt. *Food Science and Technology International*, 9 (1), 23-27.
- Schramm G. (2000).** *A practical approach to rheology and rheometry*, Gebrueder HAAKE GmbH, Karlsruhe.
- Segura J.A., Herrera M.L., Añón M.C. (1995).** Margarines: a rheological study. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 72, 375-378.
- Sliwinski E.L., Kolester P., Van Vilet T. (2004).** On the relationship between large-deformation properties of wheat flour dough and baking quality. *Journal of Cereal Science*, 39, 231-245.
- Smewing J. (1995).** *The Measurement of Dough and Gluten Extensibility Using the SMS/Kieffer Rig and the TA.XT2 Texture Analyser*, Stable Micro Systems, England.
- Spinner J. (1990).** Olestra, a manufacture's viewpoint. *European Journal of Medical Research*, 8, 325-331.
- Stampfer M.J., Krauss R.M., Ma J., Blance P.J., Holl L.G., Sacks F.M., Hennekens C.H. (1996).** A prospective study of triglyceride level, low-density lipoprotein particle

- diameter, and risk of myocardial infarction. *Journal of the American Medical Association*, 276, 882–888.
- Stampfli L., Nersten B., Molteberg E.L. (1996).** Effects of emulsifiers on farinograph and extensograph measurements. *Food Chemistry*, 57(4), 523-530.
- Stauffer C.E. (1996).** *Fats and Oils*, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota.
- Steinhart H., Rickert R., Winkler K. (2003).** *Trans* fatty acids (TFA): analysis, occurrence, intake and clinical relevance. *European Journal of Medical Research* 8 (88), 358-362.
- Stender S., Astrup A., Dyerberg J. (2008).** Ruminant and industrially produced *trans* fatty acids: health aspects. *Food and Nutrition Research*, 52, 1-9.
- Stender S., Dyerberg J., Bysted A., Leth T., Astrup A. (2006).** A *trans* world journey. *Atherosclerosis Supplements*, 7, 47-52.
- Sudha M.L., Srivastava A.K., Vetrmani R., Leelavathi K. (2006).** Fat replacement in soft dough biscuits: Its implications on dough rheology and biscuit quality. *Journal of Food Engineering*, 40, 107-114.
- Sudha M.L., Vetrmani R., Leelavathi K. (2006).** Effect of maltodextrin and emulsifiers on the viscosity of cake batter and on the quality of cakes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86 (5), 706-712.
- Talpur F., Bhangar M., Khuhawar M.Y. (2007).** Intramuscular fatty acids profile of longissimus dorsi and semitendinosus muscle from Kundi steers fed on pasture with cottonseed cake supplement. *International Journal of Food Science and Technology*, 42 (8), 1007-1011.
- Tarrago-Trani M.T., Phillips K.M., Lemar L.E., Holden L.M. (2006).** New and existing oils and fats used in products with reduced *trans* fatty acid content. *Journal of American Dietetic Association*, 106 (6), 867-880.
- Toma R.B., Curtis D.J., Saboter C. (1998).** Sucrose polyester: its metabolic role and possible future applications. *Food Technology*, 42 (1), 93-95.
- Toufeili I., Kokini J.L. (2004).** Glass transition behavior and rheological properties of surfactants and gluten-surfactants mixtures. *Cereal Chemistry*, 81, 582-588.
- Turkulov S.J. (1997).** *Namenske masti za pekarsku i konditorsku industriju*. Monografija, "Vital" Fabrika biljnih ulja i masti, Vrbas.
- van den Tempel M. (1991).** Mechanical properties of plastic-disperse systems at very small deformations. *Journal of Colloid Science*, 16, 284-296.

- van Erp-baart M-A., Couet C., Cuadrado C., Kafatos A., Stanley J., van Poppel G. (1998).** *Trans fatty acids in bakery products from 14 European countries: the TRANSFAIR study. Journal of Food Composition and Analysis*, 11, 161-169.
- van Vilet T., Janssen A.M., Bloksma A.H., Walstra P. (1992).** Strain hardening of dough as a requirement for gas retention. *Journal of Texture Studies*, 23, 439-460.
- Vukobratović R., Šimurina O., Mastilović J. (1999).** Preporuke za proizvodnju lisnatog testa od nenamenskog brašna. *Žito-hleb*, 26 (4), 101-105.
- Walstra P. (1987).** Fat crystallization, In J.M.V. Blanchard and P. Lillford (Eds.), *Food Structure and Behaviour*, Food Science and Technology a Series of Monograph, Academic Press.
- Watanabe A., Larsson H., Eliasson A.C. (2002).** Effect of physical states of nonpolar lipids on rheology, ultracentrifugation, and microstructure of wheat flour dough. *Cereal Chemistry*, 79, 203-209.
- Weipert D. (1992).** Descriptive and fundamental rheometry in a new light. *Cereal Foods World*, 37, 15-24.
- Willett W.C., Ascherio A. (1994).** *Trans fatty acids: Are the effects only marginal? American Journal of Public Health*, 84, 722–724.
- World Health Organization (2003).** Diet, nutrition and prevention of chronic diseases, Report of Joint WHO/FAO Expert Consultation. *WHO Technical Report Series*, No. 894, Geneva.
- Yu S., Derr J., Etherton T.D., Kris-Etherton P.M. (1995).** Plasma cholesterol –predictive equations demonstrate that stearic acid is neutral and monosaturated fatty acids are hypocholesterolemic. *American Journal of Clinical Nutrition*, 61, 1129-1139.
- Zock P.L., Katan M.B. (1992).** Hydrogenation alternatives: effects of trans fatty acids and stearic acid versus linoleic acid on serum lipids and lipoproteins in humans. *Journal of Lipid Research*, 33, 399-410.
- Zoulias E.I., Oreopoulou V., Tzia C. (2002).** Textural properties of low-fat cookies containing carbohydrate- or protein-based fat replacers. *Journal of Food Engineering*, 55, 337-342.
- Zyriax B.C., Windler E. (2000).** Dietary fats in the prevention of cardiovascular disease – a review. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102 (5), 355-365.

www.asaim-europe.org/pdf/bakery.pdf

www.bakeinfo.co.nz

www.eufic.org/en/nutrition/fats)

www.fda.gov

www.ftc.gov/be/v030003.htm

www.health.gov

www.kunststoff-schweiz.ch/.../thermo_sp_08.html

www.nutricionisti.org

www.tehnologijahrane.com

www.tfx.org.uk/page116.html

www.zdravlje.hr

www.zzjzpgz.hr/nzl/39/dodatak.htm

7 LISTA SKRAĆENICA

MZ1 i MZ2	Uzorci margarina za zames
MLT1, MLT2, MLT3 i MLT4	Uzorci margarina za laminiranje
SAFA	Sadržaj zasićenih masnih kiselina
C8:0	Kaprilna
C10:0	Kaprinska
C12:0	Laurinska
C14:0	Miristinska
C16:0	Palmitinska
C18:0	Stearinska
C20:0	Arahinska
C22:0	Behenska
MUFA	Mononezasićene masne kiseline
C16:1	Palmitooleinska
C18:1	Oleinska
PUFA	Polinezasićene masne kiseline
C18:2	Linolna
C18:3	Linolenska
TFA	Trans masne kiseline
WHO	World Health Organization
NMR	Nuklearno magnetno rezonantna spektroskopija
DSC	Diferencijalna skening kalorimetrija
QDA	Kvantitativna deskriptivna analiza

8 PRILOG

Prilog P1

Formular za senzorno ocenjivanje lisnatog peciva

Parametar kvaliteta	Zahtevi senzornog kvaliteta	O	FV	PB
SPOLJNI IZGLED (boja, oblik, površina, osobine kore)	Boja gornje i donje površine karakteristična, oblik svojstven proizvodu, pravilan, simetričan, kora povezana.	5,0	1,0	5,0
	Boja karakteristična, oblik delimično simetričan i pravilan, kora povezana.	4,5		4,5
	Boja neznatno promenjena (gornja/donja površina svetlija/tamnija), oblik neznatno izmenjen, kora povezana.	4,0		4,0
	Boja izmenjena, oblik delimično izmenjen, kora malo nepovezana.	3,5		3,5
	Boja odstupa od svojstvene, oblik delimično izmenjen, kora malo izlomljena.	3,0		3,0
	Boja uočljivo odstupa od svojstvene, oblik izmenjen, kora malo izlomljena.	2,5		2,5
	Boja uočljivo odstupa od svojstvene, oblik nepravilan, kora izlomljena.	2,0		2,0
	Boja nesvojstvena proizvodu, oblik nepravilan, oštećeni rubovi i površina, izlomljen.	1,5		1,5
	Boja nesvojstvena za proizvod (nagoreo/nedopečen), oblik nepravilan, značajno izlomljen.	1,0		1,0
STRUKTURA (listanje, ravnomernost listanja, veličina pora, boja sredine)	Pravilno slojevita (lisnata), ravnomerno listanje, izrazito tanki slojevi, izrazito krupne pore boja sredine ujednačena.	5,0	1,2	6,0
	Pravilno slojevita (lisnata), prilično ravnomerno listanje, izrazito tanki slojevi, krupne pore, boja sredine ujednačena.	4,5		5,4
	Slojevita (malo neujednačen razmek između slojeva), ravnomerno listanje, tanki slojevi, sitne pore, boja sredine ujednačena.	4,0		4,8
	Slojevita (malo neujednačen razmek između slojeva), neravnomerno listanje, debeli slovi, sitne pore, boja sredine ujednačena.	3,5		4,2
	Struktura manje slojevita, malo zbijena, debeli slojevi, sitne pore, boja delimično neujednačena.	3,0		3,6
	Struktura manje slojevita, zbijena, debeli slojevi, izrazito sitne pore, boja delimično neujednačena.	2,5		3,0

	Struktura nepravilna, zbijena, izrazito debeli slojevi, pore izrazito sitnr, boja neujednačena.	2,0		2,4
	Struktura izrazito zbijena, izrazito debeli slojevi, izrazito sitne pore, boja neujednačena po celom preseku.	1,0		1,2
MIRIS	Svojtstven, zaokružen, aromatičan.	5,0	0,8	4,0
	Svojtstven, zaokružen, delimično aromatičan	4,5		3,6
	Svojtstven, slabije izražen, delimično aromatičan.	4,0		3,2
	Slabije izražen, ali svjtstven miris, neznatno aromatičan.	3,5		2,8
	Slabije izražen ali svojtstven miris, nezaokružen.	3,0		2,4
	Neizražen, ali bez prisustva stranog mirisa.	2,5		2,0
	Delimično nesvojtstven proizvodu, nedostatak svežine.	2,0		1,6
	Nesvojtstven proizvodu, nedostatak svežine.	1,5		1,2
	Nesvojtstven proizvodu, star, plesniv.	1,0		0,8
UKUS (topivost)	Svojtstven, zaokružen, aromatičan, odlična topivost.	5,0	1,0	5,0
	Svojtstven, zaokružen, delimično aromatičan, odlična topivost.	4,5		4,5
	Svojtstven, nešto slabije izražen, prijatan, dobra topivost.	4,0		4,0
	Slabo izražen, malo testast i lepi se za nepce, slaba topivost.	3,5		3,5
	Nezaokružen, slabije izražen, malo testast, lepi se za nepce, slaba topivost.	3,0		3,0
	Nesvojtstven, testast, lepi se za nepce, loša topivost.	2,5		2,5
	Nesvojtstven, jako testast, lepi se za nepce, loša topivost.	2,0		2,0
	Nesvojtstven, strani, kiseo, neugodan, lojast, izuzetno loša topivost.	1,0		1,0

Legenda:

O - ocena

FV – faktor važnost

PB – ponderisani bodovi

Prilog 1/1*Kategorije senzornog kvaliteta u zavisnosti od broja ponderisanih bodova*

Kategorija kvaliteta	Zbir ponderisanih bodova
Odličan	17,9-20,0
Vrlo dobar	15,7-17,8
Dobar	13,5-15,6
Prihvatljiv	11,3-13,4
Ne prihvatljiv	≤ 11,2

Prilog P2*Parametri kvaliteta sredine peciva sa numeričkim vrednostima – QDA metoda*

Parametri kvaliteta	Opisna ocena	Numerička vrednost
Slojevitost (listanje)	neslojevita	0
	malo slojevita	1
	slojevita	2
	izrazito slojevita	3
Ravnomernost listanja	neravnomerno	0
	delimično ravnomerno	1
	prilično ravnomerno	2
	izarazito ravnomerno	3
Debljina slojeva	izrazito debeli	0
	debeli	1
	tanki	2
	izrazito tanki	3
Veličina pora	izrazito sitne	0
	sitne	1
	velike	2
	izrazito velike	3
Ujednačenost boje	neujednačena	0
	delimično ujednačena	1
	prilično ujednačena	2
	ujedančena	3

Prilog P3*Uticaj margarina MZ1 i emulgatora na fizičke parametre kvaliteta peciva*

Nezavisno promenljive	Narastanje	Skupljanje	Eliptičnost	Specifična masa (g/cm ³)
1% margarina MZ1				
0,1% emulgatora	4,98 ± 0,90	0,15 ± 0,03	1,03 ± 0,04	0,28 ± 0,03
0,3% emulgatora	5,10 ± 0,48	0,17 ± 0,03	1,07 ± 0,08	0,26 ± 0,02
0,5% emulgatora	5,99 ± 0,51	0,19 ± 0,07	1,09 ± 0,04	0,20 ± 0,03
3% margarina MZ1				
0,1% emulgatora	4,67 ± 0,13	0,11 ± 0,03	1,06 ± 0,03	0,26 ± 0,01
0,3% emulgatora	4,95 ± 0,64	0,14 ± 0,04	1,09 ± 0,05	0,25 ± 0,03
0,5% emulgatora	5,06 ± 0,82	0,19 ± 0,04	1,06 ± 0,07	0,28 ± 0,05
5% margarina MZ1				
0,1% emulgatora	4,68 ± 0,13	0,15 ± 0,06	1,12 ± 0,05	0,27 ± 0,02
0,3% emulgatora	5,28 ± 0,35	0,15 ± 0,04	1,05 ± 0,04	0,25 ± 0,02
0,5% emulgatora	5,07 ± 0,22	0,21 ± 0,04	1,14 ± 0,07	0,27 ± 0,01

Prilog P4*Uticaj margarina MZ2 i emulgatora na fizičke parametre kvaliteta peciva*

Nezavisno promenljive	Narastanje	Skupljanje	Eliptičnost	Specifična masa (g/cm ³)
1% margarina MZ2				
0,1% emulgatora	5,04 ± 0,18	0,18 ± 0,07	1,15 ± 0,05	0,28 ± 0,02
0,3% emulgatora	5,06 ± 0,48	0,13 ± 0,03	1,08 ± 0,03	0,26 ± 0,02
0,5% emulgatora	3,74 ± 0,43	0,09 ± 0,06	1,00 ± 0,03	0,38 ± 0,05
3% margarina MZ2				
0,1% emulgatora	3,86 ± 0,33	0,14 ± 0,08	1,14 ± 0,05	0,35 ± 0,03
0,3% emulgatora	3,76 ± 0,64	0,13 ± 0,07	1,06 ± 0,06	0,38 ± 0,11
0,5% emulgatora	5,01 ± 0,82	0,09 ± 0,04	1,05 ± 0,05	0,29 ± 0,05
5% margarina MZ2				
0,1% emulgatora	4,46 ± 0,25	0,23 ± 0,06	1,09 ± 0,05	0,34 ± 0,04
0,3% emulgatora	4,00 ± 0,70	0,16 ± 0,04	1,01 ± 0,03	0,35 ± 0,06
0,5% emulgatora	4,81 ± 0,55	0,12 ± 0,05	1,09 ± 0,04	0,27 ± 0,03

Prilog P5

Fizičke karakteristike lisnatog peciva u funkciji količine margarina i emulgatora

Nezavisno promenljive	Zapremina (cm ³)		Čvrstoća (kgs)	
	MZ1	MZ2	MZ1	MZ2
1% margarina				
0,1% emulgatora	106,9 ± 15,1	107,9 ± 8,7	35,3 ± 2,6	40,9 ± 6,3
0,3% emulgatora	108,2 ± 6,9	120,4 ± 7,5	29,7 ± 6,8	13,6 ± 3,1
0,5% emulgatora	145,2 ± 19,3	86,4 ± 6,9	12,2 ± 2,3	18,6 ± 3,4
3% margarina				
0,1% emulgatora	110,2 ± 4,5	89,8 ± 7,2	29,7 ± 1,1	31,1 ± 0,5
0,3% emulgatora	113,4 ± 16,8	80,2 ± 16,4	30,0 ± 1,3	31,7 ± 9,2
0,5% emulgatora	100,7 ± 15,9	119,3 ± 17,2	25,1 ± 2,5	21,1 ± 5,2
5% margarina				
0,1% emulgatora	106,5 ± 8,7	90,1 ± 10,2	29,4 ± 2,5	13,2 ± 1,9
0,3% emulgatora	115,8 ± 9,0	85,4 ± 13,9	21,8 ± 1,4	23,5 ± 4,5
0,5% emulgatora	104,3 ± 7,0	106,9 ± 13,1	18,1 ± 2,0	21,2 ± 3,8

Prilog P6

Uticaj margarina MZ1 i emulgatora na kvalitet sredine peciva – QDA metoda

Nezavisno promenljive	Listanje	Ravnomernost listanja	Debljina slojeva	Veličina pora	Ujednačenost boje
1% margarina MZ1					
0,1% emulgatora	1,6	1,8	2,2	2,0	3,0
0,3% emulgatora	1,6	1,6	2,8	2,4	2,8
0,5% emulgatora	2,4	2,6	2,8	2,8	2,8
3% margarina MZ1					
0,1% emulgatora	1,8	2,0	2,0	2,2	2,8
0,3% emulgatora	1,8	2,2	1,8	2,6	2,6
0,5% emulgatora	2,4	2,2	2,6	2,8	2,8
5% margarina MZ1					
0,1% emulgatora	2,0	2,2	2,2	2,4	3,0
0,3% emulgatora	1,2	1,0	1,6	1,6	2,0
0,5% emulgatora	1,8	2,2	2,6	2,4	2,2

Prilog P7

Uticaj margarina MZ2 i emulgatora na kvalitet sredine peciva – QDA metoda

Nezavisno promenljive	Listanje	Ravnomernost listanja	Debljina slojeva	Veličina pora	Uijednačenost boje
1% margarina MZ2					
0,1% emulgatora	1,8	1,2	2,2	2,0	2,6
0,3% emulgatora	2,2	2,6	2,4	2,8	3,0
0,5% emulgatora	1,8	2,2	1,2	1,8	2,8
3% margarina MZ2					
0,1% emulgatora	2,2	2,0	2,2	2,8	2,8
0,3% emulgatora	0,8	1,0	1,8	2,0	2,2
0,5% emulgatora	2,0	2,8	2,6	2,8	3,0
5% margarina MZ2					
0,1% emulgatora	0,8	1,0	1,6	1,8	2,0
0,3% emulgatora	1,8	1,8	2,4	2,2	3,0
0,5% emulgatora	1,6	2,0	2,2	2,4	2,8

Prilog P8*Sastav masne faze margarina za laminiranje*

Sastav masnih kiselina (%/100 g masnih kiselina)	MLT1	MLT2	MLT3	MLT4
C8:0	0,03 ± 0,02	0,19 ± 0,28	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01
C10:0	0,04 ± 0,01	0,13 ± 0,18	0,04 ± 0,00	0,04 ± 0,02
C12:0	0,24 ± 0,05	0,30 ± 0,09	0,37 ± 0,04	0,30 ± 0,30
C14:0	1,12 ± 0,11	1,05 ± 0,06	1,08 ± 0,02	0,35 ± 0,11
C16:0	43,60 ± 0,44	45,24 ± 0,53	44,09 ± 1,13	13,75 ± 0,13
C18:0	4,56 ± 0,54	4,67 ± 0,45	5,02 ± 0,12	15,35 ± 0,47
C20:0	0,47 ± 0,04	0,48 ± 0,05	0,39 ± 0,02	0,38 ± 0,01
C22:0	0,15 ± 0,01	0,08 ± 0,02	0,13 ± 0,01	0,41 ± 0,01
C16:1	0,10 ± 0,40	0,12 ± 0,02	0,06 ± 0,07	0,03 ± 0,02
C18:1 _c	36,94 ± 0,19	36,69 ± 1,29	31,79 ± 0,68	30,09 ± 2,01
C18:1 _t	0,09 ± 0,01	0,23 ± 0,14	5,19 ± 0,01	23,54 ± 1,45
C20:1	0,51 ± 0,03	0,38 ± 0,16	0,14 ± 0,16	0,03 ± 0,04
C22:1	0,16 ± 0,01	0,21 ± 0,10	nd*	nd*
C18:2 _c	9,44 ± 0,01	9,10 ± 0,53	11,48 ± 0,34	16,19 ± 1,01
C18:2 _t	0,26 ± 0,05	0,21 ± 0,08	0,19 ± 0,07	0,23 ± 0,10
C18:3 _c	1,87 ± 0,05	0,93 ± 0,05	0,07 ± 0,08	0,11 ± 0,04
C18:3 _t	0,46 ± 0,04	0,25 ± 0,20	0,07 ± 0,08	nd*
Zasićene, SAFA	50,20	52,14	51,16	30,62
Mononezasićene, MUFA	37,80	37,63	37,03	52,80
<i>cis</i> MUFA	37,71	37,40	37,40	30,12
Polinezasićene, PUFA	12,03	10,04	11,90	16,53
<i>cis</i> PUFA	11,31	10,03	11,55	16,30
Trans, TFA	0,81	0,68	5,39	23,77
SAFA + TFA	51,02	52,82	56,55	54,39
<i>cis</i> PUFA/(SAFA + TFA)	0,22	0,19	0,20	0,30
<i>cis</i> PUFA/SAFA	0,22	0,19	0,23	0,53

* nd – nije detektovano

Prilog 9

Sadržaj čvrstih triglicerida (SFC) i tvrdoća i margarina za laminiranje

Parametri	MLT1	MLT2	MLT3	MLT4
SFC (%)				
10°C	60,1 ± 0,2 ^a	54,8 ± 0,9 ^b	60,7 ± 2,0 ^{ac}	61,4 ± 0,6 ^c
20°C	47,1 ± 0,8 ^a	40,1 ± 2,5 ^b	42,3 ± 0,3 ^b	48,2 ± 1,0 ^a
25°C	38,6 ± 0,5 ^a	30,9 ± 1,0 ^b	31,3 ± 0,6 ^b	37,9 ± 0,6 ^a
30°C	26,3 ± 0,4 ^a	22,3 ± 0,5 ^b	19,8 ± 1,2 ^c	25,3 ± 0,7 ^a
35°C	22,1 ± 0,3 ^a	17,4 ± 0,8 ^b	11,7 ± 0,9 ^c	13,8 ± 1,0 ^d
40°C	18,9 ± 0,7 ^a	13,5 ± 0,5 ^b	5,7 ± 0,9 ^c	5,8 ± 0,8 ^c
Tvrdoća (g)				
10°C	2034,3 ± 81,4 ^a	959,3 ± 55,6 ^b	2260,5 ± 274,30 ^{ac}	2549,8 ± 171,1 ^c
20°C	405,4 ± 34,6 ^a	355,5 ± 17,9 ^b	322,6 ± 21,0 ^c	510,4 ± 62,7 ^d
25°C	354,8 ± 13,9 ^a	334,3 ± 10,8 ^b	281,3 ± 15,2 ^c	430,9 ± 18,9 ^d
30°C	295,2 ± 10,5 ^a	327,9 ± 11,5 ^b	76,2 ± 2,8 ^c	154,2 ± 2,4 ^d

Srednje vrednosti određenog parametra u istom redu koje ne sadrže isto slovo su statistički značajno različite ($p < 0,05$)

Prilog 10*Promena sadržaja čvrstih triglicerida (SFC) tokom kristalizacije margarina*

Vreme (min)	MLT1	MLT2	MLT3	MLT4
1	7,7 ± 1,2	12,2 ± 2,0	5,7 ± 3,3	11,0 ± 1,4
2	18,3 ± 3,2	17,6 ± 0,3	12,2 ± 0,6	21,3 ± 2,1
3	27,7 ± 1,5	18,1 ± 0,8	15,1 ± 0,4	30,4 ± 1,1
4	29,5 ± 1,2	18,8 ± 0,4	19,2 ± 0,5	34,4 ± 0,3
5	31,6 ± 1,1	20,3 ± 0,6	23,3 ± 0,9	36,2 ± 0,1
6	33,6 ± 0,8	23,3 ± 0,9	26,5 ± 0,9	37,4 ± 0,1
7	34,8 ± 0,7	26,1 ± 0,7	28,4 ± 0,4	38,0 ± 0,2
8	35,5 ± 0,6	27,5 ± 0,5	29,4 ± 0,2	38,4 ± 0,2
9	36,0 ± 0,6	28,3 ± 0,3	30,1 ± 0,1	38,8 ± 0,2
10	36,5 ± 0,5	28,7 ± 0,2	30,6 ± 0,1	39,0 ± 0,2
11	36,7 ± 0,5	29,0 ± 0,2	31,0 ± 0,1	39,1 ± 0,3
12	37,0 ± 0,5	29,3 ± 0,1	31,3 ± 0,1	39,4 ± 0,3
13	37,2 ± 0,5	29,6 ± 0,1	31,6 ± 0,1	39,6 ± 0,3
14	37,4 ± 0,4	29,8 ± 0,1	31,8 ± 0,1	39,8 ± 0,2
15	37,8 ± 0,6	30,0 ± 0,2	31,9 ± 0,1	39,8 ± 0,3
16	37,8 ± 0,5	30,2 ± 0,2	32,0 ± 0,2	40,0 ± 0,3
17	38,0 ± 0,4	30,3 ± 0,3	32,3 ± 0,2	40,1 ± 0,1
18	38,1 ± 0,5	30,3 ± 0,1	32,3 ± 0,1	40,1 ± 0,2
19	38,1 ± 0,4	30,5 ± 0,1	32,5 ± 0,1	40,3 ± 0,1
20	38,3 ± 0,4	30,6 ± 0,1	32,7 ± 0,1	40,5 ± 0,3
25	38,6 ± 0,4	31,1 ± 0,1	32,8 ± 0,1	40,8 ± 0,2
30	39,1 ± 0,6	31,4 ± 0,2	33,1 ± 0,1	41,1 ± 0,2
35	39,4 ± 0,5	31,8 ± 0,1	33,4 ± 0,1	41,1 ± 0,3
40	39,7 ± 0,6	31,9 ± 0,1	33,6 ± 0,1	41,3 ± 0,1
45	39,8 ± 0,7	32,0 ± 0,2	33,7 ± 0,1	41,4 ± 0,2
50	40,0 ± 0,6	32,2 ± 0,2	33,9 ± 0,1	41,4 ± 0,1
55	40,1 ± 0,6	32,4 ± 0,1	34,1 ± 0,1	41,4 ± 0,1
60	40,2 ± 0,5	32,6 ± 0,1	34,2 ± 0,3	41,5 ± 0,3

Prilog P11*Fizičke osobine margarina za laminiranje tokom penetracije*

Parametri	MLT1	MLT2	MLT3	MLT4
Rad penetracije (gs)				
10°C	5598,7 ± 1788,2	1650,4 ± 472,2	5838,6 ± 876,5	7100,4 ± 1515,0
20°C	838,4 ± 65,2	1060,0 ± 119,9	689,6 ± 147,7	1891,7 ± 318,9
25°C	814,1 ± 183,9	971,8 ± 221,4	670,1 ± 106,1	1052,7 ± 223,4
30°C	597,4 ± 169,3	835,0 ± 82,5	175,9 ± 29,0	526,0 ± 72,0
Adhezivnost (gs)				
10°C	247,9 ± 33,8	279,5 ± 15,2	604,1 ± 233,3	269,5 ± 5,6
20°C	218,7 ± 44,3	322,7 ± 33,6	232,3 ± 24,6	274,5 ± 5,4
25°C	339,6 ± 64,2	263,6 ± 19,7	267,6 ± 25,7	269,2 ± 5,6
30°C	420,8 ± 65,6	258,0 ± 15,0	191,6 ± 12,8	213,0 ± 14,8

Prilog 12*Vrednosti elastičnog (G') i viskoznog modula (G'') u funkciji frekvencije*

Uzorci	Frekvencija (Hz)	G' (Pa)	G'' (Pa)
Margarin MLT1	1,000	686	2511
	1,468	903	4676
	2,154	342	1092
	3,162	3894	1771
	4,642	2125	2207
	6,813	9601	1230
	10,000	5502	2105
Margarin MLT2	1,000	992	179
	1,468	1328	206
	2,154	525	657
	3,162	1708	703
	4,642	1564	1694
	6,813	1819	1542
	10,000	1615	140
Margarin MLT3	1,000	647	646
	1,468	923	861
	2,154	599	407
	3,162	749	382
	4,642	918	624
	6,813	901	564
	10,000	1052	569
Margarin MLT4	1,000	376	1387
	1,468	203	2890
	2,154	541	920
	3,162	940	768
	4,642	626	758
	6,813	1463	441
	10,000	2189	341

Prilog P13

Uticaj količine margarina i vremena odmaranja na žilavost laminiranog testa

Nezavisno promenljive		Žilavost testa (g)			
x* (%)	y** (min)	MLT1	MLT2	MLT3	MLT4
35	15	412,9 ± 12,3	251,9 ± 17,1	316,8 ± 15,4	285,4 ± 17,9
	30	388,8 ± 22,5	254,3 ± 21,9	321,9 ± 19,8	307,8 ± 31,8
	45	302,8 ± 6,7	435,6 ± 10,9	319,4 ± 40,2	267,4 ± 12,9
45	15	340,0 ± 9,5	473,4 ± 14,3	353,2 ± 28,1	432,1 ± 32,9
	30	353,2 ± 24,9	419,5 ± 40,6	293,4 ± 16,0	454,2 ± 38,6
	45	305,8 ± 12,8	478,8 ± 24,1	321,0 ± 51,4	393,8 ± 27,8
55	15	307,1 ± 20,0	476,9 ± 31,7	365,6 ± 13,2	394,1 ± 28,5
	30	292,6 ± 8,3	515,4 ± 31,5	270,9 ± 17,1	396,0 ± 33,5
	45	252,3 ± 5,6	427,4 ± 43,3	286,4 ± 17,5	429,9 ± 40,8

* x – Količina margarina (g/100 g brašna)

** y – Vreme odmaranja

Prilog P14

Uticaj količine margarina i vremena odmaranja na rastegljivost laminiranog testa

Nezavisno promenljive		Rastegljivost testa (mm)			
x* (%)	y** (min)	MLT1	MLT2	MLT3	MLT4
35	15	45,6 ± 1,4	39,2 ± 1,2	39,0 ± 2,6	49,7 ± 1,5
	30	43,9 ± 2,9	36,7 ± 1,0	40,4 ± 2,4	45,8 ± 0,4
	45	44,0 ± 2,0	39,9 ± 0,8	37,8 ± 2,1	44,2 ± 2,1
45	15	40,9 ± 2,5	32,0 ± 0,9	39,2 ± 1,6	43,6 ± 1,1
	30	39,7 ± 2,2	32,7 ± 1,7	36,0 ± 0,5	43,8 ± 0,6
	45	39,4 ± 1,3	31,9 ± 1,1	30,2 ± 0,8	43,4 ± 1,9
55	15	28,9 ± 1,3	31,2 ± 1,4	35,6 ± 1,8	41,5 ± 1,2
	30	31,3 ± 0,8	29,3 ± 1,4	31,4 ± 1,6	38,8 ± 0,9
	45	30,7 ± 0,4	30,1 ± 0,8	33,5 ± 1,0	39,3 ± 1,9

* x – Količina margarina (g/100 g brašna)

** y – Vreme odmaranja

Prilog P15

Uticaj margarina MLT1 na fizičke karakteristike lisnatog peciva

Nezaavisno promenljive		Skupljanje	Eliptičnost	Specifična masa (g/cm ³)
x [*] (%)	y ^{**} (min)			
35	15	0,08 ± 0,03 ^a	1,06 ± 0,01 ^{abcde}	0,37 ± 0,05 ^a
	30	0,14 ± 0,04 ^{bc}	1,05 ± 0,03 ^{bcde}	0,31 ± 0,02 ^b
	45	0,12 ± 0,04 ^{ab}	1,08 ± 0,04 ^{abcde}	0,30 ± 0,02 ^{bc}
45	15	0,22 ± 0,04 ^d	1,09 ± 0,02 ^c	0,35 ± 0,08 ^{ab}
	30	0,18 ± 0,03 ^{bd}	1,09 ± 0,04 ^{abcde}	0,28 ± 0,05 ^{bc}
	45	0,20 ± 0,03 ^d	1,08 ± 0,02 ^{abcd}	0,37 ± 0,03 ^a
55	15	0,13 ± 0,04 ^{ab}	1,11 ± 0,05 ^{abcd}	0,30 ± 0,01 ^b
	30	0,19 ± 0,04 ^{cde}	1,05 ± 0,02 ^{de}	0,26 ± 0,03 ^c
	45	0,16 ± 0,02 ^{be}	1,03 ± 0,03 ^e	0,28 ± 0,03 ^{bc}

^{*} x – Količina margarina (g/100 g brašna)^{**} y – Vreme odmaranja

Vrednosti u istoj koloni koje ne sadrže isto slovo su statistički značajno različite (p < 0.05)

Prilog P16

Uticaj margarina MLT1 na senzorne karakteristike lisnatog peciva

Nezaavisno promenljive		Spoljni izgled	Struktura	Miris	Ukus
x [*] (%)	y ^{**} (min)				
35	15	4,0	1,6	3,6	2,3
	30	4,7	4,8	3,9	4,0
	45	4,3	5,4	3,7	3,7
45	15	4,6	4,0	3,8	3,3
	30	4,5	3,7	3,6	3,9
	45	4,5	2,2	3,6	3,2
55	15	4,5	3,0	3,8	3,4
	30	4,5	5,0	3,8	4,9
	45	4,1	2,8	3,6	3,0

^{*} x – Količina margarina (g/100 g brašna)^{**} y – Vreme odmaranja

Prilog P17

Uticaj margarina MLT1 na kvalitet sredine peciva – QDA metoda

Nezaavisno promenljive		Listanje	Ravnomernost listanja	Debljina slojeva	Veličina pora	Ravnomernost boje
x* (%)	y** (min)					
35	15	0,0	0,0	1,1	1,2	0,0
	30	2,4	2,2	2,6	2,2	3,0
	45	3,0	2,2	3,0	3,0	3,0
45	15	2,2	2,0	1,6	2,0	2,4
	30	0,8	1,2	1,2	1,2	1,8
	45	0,4	0,4	0,6	0,8	1,0
55	15	1,0	1,0	1,0	1,0	1,8
	30	2,2	2,8	2,2	2,2	2,8
	45	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8

* x – Količina margarina, na masu brašna (g/100 g brašna)

** y – Vreme odmaranja

Prilog 18

Uticaj margarina MLT2 na fizičke karakteristike lisnatog peciva

Nezaavisno promenljive		Skupljanje	Eliptičnost	Specifična masa (g/cm ³)
x* (%)	y** (min)			
35	15	0,06 ± 0,03 ^a	1,09 ± 0,05 ^{abcd}	0,35 ± 0,04 ^a
	30	0,15 ± 0,01 ^b	1,11 ± 0,02 ^{bcd}	0,41 ± 0,06 ^{ab}
	45	0,10 ± 0,06 ^{ab}	1,07 ± 0,03 ^a	0,48 ± 0,04 ^b
45	15	0,14 ± 0,07 ^b	1,06 ± 0,02 ^a	0,36 ± 0,02 ^{abc}
	30	0,16 ± 0,02 ^b	1,13 ± 0,04 ^{cd}	0,36 ± 0,05 ^a
	45	0,15 ± 0,03 ^b	1,07 ± 0,03 ^{ab}	0,29 ± 0,03 ^c
55	15	0,23 ± 0,04 ^c	1,07 ± 0,05 ^{abc}	0,27 ± 0,04 ^c
	30	0,16 ± 0,04 ^b	1,14 ± 0,04 ^d	0,27 ± 0,04 ^c
	45	0,23 ± 0,04 ^c	1,14 ± 0,05 ^{cd}	0,22 ± 0,01 ^d

* x – Količina margarina (g/100 g brašna)

** y – Vreme odmaranja

Vrednosti u istoj koloni koje ne sadrže isto slovo su statistički značajno različite (p < 0,05)

Prilog P19*Uticaj margarina MLT2 na senzorne karakteristike lisnatog peciva*

Nezaavisno promenljive		Spoljni izgled	Struktura	Miris	Ukus
x* (%)	y** (min)				
35	15	4,0	2,1	3,6	3,3
	30	3,5	1,2	2,6	2,8
	45	3,0	1,8	3,2	3,0
45	15	4,0	2,6	3,2	2,6
	30	4,0	3,0	3,2	3,3
	45	4,0	4,2	3,3	3,5
55	15	4,5	4,1	3,5	3,9
	30	4,5	4,9	3,6	4,5
	45	4,9	5,5	3,9	4,7

* x – Količina margarina, na masu brašna (g/100 g brašna)

** y – Vreme odmaranja

Prilog 20*Uticaj margarina MLT2 na kvalitet sredine peciva – QDA metoda*

Nezaavisno promenljive		Listanje	Ravnomernost listanja	Debljina slojeva	Veličina pora	Ravnomernost boje
x* (%)	y** (min)					
35	15	0,2	0,0	0,8	0,8	0,6
	30	0,0	0,0	0,0	0,2	1,0
	45	0,0	0,0	0,2	0,2	1,1
45	15	0,8	1,0	1,2	1,4	2,0
	30	1,0	1,2	1,2	2,4	1,0
	45	1,8	2,0	1,8	2,2	1,8
55	15	2,6	2,2	2,2	2,0	2,8
	30	2,8	2,8	2,2	2,2	2,8
	45	2,8	3,0	2,2	2,8	3,0

* x – Količina margarina (g/100 g brašna)

** y – Vreme odmaranja

Prilog P21

Uticaj margarina MLT3 na fizičke karakteristike lisnatog peciva

Nezaavisno promenljive		Skupljanje	Eliptičnost	Specifična masa (g/cm ³)
x* (%)	y** (min)			
35	15	0,09 ± 0,06 ^{abd}	1,03 ± 0,02 ^a	0,34 ± 0,03 ^a
	30	0,14 ± 0,04 ^{acd}	1,04 ± 0,02 ^a	0,73 ± 0,08 ^b
	45	0,17 ± 0,05 ^{ace}	1,04 ± 0,02 ^a	0,40 ± 0,04 ^c
45	15	0,09 ± 0,03 ^{df}	1,05 ± 0,03 ^a	0,63 ± 0,08 ^{bd}
	30	0,06 ± 0,02 ^{bf}	1,06 ± 0,04 ^a	0,50 ± 0,09 ^c
	45	0,17 ± 0,02 ^{ce}	1,06 ± 0,03 ^a	0,49 ± 0,04 ^e
55	15	0,15 ± 0,03 ^{ac}	1,06 ± 0,03 ^a	0,50 ± 0,03 ^e
	30	0,23 ± 0,05 ^e	1,08 ± 0,05 ^a	0,56 ± 0,07 ^{de}
	45	0,12 ± 0,05 ^{ade}	1,06 ± 0,02 ^a	0,52 ± 0,04 ^e

* x – Količina margarina (g/100 g brašna)

** y – Vreme odmaranja

Vrednosti u istoj koloni koje ne sadrže isto slovo su statistički značajno različite (p < 0,05)

Prilog P22

Uticaj margarina MLT3 na senzorne karakteristike lisnatog peciva

Nezaavisno promenljive		Spoljni izgled	Struktura	Miris	Ukus
x* (%)	y** (min)				
35	15	2,8	2,0	3,6	4,3
	30	1,6	1,3	2,6	1,3
	45	3,8	2,4	3,1	3,5
45	15	3,4	1,4	2,4	1,8
	30	2,6	1,2	2,7	2,5
	45	4,0	2,1	3,6	4,5
55	15	2,8	1,2	3,2	2,4
	30	1,7	1,4	1,3	1,0
	45	1,7	1,2	1,3	1,0

* x – Količina margarina (g/100 g brašna)

** y – Vreme odmaranja

Prilog 23

Uticaj margarina MLT3 na kvalitet sredine peciva – QDA metoda

Nezaavisno promenljive		Listanje	Ravnomernost listanja	Debljina slojeva	Veličina pora	Ravnomernost boje
x* (%)	y** (min)					
35	15	0,6	0,4	1,6	0,2	1,8
	30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	45	1,0	0,8	1,0	0,6	0,8
45	15	0,2	0,2	0,2	0,4	0,6
	30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	45	0,8	0,6	1,6	0,0	1,8
55	15	0,0	0,0	0,2	0,4	0,6
	30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	45	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

* x – Količina margarina (g/100 g brašna)

** y – Vreme odmaranja

Prilog P24

Uticaj margarina MLT4 na fizičke karakteristike lisnatog peciva

Nezaavisno promenljive		Skupljanje	Eliptičnost	Specifična masa (g/cm ³)
x* (%)	y** (min)			
35	15	0,06 ± 0,03 ^a	1,03 ± 0,02 ^a	0,66 ± 0,16 ^a
	30	0,15 ± 0,02 ^b	1,03 ± 0,01 ^a	0,53 ± 0,11 ^a
	45	0,18 ± 0,03 ^b	1,04 ± 0,03 ^a	0,39 ± 0,03 ^b
45	15	0,14 ± 0,04 ^b	1,05 ± 0,03 ^a	0,45 ± 0,04 ^{ac}
	30	0,13 ± 0,06 ^b	1,05 ± 0,02 ^a	0,48 ± 0,06 ^{ab}
	45	0,15 ± 0,04 ^b	1,04 ± 0,03 ^a	0,42 ± 0,04 ^b
55	15	0,13 ± 0,10 ^{ab}	1,07 ± 0,05 ^a	0,35 ± 0,03 ^b
	30	0,13 ± 0,06 ^{ab}	1,06 ± 0,05 ^a	0,38 ± 0,06 ^{abc}
	45	0,16 ± 0,02 ^b	1,04 ± 0,02 ^a	0,43 ± 0,06 ^{ab}

* x – Količina margarina (g/100 g brašna)

** y – Vreme odmaranja

Vrednosti u istoj koloni koje ne sadrže isto slovo su statistički značajno različite (p < 0,05)

Prilog P25*Uticaj margarina MLT4 na senzorne karakteristike lisnatog peciva*

Nezaavisno promenljive		Spoljni izgled	Struktura	Miris	Ukus
x* (%)	y** (min)				
35	15	2,5	1,6	2,4	2,9
	30	3,9	4,0	2,8	3,8
	45	4,0	4,0	3,0	3,1
45	15	4,0	4,3	3,6	3,5
	30	3,8	3,2	3,6	4,0
	45	4,5	4,4	3,4	4,2
55	15	4,8	5,6	3,9	4,2
	30	5,0	5,2	3,9	4,5
	45	4,2	4,3	3,9	4,5

* x – Količina margarina (g/100 g brašna)

** y – Vreme odmaranja

Prilog 26*Uticaj margarina MLT4 na kvalitet sredine peciva – QDA metoda*

Nezaavisno promenljive		Listanje	Ravnomernost listanja	Debljina slojeva	Veličina pora	Ravnomernost boje
x* (%)	y** (min)					
35	15	0,4	0,4	0,4	0,0	0,4
	30	1,8	1,6	1,8	1,8	2,2
	45	2,2	2,4	2,3	2,0	2,2
45	15	2,0	2,2	2,0	2,0	2,0
	30	1,6	1,0	1,8	1,3	2,0
	45	2,4	2,0	2,0	2,0	2,2
55	15	2,6	2,4	2,4	2,4	2,8
	30	2,6	2,6	2,2	2,4	2,6
	45	2,2	2,4	2,0	2,0	2,6

* x – Količina margarina (g/100 g brašna)

** y – Vreme odmaranja