

Ds-374

УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ С
ТЕХНОЛОШКИ ФАКУЛ

Број 020-358

17.10 1997
НОВИ САД

UNIVERZITET U NOVOM SADU

TEHNOLOŠKI FAKULTET U NOVOM SADU

Katedra za ugljenohidratnu hranu



DOKTORSKA DISERTACIJA

UTICAJ SASTAVA I ULOGE LIPIDA BRAŠNA U PROCESU IZRADE HLEBA

Mr Nada K. Filipović

Novi Sad, 1997.

Mesto i adresa:
MS 21000 Novi Sad, YU, Bul. cara Lazara 1

Fizički opis rada:
FO VII, 123 str., 34 tab., 38 sl.

Naučna oblast:
OB Prehrambena tehnologija

Naučna disciplina:
DI Tehnologija brašna

Predmetna odrednica
PO brašno, hleb, lipidi, sastav, količina, emulgatori, interakcija

UDK 664.661:664.647:664.64.016.3/.8

Čuva se:
ČU U biblioteci Tehnološkog fakulteta u Novom Sadu, 21000 Novi Sad, YU, Bulevar cara Lazara 1.

Važna napomena:
VN Nema

Izvod:
IZ
Utvrđeni su sastav i količine nepolarnih i polarnih lipida kao i lipida iz skroba u pojedinim fazama izrade hleba na dva uzorka brašna od kvalitetne pšenice. Takođe su određene promene i prelazi lipidnih sastojaka pod uticajem fizičkih, mehaničkih i toplotnih delovanja tokom tehnološkog postupka.
Na osnovu sastava masnih kiselina u lipidnim jedinjenjima razdvojenim tankoslojnom hromatografijom i računa verovatnoće utvrđen je njihov najverovatniji sastav.
Iz ekstrakta nepolarnih lipida brašna kvantitativno je identifikovano preko 60 %, a iz hleba preko 40 % lipidnih jedinjenja (ASG, MG i TG).
U ekstraktima polarnih lipida identifikovano je preko 60 % jedinjenja (DGMG, DGDG, MGMG i MGDG) a u lipidima unutar

skroba zastupljeni su samo LPI i NAPE.

U ekstraktima lipida i u lipidnim jedinjenjima identifikovano je oko 98 % masnih kiselina a najveći udeo je linalinolne kiseline.

Takođe je ispitan uticaj načina dodavanja tri vrste komercijalnih emulgatora u pojedinim fazama izrade testa na kvalitet hleba.

Delovanje komercijalnih emulgatora u testu i hlebu zavisi od vrste, sastava i količine emulgatora kao i od kvaliteta brašna kome se dodaje. Poboljšavajući efekti se mogu postići samo ako se emulgator dozira na početku zamesa ili tokom razvoja testa.

Rezultati ovog rada su pomogli da se bliže odredi mesto i uloga lipidnih materija brašna u procesu izrade hleba kao i interakcija lipida brašna sa komercijalnim emulgatorima.

Datum prihvatanja teme:

DP

21. juni 1993.

Datum odbrane:

DO

9. 2. 1998.

Članovi komisije:

KO

Predsednik:

Prof. dr J. Trumbulov

Član:

" G. Kaluderski

Član:

" Milan Žezelj, Polop. f.
Lecunv

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number:

ANO

Identification number:

INO

Document type:

DT

Monographic publication

Type of record:

TR

Textual material, printed

Contents code:

CC

Ph.D. thesis

Author:

AU

Nada Filipović, m.s.

Menthor:

MN

Gavra Kaluderski, Ph.D., prof. Faculty
of Technology, Novi Sad

Title:

TI

THE INFLUENCE OF COMPOSITION AND ROLE OF
FLOUR LIPIDS IN BREADMAKING PROCESS

Language of text:

LT

Serbo-croatian (Roman) (scr)

Language of abstract:

LS

Serbo-croatian (Roman) (scr) / English

Country of publication:

CP

Yugoslavia

Locality of publication:

LP

Novi Sad, Vojvodina

Publication year:

PY

1997.

Publisher:

PB

author reprint

Key words documentation

Publ. place:
PL 21000 Novi Sad, YU, Bul. cara Lazara 1

Physical description:
PD VII, 123 p., 34 tab., 38 fig.

Scientific field:
SF Food Technology

Scientific discipline:
SD Flour Technology

Key words:
CX flour, bread, lipids, composition, quantity, emulsifiers, interaction

UC 664.661:664.647:664.64.016.3/.8

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

Note:
N Ph.D. thesis = Doktorska disertacija
Faculty of Technology =
Tehnološki fakultet

Abstract:
AB Composition and quantities of nonpolar, polar and starch lipids were identified in different stages of bread making process. Changes and translocations of lipid compounds influenced by physical, mechanical and heat treatment during the technological process were determined, too.
Based on fatty acid composition in different lipid compounds separated by TLC and on probability calculation, the most probable composition of them was estimated.
In nonpolar lipid extracts of flour, over 60 % and in bread over 40 % of lipid compounds were identified (ASG, MG and TG).
In polar lipid extracts over 60 % of lipid compounds were identified (DGMG,

DGDG, MCMG and MGDG) but in starch lipids only LPI and NAPE were present.

In lipid extract and lipid compounds about 98 % of fatty acids were identified with the greatest share of linoleic acid.

The influence of adding three commercial emulsifiers in different stages of dough making on bread quality was also investigated.

Acting of commercial emulsifiers in dough and bread depends on their type, composition and quantity, as well as, on flour quality. Improving effects can be achieved only if emulsifiers are added at the beginning of mixing stage or during dough development.

These results comprise to better understanding of the lipid compounds role, the place of their acting in breadmaking process as well as their interaction with commercial emulsifiers.

Accepted by the Scientific Board on:

ASB 22. June 1993.

Defended on:

DE

Thesis defended board:

DB

President: _____

Member: _____

Member: _____

S A D R Ź A J

	str.
1.0.0.0 UVOD	1
2.0.0.0 OPŠTI DEO	4
2.1.0.0 SASTAV I RASPODELA LIPIDA U PŠENICI	4
2.1.1.0 SASTAV LIPIDA	4
2.1.2.0 RASPODELA LIPIDA U ZRNU PŠENICE	4
2.1.3.0 SORTNE RAZLIKE I UTICAJ EDAFSKIH FAKTORA	5
2.1.4.0 LIPIDI U PASAŽNIM BRAŠNIMA	6
2.2.0.0 FUNKCIONALNE OSOBINE LIPIDNIH MATERIJA U PŠENICI	6
2.2.1.0 LIPOLITIČKI ENZIMI	6
2.2.2.0 LIPOKSIKENAZA	7
2.2.3.0 SLOBODNI I VEZANI LIPIDI - SASTAV I OSOBINE	8
2.2.4.0 VEZIVANJE LIPIDA U TESTU - STARIJE TEORIJE I ZAPAŽANJA	8
2.2.5.0 VEZIVANJE LIPIDA - NAJNOVIJA KONCEPCIJA	11
2.2.6.0 INTERAKCIJA SKROB-LIPID	12
2.3.0.0 ULOGA LIPIDA PŠENICE U PROCESU PROIZVODNJE HLEBA	13
2.3.1.0 ZAMES TESTA	13
2.3.2.0 ZADRŽAVANJE GASA U TESTU	19
2.3.3.0 PEČENJE HLEBA	20
2.3.4.0 STARENJE HLEBA	21
2.3.5.0 INTERAKCIJA LIPIDA PŠENICE I EMULGATORA	22
3.3.5.1 Delovanje emulgatora na agregiranje proteina u testu	25

2.3.5.2	Delovanje emulgatora na produženje svežine hleba	26
3.0.0.0	EKSPERIMENTALNI DEO	29
3.1.0.0	MATERIJAL	29
3.1.1.0	UZORCI ZA ANALIZU	29
3.1.2.0	SIROVINE ZA IZRADU HLEBA	31
3.1.3.0	HEMIKALIJE	31
3.1.4.0	PLOČE ZA TANKOSLOJNU HROMATOGRAFIJU	32
3.1.5.0	STANDARDI MASNIH KISELINA	32
3.1.6.0	EMULGATORI	32
3.2.0.0	METODE	34
3.2.1.0	METODE ISPITIVANJA KVALITETA BRAŠNA	34
3.2.2.0	METODE EKSTRAKCIJE I IDENTIFIKACIJE LIPIDA	35
3.2.3.0	MATEMATIČKA OBRADA REZULTATA	39
3.3.0.0	REZULTATI	40
3.3.1.0	PROMENE SADRŽAJA LIPIDNIH MATERIJA U POJEDINIM FAZAMA IZRADA HLEBA	40
3.3.2.0	SASTAV MASNIH KISELINA U LIPIDNIM JEDINJENJIMA EKSTRAHOVANIM PETROLETROM	48
3.3.3.0	SASTAV MASNIH KISELINA U LIPIDNIM JEDINJENJIMA EKSTRAHOVANIM POLARNIM RASTVARAČEM	54
3.3.4.0	SASTAV MASNIH KISELINA U LIPIDNIM JEDINJENJIMA EKSTRAHOVANIM IZ SKROBA	60
3.3.5.0	INTERAKCIJA KOMERCIJALNIH DODATAKA SA LIPIDNIM MATERIJAMA BRAŠNA	64
3.4.0.0	DISKUSIJA	70
3.4.1.0	PROMENE SADRŽAJA LIPIDNIH MATERIJA U POJEDINIM FAZAMA IZRADA HLEBA	70
3.4.2.0	SASTAV MASNIH KISELINA U LIPIDNIM JEDINJENJIMA EKSTRAHOVANIM PETROLETROM	77

3.4.3.0	SASTAV MASNIH KISELINA U LIPIDNIM JEDINJENJIMA EKSTRAHOVANIM POLARNIM RASTVARAČEM	87
3.4.4.0	SASTAV MASNIH KISELINA U LIPIDNIM JEDINJENJIMA EKSTRAHOVANIM IZ SKROBA	98
3.4.5.0	INTERAKCIJA KOMERCIJALNIH DODATAKA SA LIPIDNIM MATERIJAMA BRAŠNA	103
3.4.6.0	MESTO I ULOGA LIPIDA BRAŠNA U PROCESU IZRADE HLEBA	106
4.0.0.0	ZAKLJUČCI	108
5.0.0.0	LITERATURA	112
6.0.0.0	PRILOZI	118
7.0.0.0	BIOGRAFIJA	123

1.0.0.0 UVOD

Industrijska proizvodnja hleba uslovila je namensku proizvodnju sorti pšenica (Chung i sar., 1981; Šarić i sar., 1995), kontrolu kvaliteta brašna i primenu odgovarajućih aditiva definisanog sastava sa ciljem da se dobije hleb dobrog i ujednačenog kvaliteta (Aust i Doerry, 1992). Najveće promene u pekarstvu nastale su kada su dugotrajni procesi mešenja i biohemijskog razvoja zamenjeni veoma intenzivnim mešačima koji su omogućili mehanički razvoj testa (Frazier, 1983; Franch i Fish, 1983; Pyler, 1982). Novonastali uslovi istakli su važnost osnovnih gradivnih elemenata testa te su i najmanje zastupljeni lipidi pšenice, odnosno brašna, postali jednako interesantni istraživačima kao i proteinska komponenta (Daftary i sar., 1968; Kim i D'Appolonia, 1977; Chung i sar., 1978a; MacRitchie, 1977; MacRitchie, 1981; Frazier, 1983; Békés i sar., 1986).

Hemičarima cerealistima je postojanje interakcije proteina i lipida u pšeničnom testu ili glutenu poznato već oko sto godina ali potpuno razumevanje složenih međusobnih veza do danas nije razjašnjeno (Grosskreutz, 1961; Fullington, 1969; Chung i sar., 1978a; Pomeranz, 1980; Lásztity, 1983; MacRitchie 1983; Chung, 1986; Morrison, 1994).

Mnogo je objavljeno radova o ulozi lipida u brašnu (Wehrli i Pomeranz, 1970; Morrison, 1978a; Pomeranz, 1983, Békés i Smied, 1981; MacRitchie 1983; Chung, 1986; Morrison, 1994) i svaki od njih osvetljava samo mali deo njihovog značaja. Činjenice koje otežavaju sagledavanje problema proizlaze iz složenog sastava lipida i načina prilaza sagledavanja njihove uloge. Razlike u dobijenim rezultatima su nastale zbog: različitog kvaliteta pšenice, uslova gajenja, primene raznih metoda ekstrakcije i uticaja rastvarača na funkcionalne sastojke brašna, načina čuvanja



lipida, interakcije lipida sa dodacima koji se koriste u pekarstvu kao što su površinski aktivne materije, šorteninzi i drugo (Pomeranz, 1985).

Pomeranz (1983) je postupke ispitivanja značaja lipida slikovito uporedio sa časovnikom. Složeno međusobno delovanje sastojaka testa je po njemu kao satni mehanizam. Kada deca žele da ga upoznaju, oni ga čekićem razbiju na delove a odrasla osoba upoznaje mehanizam tako što sastavne delove pažljivo rastavlja kako bi ih mogla ponovo sastaviti. Tako su u najranijim ispitivanjama lipida primenjivane destruktivne metode i reagensi koji su oštećivali pecivna svojstva a, za uzvrat, informacije koje su dobili nisu bile od velike koristi. Sada sa primenjuju suptilnije metode koje manje narušavaju funkcionalna svojstva brašna. Istraživači su prešli dug put "rastavljanja časovnika" ali još uvek su im neki delovi ostali spojeni!

Doprinos lipidnih komponenata kvalitetu ne treba zanemarivati kada se posmatraju parametri tehnološkog kvaliteta brašna iako je evidentno da se lakše i brže prepoznaje uticaj proteinskih frakcija. Za sada se pod sastojcima lipida koji imaju uticaj na kvalitet najviše govori o količini lipida izvan skrobne granule, odnosu polarnih prema nepolarnim lipidima i o sadržaju slobodnih masnih kiselina (Pomeranz, 1985; MacRitchie, 1983; Morrison, 1994).

Svrha ovih istraživanja je da se utvrdi sastav nepolarnih i polarnih lipida kao i lipida iz skroba u pojedinim fazama procesa proizvodnje hleba a sa ciljem da se zapaze promene i prelazi pojedinih lipidnih sastojaka pod uticajem fizičkih, mehaničkih i toplotnih delovanja tokom tehnološkog postupka.

Da se na osnovu sastava masnih kiselina u pojedinim lipidnim jedinjenjima utvrdi njihov najverovatniji sastav.

Da se ispita uticaj načina dodavanje komercijalnih emulgatora u različitim fazama izrade testa na kvalitet hleba sa ciljem da se utvrdi kako i kada se lipidi brašna vezuju sa emulgatorima pri izradi testa.

Da se bliže odredi mesto i uloga lipida brašna u procesu izrade hleba kao njihova interakcija sa komercijalnim emulgatorima.



2.0.0.0 OPŠTI DEO

2.1.0.0 SASTAV I RASPODELA LIPIDA U PŠENICI

2.1.1.0 SASTAV LIPIDA

Lipidi se nalaze u zrnu pšenice kao sastavni deo intracelularnih membrana i sferozoma i čine 2-3 % suve materije zrna (Morrison, 1978a). Korisni su izvori polinezasićenih masnih kiselina a pšenična klica je izuzetno bogata tokoferolima vitamina E (Morrison, 1988).

Većina lipida u brašnu su estri slobodnih masnih kiselina i glicerola a ostatak su slobodne (neesterifikovane masne kiseline i nekoliko vrsta lipida na bazi sterola i glikolipidi (Morrison, 1978a; Morrison, 1988). Najzastupljeniji lipidi su: trigliceridi (TG), mono- i digalaktosil gliceridi (MGDG, DGDG), N-acilfosfatidiletanolamin (NAPE), fosfatidiletanolamin (PE), fosfatidilglicerol (PG) i fosfatidilholin (PC). Utvrđena je i mala količina delimično acetilisanih lipidnih jedinjenja (Chung, 1981; Morrison 1994).

U lipidima pšenice registrovane su sledeće masne kiseline: palmitinska (C16:0), stearinska (C18:0), oleinska (C18:1), linolna (C18:2) i linolenska (C18:3). Udeo nezasićenih masnih kiselina u najglavnijim lipidnim grupama je velik te su lipidi pšenice podložni neenzimskoj i enzimskoj oksidaciji (Morrison, 1994).

2.1.2.0 RASPODELA LIPIDA U ZRNU PŠENICE

U pšenici lipidi su raspoređeni po celom zrnu. Nalaze se u obliku kapljica ulja ili su u sferozomima smešteni većinom u skutelumu i aleuronskom sloju, a takode i u subaleuronskom sloju skrobnog endosperma a u samom endospermu su procentualno najmanje zastupljeni. Sferozomi su izvor nepolarnih lipida i tokoferola, ali u njima se nalaze i fosfolipidi u njihovim graničnim membranama (Hargin i Morrison, 1980; Morrison i Hargin 1981, Morrison, 1994).

Raspodela lipida u zrnu pšenice je prikazana u tab. 1. Rezervni lipidi (trigliceridi i drugi nepolarni lipidi) su skoncentrisani u skutelumu i aleuronskom sloju, dok su glikolipidi i N-acilfosfolipidi skoro isključivo prisutni u endospermu. Glavni deo lizofosfatidil lipida je u skrobnim granulama, ali nešto ovih jedinjenja se stvara i parcijalnom hidrolizom diacil-fosfolipida i lipida izvan skrobne granule i oni se ne mogu lako razlikovati. U perikarpu se nalaze samo male količine lipida (Price i Parson, 1979; Hargin i Morrison, i sar., 1980).

Tabela 1. - Sadržaj lipida u anatomskim delovima zrna pšenice (Hargin i Morrison, 1980).

Anatomski deo zrna pšenice	Maseni udeo dela zrna u (s.m.)	Vrsta lipida (maseni udeo u lipidima celog zrna)		
		Nepolarni lipidi	Glikolipidi	Fosfolipidi
Celo zrno	100	44,4-56,9	8,0-14,4	30,6-41,5
Klica	2,5-3,0	79,3-84,8	<3,5	13,6-17,2
Aleuronski sloj	4,0-10,0	72,3-83,0	2,2-9,8	13,8-17,9
Perikarp	6,8-8,6	6	2	< 1
Endosperm	78,7-84,5	33,2-47,4	20,4-38,3	21,9-35,3
Skrob iz endosperma	59,3-67,5	3,9-5,9	1,2-6,7	89,4-94,3

2.1.3.0 SORTNE RAZLIKE I UTICAJ EDAFSKIH FAKTORA NA SASTAV LIPIDA PŠENICE

Razlike u sadržaju lipida između pšenica su relativno male, a sastav nepolarnih i polarnih lipida kao i sastav slobodnih masnih kiselina svakog lipidnog ostatka je prilično ujednačen. Većina razlika može da se pripíše različitim udeli-

ma glavnih delova tkiva kod velikih i malih zrna (pa time i odnosu rezervnih i strukturalnih lipida) kao i uticaju edafskih faktora koji mogu da idu u prilog sintezi rezervnih lipida tokom perioda nalivanja zrna. Karakteristične razlike u sadržaju lipida izvan skrobne granule mogu da se očekuju između jarih i ozimih sorti pšenice i mogu da se jave značajni uticaju okoline u onim predelima u kojima je manje stabilno vreme u periodu nalivanja zrna (Skarsaune i sar., 1970; Morrison, 1978a; Chung i sar., 1981; Chung i Pomeranz, 1981; Békés i sar., 1983a; MacRitchie, 1983; Zawistowska i sar., 1984; Matsuo i sar., 1986).

2.1.4.0 LIPIDI U PASAŽNIM BRASNIMA

Tokom mlevanja neki lipidi se premeštaju iz klice i aleuronskog sloja u delove endosperma koji se usitnjava u brašno. Svako pasažno brašno ima osnovni nivo nepolarnih lipida, glikolipida i fosfolipida, koji potiče iz skrobnog endosperma i uglavnom je konstantnog sastava i veoma promenljivu količinu lipida iz klice i aleuronskog sloja, grubo u odnosi 3 : 1. Lipidi iz klice i aleuronskog sloja su nepolarni lipidi sa učešćem oko 10-15 % i polarni lipidi bez glikolipida, koji su po sastavu slični ulju iz pšenične klice (Morrison i Hargin, 1981; Morrison i sar., 1982).

2.2.0.0 FUNKCIONALNE OSOBINE LIPIDNIH MATERIJA U PŠENICI

2.2.1.0 LIPOLITIČKI ENZIMI

U neoštećenom zrnu pšenice lipidi su stabilni a promene koje se ogledaju u postepenom gubitku pecivnih svojstava tokom skladištenja od nekoliko godina, događaju se veoma sporo u zdravoj, pravilno skladištenoj pšenici. Međutim, pogoršanje pecivnih svojstava je mnogo brže kada se skladišti vlažno brašno i to je povezano sa pojavom plesni i sporom hidrolizom lipida koji se nalaze izvan skrobne granule do slobodnih masnih kiselina (Morrison, 1994).

Promene na lipidima se odvijaju mnogo brže u produktima mlevenja zbog disperzije lipida i olakšanog pristupa enzima do supstrata. Hidroliza je naročito brza u brašnu od celog zrna, pogotovo ako je brašno sitnijih čestica što se pripisuje delovanju lipaza smeštenih u spoljnim slojevima zrna (Morrison, 1994).

Hidroliza lipida negativno utiče na pecivna svojstva brašna na nekoliko načina:

- na linolnu i linolensku kiselinu u dostupnim lipidnim jedinjenjima deluje lipoksigenaza iz pšenice, dobijaju se velike količine slobodnih masnih kiselina, enzim troši mnogo kiseonika iz testa kojim su se mogli oksidovati drugi enzimi ili koji učestvuje u drugim važnim reakcijama (Glass, 1962; Morrison, 1978a; Frazier, 1983);

- hidroliza polarnih lipida je brža od hidrolize nepolarnih lipida te odnos nepolarnih prema polarnim lipidima postaje nepovoljniji što dovodi do smanjenja zapremine hleba (Morrison, 1978a).

- nezasićene masne kiseline slabe gluten i ozbiljno narušavaju sposobnost obrazovanja pene, specifične strukture u kojoj su u tečnoj fazi testa uklopljeni mehurići gasa, čime se dobija slabija moć zadržavanja gasa i slabije narastanje u peći (Morrison, 1978a).

2.2.2.0 LIPOKSIKENAZA

Lipoksigenaze u pšenici imaju tri tipa izoenzima koji koriste slobodne masne kiseline kao svoj osnovni supstrat a takode pokazuju i slabu aktivnost prema monogliceridima. Enzim je skoncentrisan u skutelumu i klici, te je aktivnost najveća u brašnu od celog zrna i u onim pasažnim brašnima koja sadrže delove klice i velike količine slobodnih masnih kiselina. Ima malo dejstvo na reološka svojstva testa i na zapreminu hleba (Nicolas i Drapon, 1983; Shiiba i sar., 1991; Morrison, 1994).

2.2.3.0 SLOBODNI I VEZANI LIPIDI - SASTAV I OSOBINE

Slobodni lipidi se ekstrahuju iz brašna ili iz liofiliziranog testa pomoću nepolarnih rastvarača kao što su heksan, laki petrol etar ili dietil etar. U praksi oni su uvek deo lipida izvan skrobne granule. Preostali lipidi su tzv. "vezani" koji se mogu dobiti ekstrakcijom sa polarnim rastvaračima kao što su n-butanol zasićen vodom ili smešama hloroform-metanol-voda. Lipidi unutar skrobne granule su mnogo jače vezani i imaju ograničenu funkciju u procesu pečenja. Definicija slobodnih lipida je u nekoliko proizvoljna a količina i sastav slobodnih lipida ekstrahovanih iz brašna zavisi od polarnosti rastvarača, sadržaja vlage u brašnu i veličine čestica (Frazier, 1983; Morrison, 1978a; Morrison, 1985, Morrison, 1994).

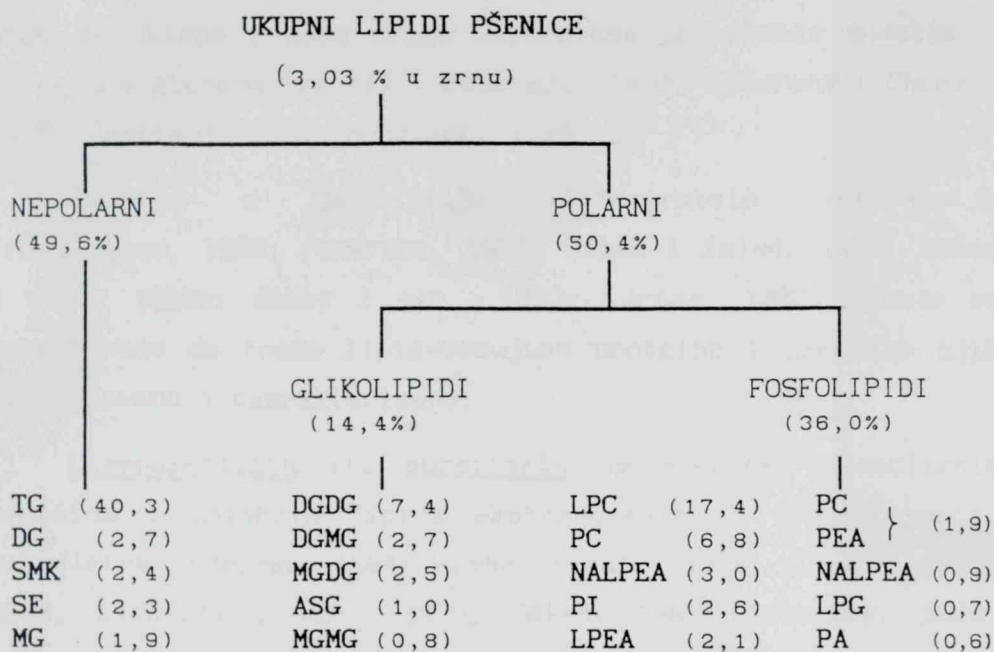
Na osnovu rezultata Hargin-a i Morrison-a (1980), Chung i Pomeranz (1981) su prikazali sastav nepolarnih i polarnih, odnosno slobodnih i vezanih, lipida izvan skrobne granule na sl. 1.

Sadržaj polarnih lipida kontrolišu dva gena, *Fpl-1* i *Fpl-2* na hromozomu 5D, poslednji se ne može razlikovati od gena *Ha/ha* koji reguliše da li je endosperm "mek" ili "tvrd". Viši sadržaj slobodnih polarnih lipida može se povezati sa mekoćom zrna ali to može da bude i posledica promena usled starenja a koje utiču na strukturu endosperma (Morrison i sar., 1989; Morrison, 1994).

2.2.4.0 VEZIVANJE LIPIDA U TESTU - STARIJE

TEORIJE I ZAPAZANJA

Na osnovu različitih podataka istraživanja predloženi su modeli Hess-a i Mahl-a, Grosskreutz-a, Hoseny-ja, Wehrli-ja, Chung-a i Tsena i Mak-a i Jones-a kojima su se do sada objašnjavali efekti delovanja lipida i površinski aktivnih materija



gde su: TG - trigliceridi, DG - digliceridi, SMK - slobodne masne kiseline, SE - sterilestri, MG - monogliceridi, DGDG - digalaktozildigliceridi, DGMG - digalaktozilmonogliceridi, ASG - acil-sterilglukozidi, MGMG - monogalaktozilmonogliceridi, LPC - lizofosfatidilholin, PC - fosfatidilholin, NAPEA - N-acilfosfatidiletanolamin, PI - fosfatidilinozitol, LPEA - lizofosfatidiletanolamin, PEA - fosfatidiletanolamin, NALPEA - N-acil lizofosfatidiletanolamin, LPG - lizofosfatidilholin i PA - fosfatidna kiselina a njihov sadržaj je izražen u procentima u odnosu na ukupan sadržaj lipida.

Sl. 1 - Sastav nepolarnih i polarnih lipida pšenice izvan skrobne granule (Chung i Pomeranz, 1981)

u testu (Grosskreutz, 1961; Békés i Smied, 1981; Chung, 1986). U ovim modelima lipidi obrazuju uglavnom hidrofobne veze sa gluteninom i hidrofилne veze sa glijadinom i tako obrazuju poprečne veze i jačaju strukturu glutena. Na sličan način se objašnjava kako glikolipidi ili površinski aktivne materije mogu da uklope i neke druge nepšenične proteinske dodatke u strukturu glutena (Wehrli i Pomeranz, 1970; Pomeranz i Chung, 1978; Pomeranz, 1980; Morrison, 1994).

Teorije o postojanju lipid-protein interakcija (Fullington, 1969; Pomeranz, 1971; Békés i Smied, 1981; Békés i sar., 1983b; Békés i sar., 1983c; Aréas, 1986) navele su istraživače da traže lipid-vezujuće proteine i nekoliko njih je izolovano i okarakterisano:

Lipopurotionin ili purotionin je kompleks globularnih proteina i polarnih lipida ekstrahovanih iz brašna pomoću petroletra (Mecham, 1964; Fisher i sar., 1968; Nimmo i sar., 1968; Lásztity i sar., 1979; Békés, 1981; Lásztity, 1983; Lásztity i sar., 1985; Nierle i ElBaya, 1985);

Ligolin je protein koji vezuje nezasićene trigliceride kao što su gliceroltrioleat ali ne i zasićene vrste triglicerida koji se nalaze u mastima (Frazier i sar., 1982; Frazier, 1983; Frazier i sar., 1984).

S-protein je komponenta glijadinskog proteina koja sa lipidima obrazuje kompleks (Morrison, 1994).

C-M tip proteina se ekstrahuje sa rastvaračima na bazi hloroforma i metanola (Lásztity i sar., 1985; Morrison, 1994).

Prema Chung-ovoj (1986) rezultati svih radova na utvrđivanju interakcije lipid-protein pokazuju da sastav lipida vezanih za glijadin ili glutenin u velikoj meri zavisi od metode frakcionisanja proteina.

Ni jedan od ovih izolovanih proteina vezanih za lipide nije pokazao nikakvu ulogu u hlebnom testu i vrednost postav-

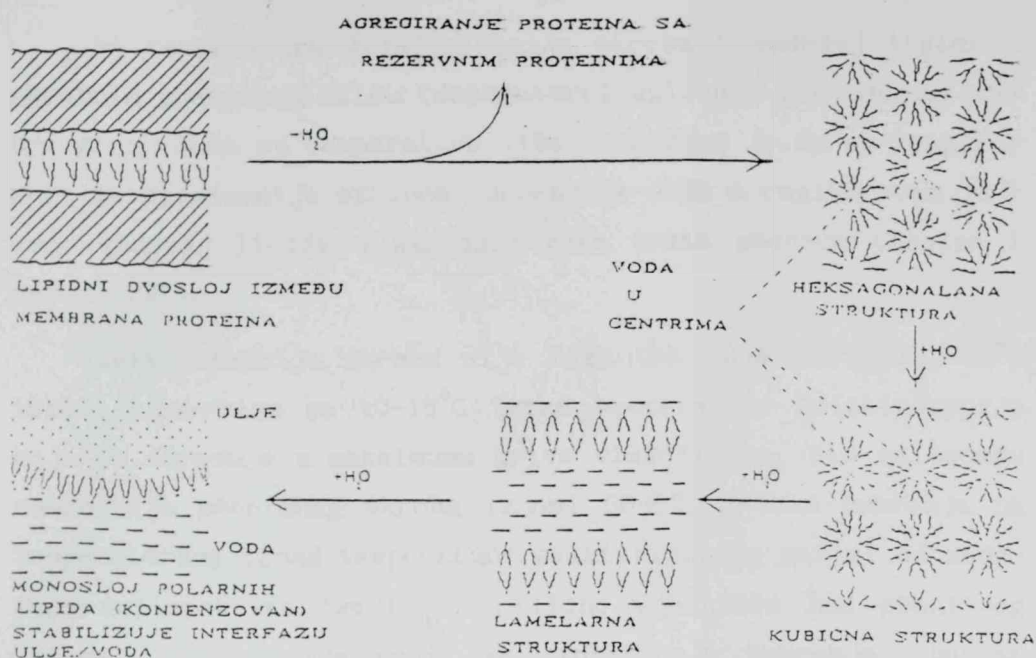
ljenih specifičnih interakcija između proteina i lipida je dovedena u pitanje i ove teorije su napuštene (Morrison, 1994).

2.2.5.0 VEZIVANJE LIPIDA U TESTU - - NAJNOVIJA KONCEPCIJA

Nova objašnjenja načina vezivanja lipida su nastala na osnovu zapažanja o polimorfnom ponašanju polarnih lipida dispergovanih u vodenoj fazi. Radovi Al Saleh-a i sar., (1986); Marion-a i sar., (1987) i Akoka i sar., (1988) pokazali su da lipidi izvan skrobne granule u pšenici pri različitim sadržajima vode koji su karakteristični za brašno i testo imaju karakteristične polimorfne oblike.

Prema Morrison-u (1994), kada je zrno u fazi razvoja polarni lipidi su strukturalne komponente lipoproteinskih membrana u kojima su polarni lipidi u obliku klasičnog dvosloja ili u obliku monosloja u membranama sferozoma. Kako zrno sazreva i gubi vlagu, membrane se raspadaju i spajaju se sa rezervnim proteinima (prolaminima) i sa citoplazmatičnim matriksom a lipidi formiraju heksagonalnu uređenu strukturu (sl. 2). U ovoj fazi netaknuti dvosloj lipida je vezan, a lipidi iz sferozoma i polarni lipidi iz uređene heksagonalne strukture većinom su slobodni i mogu se ekstrahovati. Postulirana degeneracija dvoslojnih membrana je verovatno deo procesa starenja koji se javlja u zrnu koje sazreva.

Prilikom hidratisanja brašna polarni lipidi se transformišu preko kubične u lamelarnu fazu koja može obezbediti monodisperzne molekule polarnih lipida, oni se nakupljaju u interfazi kapljica ulja u vodi i stabilišu ih (sl. 2). Polarni lipidi iz lamelarne faze mogu se transformisati u liposome koji su u stvari koncentrični sferni oblici lamelnog tipa strukture polarni lipid/voda ili u inverzne lamelarne faze koje se opet mogu pomerati do interfaze voda mehurić gasa (Krog, 1981; Morrison, 1994).



Sl. 2 - Polimorfno ponašanje polarnih lipida
dispergovanih u vodenoj sredini

2.2.6.0 INTERAKCIJE SKROB-LIPID

U velikim skrobnim granulama A-tipa kod pšenice, koje čine i najveću masu ukupnog skroba, amilopektin, amiloza i lipidi su asimetrično raspoređeni, pa prilikom želatinizacije čestice bubre i zauzimaju jedinstven "oblik stolice" (Tester i Morrison, 1990). Prema Meredith-u i sar., (1978) sadržaj lipida u skrobnim granulama A-tipa je proporcionalan površini granule.

Opšte je prihvaćena pretpostavka da lipidi skroba obrazuju kompleks sa amilozom iz nativnog skroba. Ovo mišljenje je nastalo na osnovu podataka o sadržaju amiloze i lipida u skrobu koji pokazuju da u pšeničnom skrobu ima dovoljno lipida oko kojih bi se mogao omotati heliks sa 6 anhidroglukoznih jedinica amiloznog lanca, ali ima i podataka koji ukazuju na to da su u skrobnoj granuli lipidi i amiloza nezavisni i da stvaraju

kompleks samo tokom želatinizacije skroba (Morrison, 1978b).

Na temperaturu želatinizacije skroba i sadržaj lipida u skrobnim granulama utiču temperaturni uslovu u periodu nalivanja zrna. Kada su temperature više, zapaženo je da su temperature želatinizacije skrobne suspenzije veće a registrovan je i veći sadržaj lipida u skrobu raznih vrsta pšenice (Tester i sar., 1991).

Želatinizacija skroba nije trenutna. Ona počinje 7-10°C ispod a završava se 10-15°C iznad temperature želatinizacije koja se određuje u maksimumu krive viskoziteta, što za vodenu suspenziju pšeničnog skroba iznosi 56-65°C. Obim bubrenja na temperaturama iznad temperature želatinizacije zavisi od sadržaja amilopektina (koji je prilično ujednačen kod pšeničnog skroba) i od lipida koji jako inhibiraju bubrenje, jer se verovatno nalaze u obliku nerastvorljivih inkluzionih kompleksa sa amilozom, koji se stvaraju u kasnijim fazama formiranja endosperma zrna (Meredith i sar., 1978). Bubrenje skroba na isti način inhibiraju i monoacil-lipidi: slobodne masne kiseline, monogliceridi iz lipida izvan skrobne granule i dodate površinski aktivne materije koje stvaraju kompleks sa amilozom (Raphaelides, 1992). Interakcije skrob-lipid mogu da utiču na konačnu zapreminu hleba kod pečenja (Wehrli i Pomeranz, 1970; Morrison, 1994).

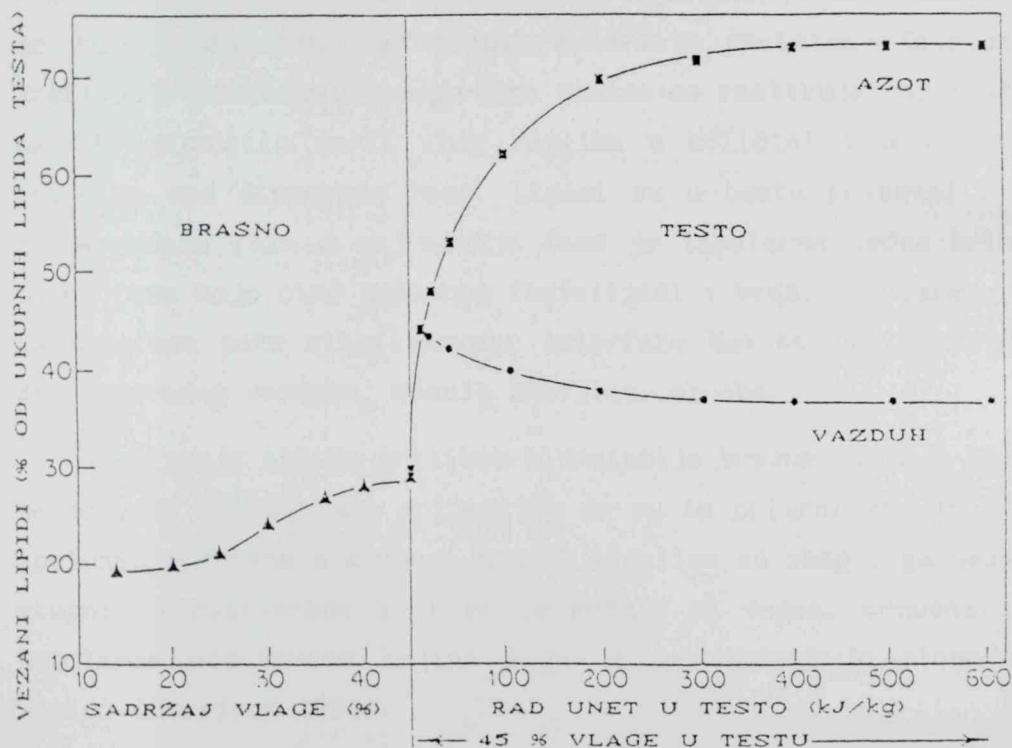
2.3.0.0 ULOGA LIPIDA PŠENICE U PROCESU PROIZVODNJE HLEBA

2.3.1.0 ZAMES TESTA

Kada se mešaju voda i pšenično brašno u testu se odigrava niz fizičkih i hemijskih promena i testo pokazuje viskozne osobine tečnosti i elastične osobine (Gomes Areas, 1986). Funkcionalne osobine ovakvih viskoelastičnih testa i njihova pogodnost za izradu hleba i drugih proizvoda na bazi brašna zavise od količine dodate vode, kvaliteta i kvantiteta proteina brašna koje se koristi za izradu testa, prisustva sastojaka koji se koriste u manjim količinama i aditiva kao i od

dužine pojedinih faza izrade testa i intenziteta mešenja testa. Kada se testu doda voda odmah se smanjuje mogućnost izdvajanja slobodnih lipida (Bloksma, 1988; Frazier 1983).

Eksperimentom u kome je testo mešeno bez utroška sile pomoću sprasenog leda i u struji tečnog azota na -190°C , utvrđeno je da se vezivanje lipida u testu poklapa sa pojavom slobodne vode u sistemima kod kojih nije primenjena sila za zames i da je kritičan sadržaj vode 24,8 % (Frazier, 1983), sl. 3.



Sl. 3 - Sadržaj vezanih lipida u funkciji količine vode u brašnu bez utroška mehaničkog rada i u testu sa 45 % vlage, mešenom u anaerobnim i aerobnim uslovima pri različitom utrošku mehaničkog rada

Za formiranje koherentne mase testa sa sadržajem vlage

između 24,5 i 29,0 % bila je neophodna primena male sile od svega 2-3 kJ/kg koja nije uticala na vezivanje lipida. Međutim, kada se sadržaj vode u testu povisio iznad 29 % količina vode je bila dovoljna da omogući vezivanje lipida u testu i da se razvije gluten (Frazier, 1983), sl. 3, (leva strana).

Carlson (Chung i Pomeranz, 1981; Schuster i Adams, 1984) je u svojoj disertaciji objasnio da je pšenično testo koloidna disperzija u kojoj je nekoliko dispergovanih faza i to: mehurići vazduha, lipidne čestice, ćelije kvasca, skrobne granule a i druge čestice koje se mogu registrovati u matriksu testa. Kontinualni matriks testa sastoji se od koncentrovane lamelarne faze hidratiranih pšeničnih rezervnih proteina. Koloidna stabilnost kontinualnog matriksa znatno se razlikuje kod brašna od različitih sorti zbog razlika u količini i kvalitetu proteina kao disperzne faze. Lipidi su u testu prisutni kao dispergovana faza a najvažnija faza je lamelarna tečno-kristalna faza koju čine uglavnom fosfolipidi i voda, jer lamelarna mezofaza može stabilizovati interfaze kao što su površine dispergovanog vazduha, masnih kapljica, skroba.

Vezivanje lipida prilikom hidratacije brašna nastaje kada se polarni lipidi tako orijentišu da su im polarni krajevi sa spoljašnje strane a krajevi masnih kiselina su zbog toga nedostupni za rastvarače koji se ne mešaju sa vodom, odnosno za nepolarne rastvarače kojima mogu da se ekstrahuju slobodni lipidi (Morrison 1994).

Još uvek se vezivanje lipida tumači formiranjem slabih hidrofobnih asocijacija između hidrofobnih delova lipida i proteina i vodoničnim vezama i drugim polar-polar interakcijama između polarnih delova lipida i drugih makromolekula u testu. Slobodni polarni lipidi, (uglavnom glikolipidi) vezuju se za glijadin hidrofobnim vezama a za glutenin hidrofobnim vezama. Kod nefrakcionisanog glutena, lipidi se vezuju istovremeno za obe frakcije i deluju kao njihova spona. Tako model

Chung-a i *Tsena* pokazuje da polarni lipidi obrazuju hidrofилне veze sa glijadinom a hidrofобне sa gluteninom (*Chung*, 1986).

Hidrofобnim vezama ne može se najbolje objasniti vezivanja ukupnih nepolarnih lipida jer se mora uzeti u obzir i mehаničko zarobljavanje lipida u gluten. Tako, hidratacija brašna, uslovi mešenja, dodatak soli i oksidacija proteina lipoksigenazama modifikuju proteinsku strukturu i utiču na vezivanje lipida.

Drugi verovatan način vezivanja je fizičko zarobljavanje kapljica ulja, sferozoma i lipozoma ili masti unutar glutenskog matriksa. Tako, integritet matriksa zavisi od rada koji je unet tokom mešenja i od redoks uslova kao i od osobina lipida zbog razlika u sastavu triglicerida (*Morrison* 1994).

Ovakvo vezivanje može da se dogodi na bilo kom nivou, počevši od pojedinačnih molekula do mikroskopski vidljivih lipidnih kapljica. *Cumming* i *Tung* (*Morrison*, 1978a) su registrovali inkluzije lipida manje od 1 μm u obezmašćenom glutenu što može ujedno i da ukaže na gornju granicu veličine lipidnih kapljica koje su mehаnički "zarobljene".

Cumming i *Tung* (*Morrison*, 1978a) su našli da je lipoproteinski kompleks koji se obrazuje između slobodnih lipida i proteina tokom razvoja glutena veoma važan za interakcije protein-protein i protein-skrob. U potpuno hidratisanom testu skoro svi glikolipidi i polovina fosfolipida su vezani a oko 40 % nepolarnih lipida je slobodno. Različiti odnosi pojedinačnih nepolarnih lipida ostaje slobodno u brašnu, a ti odnosi su drugačiji zavisno od vrste slobodnog lipida koji se vezuje u testu.

Uslovi mešenja testa utiču na vezivanje lipida, naročito triglicerida. Količina vezanih lipida se povećava kada se pritisak kiseonika u mikseru smanji i kada je mešenje u anaerobnim uslovima sve do utroška rada od 600 kJ/kg (sl. 3, desni deo).

U testima mešenim pod aerobnim uslovima u prisustvu lipo-kisgenaze iz soje registruju se male promene u količini vezanih lipida kada se prede nagli početni skok, odnosno kada se razvije gluten, ali vezani lipidi se ireverzibilno oslobađaju prilikom većeg utroška rada, odnosno, sve dok utrošeni rad ne dostigne vrednost od 300 kJ/kg (sl. 3).

Prema Carlson-u (Chung i Pomeranz, 1981) smanjena mogućnost ekstrahovanja slobodnih lipida nakon hidratacije brašna nije posledica vezivanja lipida za komponente brašna već je posledica formiranja uredene strukture tipa lamelarne faze sa hidrofilnim interfazama kojima se ova struktura štiti od delovanja nepolarnih rastvarača.

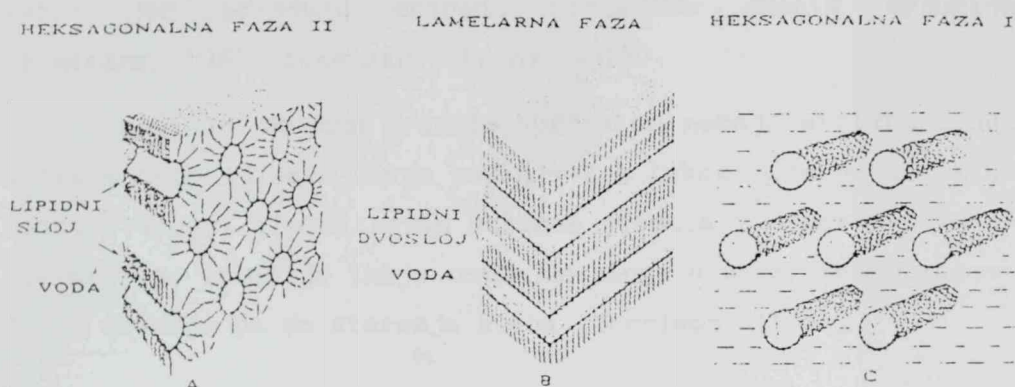
Carlson i sar., (Schuster i Adams, 1984) su utvrdili da lipidi brašna formiraju tečno-kristalne faze sa vodom, tzv. "mezofaze". To su takva agregatna stanja koja imaju osobine tečnosti - pokretljivost sličnu vodi i pastoznu konzistenciju, i kristalna svojstva koja se karakterišu određenim optičkim osobinama. Zavisno od sadržaja vode u testu obrazuju se sledeće strukture:

1. do 15 % vode - "heksagonalna-(II)-faza", sl. 4a. Na ovakve oblike ne deluju višak vode ili druge faze prisutne u sistemu. Ova faza se ponaša kao plastična mast (Chung i Pomeranz, 1981);

2. od 15 do 50 % vode - "lamelarna tečno-kristalna faza", sl. 4b. Ova faza formira višestruke lamelarne filmove na interfazama ulje/voda, vazduh/voda ili skrob/voda. Najvažnija osobina ove faze je njena površinska aktivnost. Može da stupa u hidrofobne ili hidrofilne interakcije zavisno od okruženja u kome se nalazi i veoma je efikasno disperziono sredstvo ili sredstvo za podmazivanje (Chung i Pomeranz, 1981);

3. od 50 do 75 % vode iz lamelarne tečno-kristalne faze nastaje druga lamelarna tečno-kristalna faza, tzv. "L2 faza",

sl. 4c, koja se ponaša kao nepolarno ulje. L2 faza se karakteriše tečnim stanjem koje omogućuje difuziju drugih komponenata (Chung i Pomeranz, 1981).



Sl. 4 - Mezofaze koje obrazuju lipidi brašna sa vodom
(Schuster i Adams, 1984)

Daniels i sar., i Jacobsberg i sar., (Morrison, 1978a) su utvrdili da se dobre pecivne osobine testa mogu postići samo ako se u testu zadrži odgovarajuća rezerva slobodnih lipida, međutim ne navode količinu. Chung i Pomeranz, (1981) tvrde da je funkcionalnost polarnih lipida brašna u pogledu uticaja na zapreminu hleba oko 50 puta veća od proteina dobrog kvaliteta. Ipak, pri tome treba voditi računa o tome da su proteini kičmeni stub strukture testa a da lipidi brašna imaju ulogu potpore tog stuba i da oni samo zajedno mogu da iskažu puni efekat delovanja na zapreminu proizvoda.

Prilikom zamesa testa u završnoj fazi razvoja u testo se inkorporira vazduh u vidu sitnih mehurića čiji broj se menja tokom premesivanja i oblikovanja testa. Lipidne materije igraju veoma značajnu ulogu. Uključivanje vazduha u testo podrazumeva procese slične procesima stvaranja pene. Po analogiji,

površinski aktivne komponente koje se adsorbuju na interfazi između vazduha i vodene faze imaju veliki uticaj na način obrazovanja gasnih mehurića u peni, na njihov broj, veličinu, stabilnost i na njihov raspored (Krog, 1981; Schuster i Adams, 1984). Površinski aktivne materije u testu su proteini i lipidi. Relativan odnos proteina i lipida kao i sastav lipida su važni jer određuju prirodu strukture gasnih mehurića (Pomeranz, 1980; Kokelaar i Prins, 1995).

Lipidi iz skrobne granule verovatno nemaju aktivnu ulogu u testu nego njihova uloga počinje tek tokom pečenja dok slobodni i vezani lipidi izvan skrobne granule i dodate površinski aktivne materije imaju značajne uloge u svim fazama počevši od mešenja pa do starenja hleba (Morrison, 1978b).

2.3.2.0 ZADRŽAVANJE GASA U TESTU

U kasnijim fazama završne fermentacije, kada glutenski matriks počinje da pokazuje diskontinuitet i tokom pečenja narastanje testa jako zavisi od sposobnosti zadržavanja gasa koji je pod slabim pritiskom. Pojave koje se događaju u sunderastom testu dovedene su u vezu sa osobinama stvaranja pene i sa stabilnosti slobodne vodene faze u testu. U hlebnom testu je oko 36-40 % vode računato na masu brašna, vezano za protein, oštećeni skrob i ćelijske zidove polisaharida te ne može da učestvuje u stvaranju pene. Stabilnost stvaranja pene vodene faze smeše brašno-voda zavisi od osobina lipida brašna. Frakcije sa visokim udelom slobodnih masnih kiselina posebno nepovoljno deluju. Elementarne supstance koje stabilizuju penu u testu nisu identifikovane ali verovatno proteini i lipidi mogu ili da stabilizuju ili destabilizuju penu u zavisnosti od svoje strukture. Kapacitet stvaranja pene se povećava sa vremenom fermentacije i sa dužinom aktivnosti lipoksigenaze, a promene u sastavu lipida u vodenoj fazi takode mogu biti od značaja (Schuster i Adams, 1984; Bloksma, 1988; Morrison, 1994).



Široko je rasprostranjena pretpostavka da polarni lipidi pšenice (digalaktozildigliceridi i pogotovo monogalaktozildigliceridi) stabilizuju gasne mehuriće na taj način što obrazuju monosloj na interfazi gas/tečnost. Neki eksperimenti pokazuju da proteini ne obrazuju mešoviti film sa polarnim lipidima koji stvaraju kondenzovane monoslojeve, iako se mešoviti filmovi mogu formirati sa polarnim lipidima koji mogu da formiraju proširene monoslojeve. Acil lanci u polarnim lipidima pšenice su jako nezasićeni i može se očekivati da stvaraju proširene monoslojeve ali nije poznato u kakvu interakciju stupaju sa nepolarnim lipidima i sa proteinima za koje se misli da stabilišu penu u testu. Glikolipidi i površinski aktivne materije sa nezasićenim masnim kiselinama su manje delotvorni kod stvaranja pene u vodi i kod poboljšanja disperzije gasnih mehurića u smeši od onih koji imaju zasićene masne kiseline. Još uvek ostaje otvoreno pitanje da li polarni lipidi pšenice efikasno stabilizuju penu u testu (Chung i Pomeranz, 1981; Schuster i Adams, 1984; Morrison, 1994).

Ulja mogu narušiti penu koju stvaraju proteini a takode isti efekat mogu imati trigliceridi pšenice (ili verovatno većina nepolarnih lipida) sem ako nisu stabilizovani monoslojem polarnih lipida kao što je to slučaj kod sferozoma. Slobodne masne kiseline imaju najveći negativan efekat. Način na koji one deluju još nije poznat. Pretpostavlja se da one menjaju polimorfno ponašanja polarnih lipida ili se one vezuju sa proteinima koji stvaraju film pene u prvom primeru. Negativan efekat slobodnih masnih kiselina može se izbeći dodavanjem masti u testo koje će apsorbovati inhibirajuće slobodne masne kiseline (Chung i Pomeranz, 1981; Morrison, 1994).

2.3.3.0 PEČENJE HLEBA

Postoje dve manje jasne teorije na koji skrob i lipidi utiču na reologiju testa i narastanje u peći tokom pečenja. Kada su skrobne granule mehanički oštećene, one apsorbuju vodu

i bubre mnogo brže na sobnoj temperaturi ("želatinizacija na hladno") u poređenju sa neoštećenim skrobom i ovu dobro poznatu osobinu koriste mlinari za regulisanje moći upijanja vode. Međutim, pri bilo kom stepenu oštećenja skroba, bubrenje skroba je u negativnoj korelaciji sa sadržajem lizofosfolipida i značajne razlike u bubrenju i vezivanju vode mogu da se jave kao rezultat promena na skrobu (Morrison, 1994).

Druga situacija nastaje kada skrobne granule želatiniziraju i bubre tokom pečenja jer one uklanjaju svu slobodnu vodu iz testa koja je učestvovala u stvaranju specifične stabilne strukture testa tipa pene. Pošto je ovo jedan od procesa koji utiče da se struktura testa ne poremeti, tj. ako se želatinizacija i bubrenje odvijaju na temperaturi nekoliko stepeni višoj u odnosu na temperaturu želatinizacije skroba, narastanje u peći će biti produženo tokom pečenja. Laboratorijska probna pečenja sa brašnima u kojima je skrob rekonstituisan sa raznim sortama (tipovima) pšenice pokazala su da je specifična zapremina u značajnoj korelaciji sa temperaturom želatinizacije skroba ali ne i sa samim lipidima skroba iako je lipid skoro sigurno faktor koji doprinosi razlikama u bubrenju skroba i razlikama u zapreminama hleba (Schuster i Adams, 1984; Stauffer, 1996).

2.3.4.0 STARENJE HLEBA

Proces starenja hleba praćen je migracijom vode u proizvodu, organoleptičkim i fiziko-hemijskim promenama u kori i sredini hleba (Kulp, 1979; Pyler, 1983). Promene koje nastaju u sredini a ogledaju se u smanjenju njene elastičnosti i grubljim porama objašnjavaju se retrogradacijom skroba.

U svežem hlebu skrobne granule su delimično želatinizirane, odnosno izgubile su uređenu strukturu koju poseduju nativna skrobna zrnca (Pyler, 1983; Stauffer, 1996). Proces retrogradacije nastaje odmah nakon hladenja hleba i predstavlja vraćanje amorfno, delimično želatiniziranog skroba u kristal-

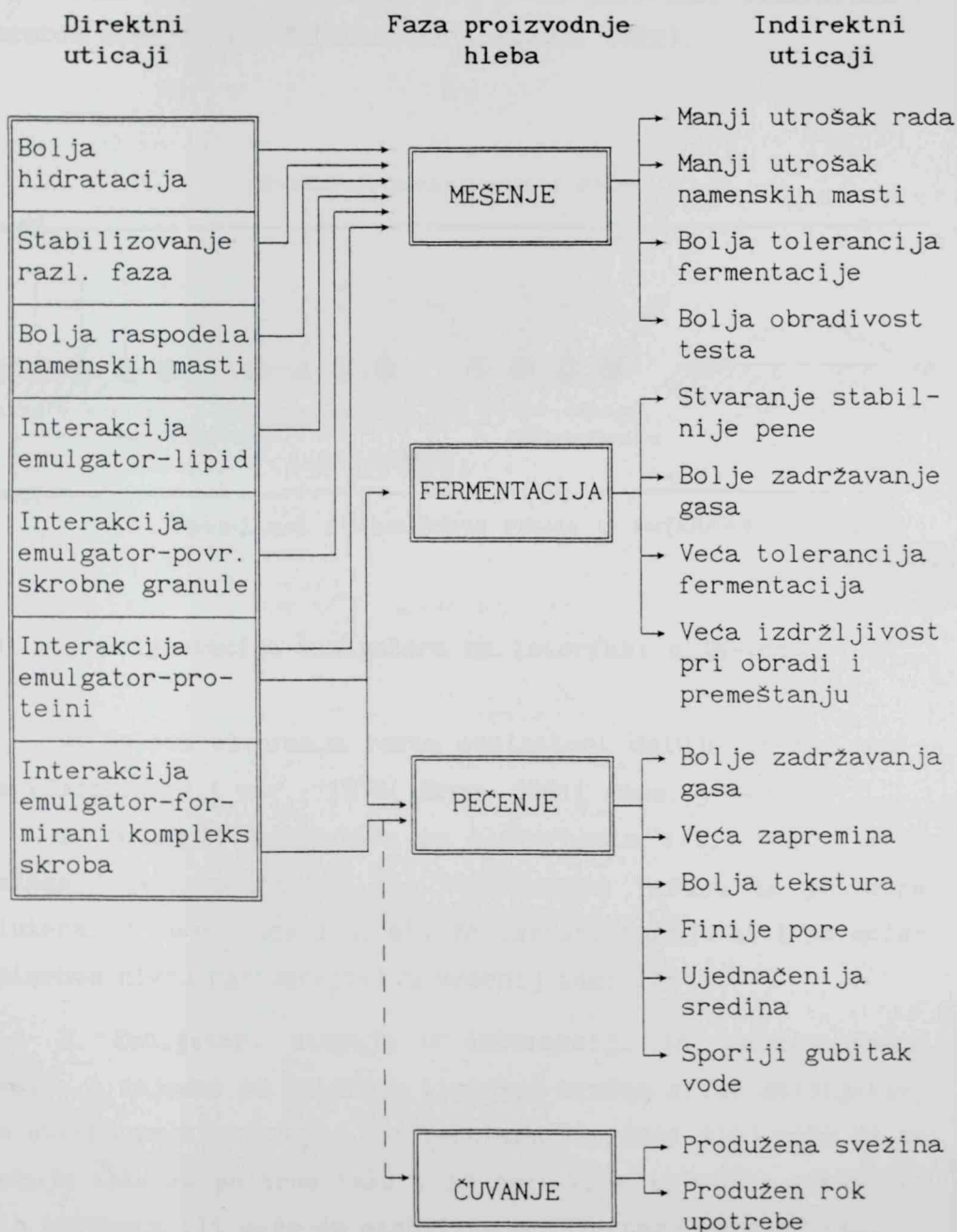
no, odnosno "uređeno" stanje a paralelno sa ovim promenama oslobađa se i deo vode koju verovatno apsorbuju proteini (Pyler, 1983). Tokom delimične želatinizacije deo linearnih molekula amiloze se rastvara u vodi koju je upila skrobna granula i difunduje izvan granule i koncentriše se u vodenom međuprostoru. Kada se dva amilozna lanca nađu jedan do drugog dolazi do stvaranja vodoničnih veza između hidrosilnih grupa koje su na površinama dva heliksa. Ovim vezama ne samo da se amilozni lanci približavaju jedan drugom nego ostaju tako vezani te se u neuređenoj strukturi želatiniziranog skroba pojavljuju delovi uređene strukture. Stvaranje "uređenog" stanja podrazumeva i spontano agregiranje amilopektinskih lanaca, odnosno, formiranje intermolekularne asocijacije linearnih delova amilopektinskog lanca (Kulp, 1979; Pyler, 1983). U stanju kada je skrob delimično želatiniziran lipidi brašna mogu sa amiloznim helksom obrazovati inkluzioni kompleks (Morrison, 1978b) i time ostaje manje slobodnih amiloznih lanaca koji mogu da stvaraju uređene strukture.

2.3.5.0 INTERAKCIJA LIPIDA PŠENICE I EMULGATORA

Direktno i indirektno delovanje emulgatora u kompleksnom sistemu kao što je hleb počinje već sa mešenjem testa a završava se sa promenama koje nastaju nakon pečenja - sa starenjem, sl. 5 (Schuster i Adams, 1984).

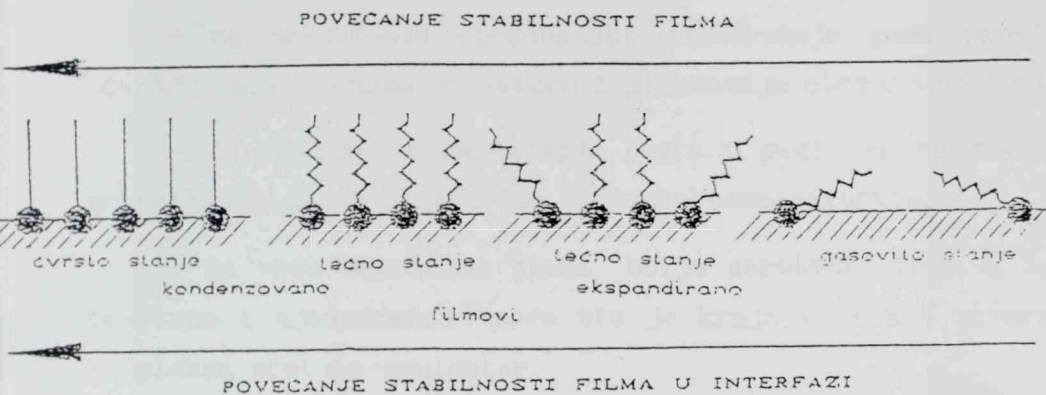
Sa dodatkom vode uz primenu mehaničke energije emulgatori stupaju u interakciju sa proteinima, lipidima i površinom skrobnih granula. Faza mešenja je kritična za interakciju polarnih lipida i emulgatora sa proteinima. Tada se formiraju nekovalentne veze u testu koje se razvija a kao rezultat interakcija koje se odvijaju, postiže se bolje razvijena gluten-ska struktura i veća tolerancija testa na uslove i dužinu mešenja pri svim vrstama zamesa. Funkcionalnost polarnih lipida brašna i dodatih emulgatora vezana je za njihovu sposobnost stvaranja uređene strukture lamelnog tipa u vodenoj fazi

testa (Chung i sar., 1978a i 1978b; Pomeranz, 1985; Chung, 1986; Schuster i Adams, 1984; Aust i Doerry, 1992).



Sl. 5 - Uticaj emulgatora na proizvodnju i kvalitet pekarskih proizvoda, dopunjena šema Schuster-a i Adams-a (1984)

U složenom sistemu kao što je hlebno testo monomolekularni film emulgatora se stvara na dodirnim fazama sve tri agregatne faze gradeći tri tipa filmova u: gasovima, tečnostima i čvrstom stanju, sl. 6 (Schuster i Adams, 1984).



Sl. 6 - Orijentacija emulgatora na interfazi ulje-voda

Na uslove stvaranja testa emulgatori deluju na dva načina (Jacobsberg i sar., 1976; Krog, 1981; Rose, 1990):

1. Molekuli emulgatora se hidrofobnim i/ili hidrofilnim vezama (elektrostatičkim ili vodoničnim) vezuju za proteine glutena. U ovom slučaju dodati emulgatori moraju biti na molekularnom nivou rastvorljivi u vodenoj fazi testa.

2. Emulgatori stupaju u interakciju sa vodenom fazom testa, i zajedno sa polarnim lipidima brašna grade asocijativne strukture lipid-voda. Bimolekularni lipidni sloj može da se vezuje kako za polarne tako i za nepolarne površine proteinskih agregata ili može da stabilizuje interfazu vazduh/voda.

Emulgatori mogu da deluju:

- očvršćavajuće na testo tako što olakšavaju proces mešenja jer povećavaju otpor na smicanje i povećavaju moć upijanja vode;

- na način raspoređivanja vazduha u testu a time i na konzistenciju sredine;

- na istovremeno vezivanje određenih emulgatora sa proteinima i ugljenim hidratima te učvršćuju vezu gluten-skrob;

- na emulgovanje slobodnih lipida brašna u testu i mogu da ih prenesu u ekspaniranu interfazu;

- na produženje sposobnosti zadržavanja gasa tako što učvršćuju glutensku strukturu i olakšavaju obradivost testa;

- na produženje narastanja testa u peći jer se kompleks protein-emulgator denaturiše na višim temperaturama;

- na veću zapreminu hleba, bolju strukturu pora i bolju teksturu i ujednačenost pora što je krajnji efekat stvaranja kompleksa protein-emulgator.

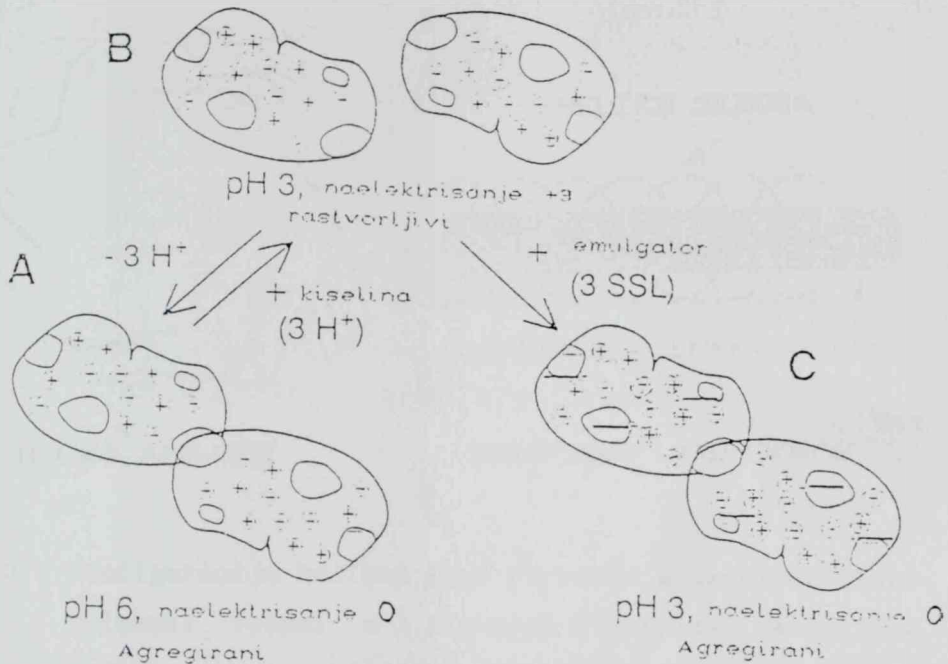
2.3.5.1 Delovanje emulgatora na agregiranje proteina u testu

U strukturi proteina mogu se zapaziti hidrofobni delovi, odnosno područja u kojima su bočni lanci aminokiselina okrenuti ka spoljašnjoj površini i sa njima mogu stupiti u interakciju lipofilni delovi molekula emulgatora (Stauffer, 1996).

U pšeničnom glutenu je oko 40 % hidrofobnih aminokiselina te one mogu da reaguju sa lipidnim materijama tipa emulgatora. na sl. 7 šematski je prikazan model agregiranja molekula glutena usled promene pH sredine ili delovanja emulgatora koji je u ovom primeru natrijum stearoil laktilat.

Testo ima pH vrednost oko 6 što se grubo poklapa sa izoelektričnom tačkom proteina glutena i molekuli proteina glutena su agregirani, sl. 7A, obrazovanjem hidrofobnih veza. Dodatkom kiseline, mnoge organske grupe vezuju proton i time se neutralizuju a molekuli proteina u celosti se pozitivno naelektrišu što dovodi do njihovog razdvajanja, sl. 7B. Ako se

glutenu doda emulgator koji deluje na učvršćivanje strukture testa, molekuli proteina glutena mogu agregirati čak i u kiseloj sredini. Tada se lipofilni deo emulgatora vezuje za hidrofobne delove na površini proteinskog lanca i time se u kompleks inkorporira negativno naelektrisanje a ukupno naelektrisanje agregiranih proteina u testu je približno 0, sl. 7C.



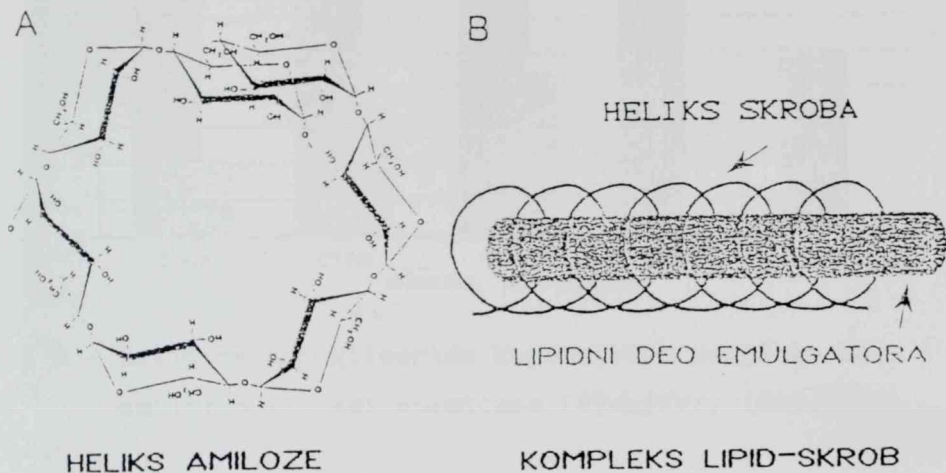
Sl. 7 - Agregiranje molekula glutena u uslovima promene pH vrednosti ili delovanjem emulgatora (Stauffer, 1996)

2.3.5.2 Delovanje emulgatora na produženje svežine hleba

Tokom pečenja, odnosno progrevanja testa, emulgatori reaguju sa skrobom, sl. 8, a formirani kompleks ostaje nepromenjen tokom hlađenja hleba te emulgatori produžavaju svežinu i poboljšavaju topivost sredine.

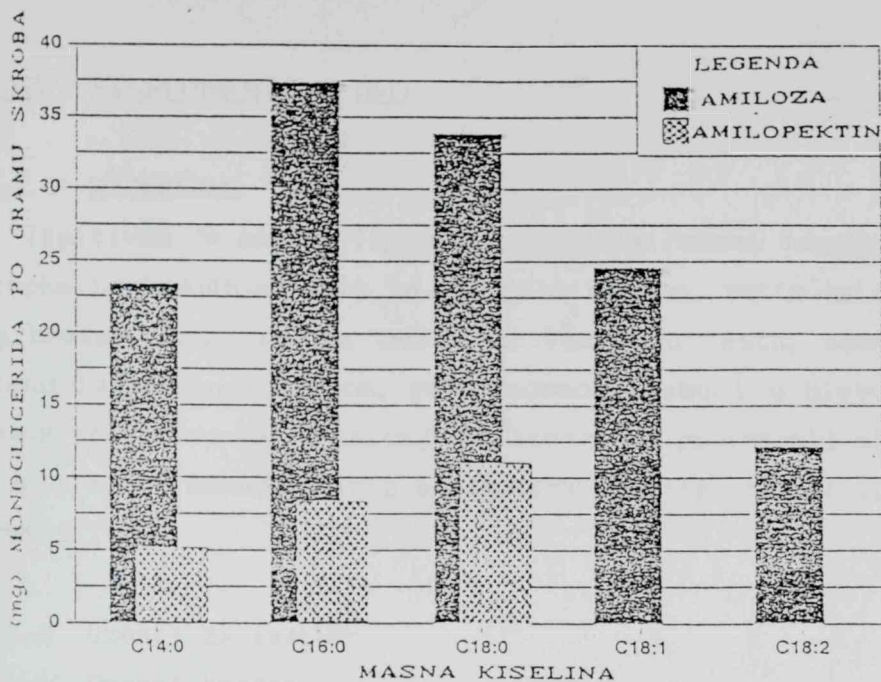
Delovanje emulgatora na produžetak svežine sredine zavisi od vrste u dužine lanaca masne kiseline koja predstavlja sas-

tavni deo emulgatora, odnosno monoglicerida. Količina monoglicerida koja stvara kompleks sa amilozom i amilopektinom na primeru glicerol monostearata prikazana je na sl. 9. Zasićene masne kiseline su pogodnije za formiranje kompleksa sa komponentama skroba od nezasićenih (Schuster i Adams, 1984; Stauffer, 1996).

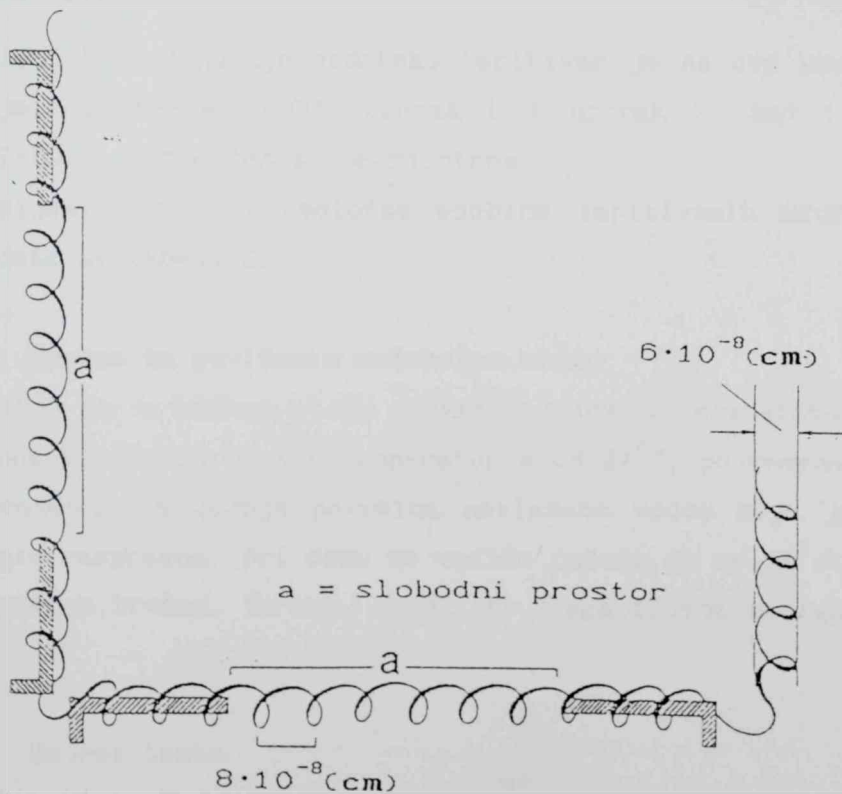


Sl. 8 - Konfiguracija heliksa koji obrazuju glukopiranozidni molekuli vezani α -1,4 vezama i kompleks amiloznog heliksa i masne kiseline (Stauffer, 1996)

Legendijk i Pennings (Schuster i Adams, 1984) su odredili kapacitet inkluzionog kompleksa amiloza-zasićena masna kiselina i zaključili su da jedan molekul amiloze formira kompleks sa 20 molekula monoglicerida koji ima palmitinsku kiselinu. Na osnovu broja glukozidnih jedinica u zavojnici heliksa, može se zaključiti da svaki heliks može da uključi 1-2 molekula monoglicerida sa palmitinskom kiselinom. Kako je dužina heliksa $96 \cdot 10^{-8}$ cm, a dužina monoglicerida koji je korišten u radu je $22 \cdot 10^{-8}$ cm, preostaje još oko $50 \cdot 10^{-8}$ cm praznog prostora. Šematski prikaz je dat na sl. 10.



Sl. 9 - Količina monoglicerida koji stvara kompleks sa amilozom ili amilopektinom (Stauffer, 1996)



Sl. 10 - Obrazovanje inkluzionog kompleksa između gliceril monopalmitata i amiloze (Schuster i Adams, 1984)

3.0.0.0 EKSPERIMENTALNI DEO

3.1.0.0 MATERIJAL

Ispitivan je sastav lipida u pojedinim fazama tehnološkog postupka proizvodnje hleba na uzorcima brašna, zatim na uzorcima brašna sa povišenim sadržajem vlage, u testu, osušenom glutenu ispranom iz brašna, polu-pečenom hlebu i u hlebu kao gotovom proizvodu kao i uticaj i interakcija površinski aktivnih materija - komercijalnih emulgatora, sa lipidima prisutnim u brašnu T-500.

3.1.1.0 UZORCI ZA ANALIZU

3.1.1.1 Uzorci brašna

Brašno je dobijeno mlevenjem dva uzorka crvene tvrde jare pšenice, sorte Oslo i Len, na eksperimentalnom Bühler-ovom mlinu, MLU 202.

Uticaj komercijalnih dodataka ispitivan je na dva uzorka komercijalnog brašna T-500, uzorak 1 i uzorak 2, kao i na brašnu T-500 obezmašćenom petroletrom.

Hemijski sastav i reološke osobine ispitivanih uzoraka brašna date su tabeli 2.

3.1.1.2 Brašno sa povišenim sadržajem vlage

Brašno je u tankom sloju držano 4 dana u termostatu sa relativnom vlagom od 90 % i temperaturom od 27°C, povremeno je ručno promešano a gornja površina navlažena vodom koja je u vidu magle raspršena, pri čemu se vodilo računa da se ne stvaraju grudvice brašna. Na ovaj način je vlaga brašna podignuta na cca 20 %.

3.1.1.3 Uzorci testa

Testo koje se sastojalo od četiri osnovne komponente (brašno, voda, so i kvasac), je 3 min mešeno u intenzivnoj

mesilici i osušeno postupkom liofiliziranja na temperaturi $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ i pri pritisku od 5,3 Pa (40 militora). Osušeno testo je usitnjeno na mlinu sa diskovima i prosejano kroz sito sa otvorima 150 μm .

Tabela 2. - Pokazatelji kvaliteta brašna

Pokazatelj kvaliteta	60 %-no brašno		Tipsko brašno	
	Oslo	Len	Uzorak 1	Uzorak 2
Sadržaj pepela (% s.m.)	0,46	0,36	0,51	0,51
Sadržaj sirovih proteina (% s.m.)	16,1	16,4	10,9	11,2
Sadržaj vlažnog glutena (%)	37,9	35,2	26,0	26,5
Farinografski podaci:				
Moć upijanja vode (%)	58,0	64,0	57,9	59,2
Razvoj (min)	6,5	11,0	2,0	1,0
Stabilitet (min)	2,5	1,5	2,0	3,0
Stepen omekšanja (Fj)	20	10	40	20
Kvalitetni broj/klasa	88,8A1	93,2A1	74,6A2	80,0A2
Ekstenzograf₂ podaci:				
Energija (cm^2)	125,8	166,7	65,5	77,8
Otpor (Ej)	155	215	280	350
Rastegljivost (mm)	270	264	137	128
Odnos O/r	0,59	0,81	2,04	2,73
Amilografski max. viskozitet (Aj)	1540	1040	650	770
Broj padanja (s)	400	360	-	-

3.1.1.4 Uzorci glutena

Gluten je ispran iz brašna pufernim rastvorom u automatu Glutomatic i osušen postupkom liofiliziranja na temperaturi $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ i pri pritisku od 5,3 Pa (40 militora). Osušeni uzorci su usitnjeni na mlinu sa diskovima i prosejani kroz sito sa otvorima od 150 μm .

3.1.1.5 Uzorci polupečenog hleba

Hleb je umešen po standardnom AACC postupku od četiri osnovne komponente i nakon 12 min pečenja izvaden je iz peći, spontano hlađen 2 sata na sobnoj temperaturi, zatim isečen na kockice i osušen liofiliziranjem na temperaturi -18°C i pri pritisku od 5,3 Pa (40 militora). Osušeni uzorci su usitnjeni na mlinu sa diskovima i prosejani kroz sito sa otvorima od $150\ \mu\text{m}$.

3.1.1.6 Uzorci hleba

Hleb je umešen po standardnom AACC postupku od četiri osnovne komponente i nakon pečenja je izvaden iz peći, spontano hlađen 2 sata na sobnoj temperaturi, isečen na kockice i osušen liofiliziranjem na temperaturi -18°C i pri pritisku od 5,3 Pa (40 militora).

Osušeni uzorci su usitnjeni na mlinu sa diskovima i prosejani kroz sito sa otvorima od $150\ \mu\text{m}$.

3.1.1.7 Obezmašćeno tipsko brašno

Iz brašna T-500, uzorak 1, nepolarni lipidi su ekstrahovani petroletrom, tč. ključanja $40-60^{\circ}\text{C}$ intenzivnim mućkanjem. Odnos uzorak : rastvarač je 1 : 8. Mućkanje je trajalo 15 min na sobnoj temperaturi, rastvarač je dekantiran i postupak ekstrakcije je ponovljen još dva puta. Obezmašćeno brašno je u tankom sloju ostavljeno na sobnoj temperaturi da se rastvarač ispari.

3.1.2.0 SIROVINE ZA IZRADU HLEBA

Za izradu hleba korišćeni su kuhinjska so isveži pekarski kvasac, komercijalni proizvodi i vodovodska voda.

3.1.3.0 HEMIKALIJE

Sve hemikalije korišćene u radu bile su čistoće p.a., a rastvarači za ekstrakciju su još pre upotrebe redestilisani.

3.1.4.0 PLOČE ZA TANKOSLOJNU HROMATOGRAFIJU

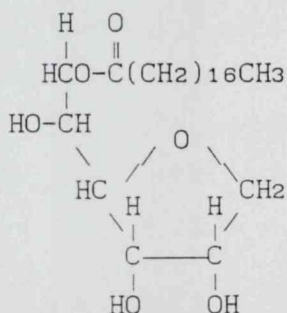
Tankoslojna hromatografija radena je na pločama prevučeni-
nim slojem od 500 μm silika gela G: Uniplate Thin Layer Chromatography Plates, cat. broj 01012, proizvođača Alaltech, Newark, DE 19711. Pre upotrebe ploče su aktivirane 60 min na 110°C.

3.1.5.0 STANDARDI MASNIH KISELINA

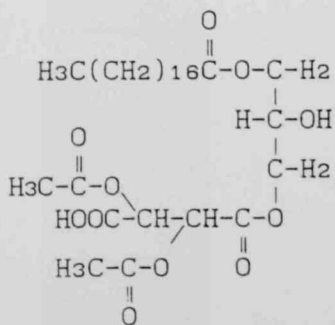
Korišćeni su standardi masnih kiselina proizvođača NU Chek Prep. Inc, Elysian Minn. po katalogu No 5xx.

3.1.4.0 EMULGATORI

1. Sorbitan-monostearat "Fermolan" proizvođača Grinsted Products A/S Denmark sledeće formule:



2. Diacetil estar masnih kiselina i vinske kiselina, "Admul-data" 1901, proizvođača PPF Internacional Lindtsedisk, Zwisnfrecht Nederland sledeće formule:



3.2.0.0 METODE

U radu su korišćene standardne metode ispitivanja kvaliteta brašna kao i specifične metode ekstrahovanja i dokazivanja lipida koje svetski priznati istraživači smatraju najpogodnijim za ispitivanja. Sve analize su radene u najmanje tri paralelna određivanja.

3.2.1.0 METODE ISPITIVANJA KVALITETA BRAŠNA I HLEBA

3.2.1.1 Sadržaj vlage

Sadržaj vlage određen je standardnom metodom sušenja na 130°C, (*Pravilnik o metodama fizičkih i hemijskih analiza za kontrolu kvaliteta žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenine i brzo smrznutih testa*). ✓

3.2.1.2 Sadržaj pepela

Sadržaj pepela određen je žarenjem spaljenog uzorka na 900°C, (*Pravilnik o metodama fizičkih i hemijskih analiza za kontrolu kvaliteta žita, mlinskih i pekarskih proizvoda, testenine i brzo smrznutih testa*).

3.2.1.3 Sadržaj sirovih proteina

Sadržaj azota određen je metodom po Kjeldahl-u, a sadržaj sirovih proteina dobijen je množenjem sadržaja azota faktorom 5,7 (*Kaluderski, Filipović, 1990*).

3.2.1.4 Sadržaj vlažnog glutena

Sadržaj vlažnog glutena određen je po standardnoj AACC metodi ispiranjem na Glutomatic automatu (*Kaluderski, Filipović, 1990*).

3.2.1.5 Farinogrami

Farinogrami su radeni na standardnom Brabenderovom farinografu sa čeličnom mesilicom zapremine 50 g (*Kaluderski,*

Filipović, 1990).

3.2.1.6 Ekstenzogrami

Ekstenzogrami su radeni na standardnom Brabenderovom ekstenzografu (*Kaluderski, Filipović, 1990*).

3.2.1.7 Amilolitička aktivnost brašna

Amilogrami su radeni na standardnom Brabenderovom amilografu, a broj padanja po Hagbergu (*Kaluderski, Filipović, 1990*).

3.2.1.8 Probno pečenje

Za ispitivanje sastava lipida u polupečenom i pečenom hlebu, uzorci su pripremljeni u potpunosti po standardnom AACC postupku na odgovarajućoj opremi. Hlebno testo je sledećeg sirovinskog sastava u odnosu na brašno: so 1,0 %, šećer 5 %, kvasac 3 %, fungalna amilaza 0,273 % a voda za zames odgovara farinografskoj moći upijanja vode. Testo je mešeno u *Hobart-Swanson*-ovoj mesilici do optimuma razvoja testa, što je za sortu Oslo bilo 1,45 min a za sortu Len 3,0 min. Testo je ručno premešeno nakon 105 i 155 min, oblikovano 180 min nakon zamesa i stavljeno na pečenje posle završne fermentacije od 55 min. Hleb je pečen u teflonskom kalupu 25 min u rotacionoj laboratorijskoj peći.

Za ispitivanje uticaja emulgatora hleb je mešen u farinografskoj mesilici sa 2,5 % kvasca, 2 % kuhinjske soli i uz dodatok vode da se postigne konzistencija od 500 Fj. Emulgatori su dodati u količinama: 0, 0,2 i 0,5 %. Temperatura testa je bila $30^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$, fermentacija u masi 45 + 15 min, masa deljenog testa od 150 g je ručno oblikovana i postavljena u kalup. Završna fermentacija je bila 70 do 100 min, zavisno od uzorka, a vreme ubacivanja testa u peć određeno je na osnovu ponašanja testa pod pritiskom prsta. Hleb je pečen 25 min u *Chopin*-ovoj laboratorijskoj peći na temperaturi 255-260°C.

3.2.1.9 Ocena hleba

Kvalitet hleba je ocenjen 24 h nakon pečenja. Praćene su promene sledećih parametara: zapremina hleba, prinos zapremine, elastičnost sredine, finoća strukture pora, boja i sjaj kore i fizičke osobine kore (Kaluderski, Filipović, 1990).

3.2.2.0 METODE EKSTRAKCIJE I IDENTIFIKACIJE LIPIDA

3.2.2.1 Ekstrakcija nepolarnih lipida

Nepolarni lipidi su 15 min ekstrahovani petroletrom, tč. ključanja 40-60°C, intenzivnim mućkanjem uzorka sa rastvaračem (odnos uzorak : rastvarač je 1 : 8) na 30°C. Suspenzija je 15 min centrifugirana pri 6000 G, rastvor je odvojen a talog je još dva puta ekstrahovan na isti način. Rastvori su spojeni, najveći deo rastvarača je uparen na vakuum uparivaču skoro do suva a zatim je prenet u bočice sa teflonskim zatvaračem i u struji azota uparen do suva. Uzorci ekstrahovanih lipida čuvani su u bočicama u atmosferi azota na -18°C.

Obezmašćeni uzorak je ostavljen u tankom sloju na petri pločama da se osuši na vazduhu.

3.2.2.2 Ekstrakcija polarnih lipida

(lipida izvan skrobne granule)

Polarni lipidi izvan skrobne granule su ekstrahovani na sobnoj temperaturi intenzivnim mućkanjem osušenog uzorka iz koga su prethodno ekstrahovani nepolarni lipidi sa n-butanolom zasićenim vodom. Odnos uzorak : rastvarač je 1 : 12. Ekstrakt je od uzorka odvojen 15-minutnim centrifugiranjem pri 6000 G a talog je još dva puta ekstrahovan na isti način. Ekstrakti su spojeni, rastvarač isparen a talog ispran prvo hloroformom a zatim metanolom (Morrison i sar., 1980). Ekstrakt je prenet u bočice sa zatvaračem i u struji azota uparen do suva. Uzorci ekstrahovanih lipida čuvani su u bočicama u atmosferi azota na -18°C.

3.2.2.3 Ekstrakcija lipida iz skroba

Lipidi iz skroba su ekstrahovani sa n-butanolom u ključalom vodenom kupatilu iz uzoraka kojima su prethodno uklonjeni nepolarni i polarni lipidi. Odnos uzorak : rastvarač je 1 : 8. Ekstrakcija je trajala 5 sati uz povremeno mućkanje uzorka a rastvarač je menjan svakog sata (*Morrison i sar, 1980*), odnosno razdvojeni su uzorak i ekstrakt, nakon dekantiranja talogu je dodata nova količina rastvarača i nastavljena je ekstrakcija na toplo. Svi ekstrakti su spojeni, rastvarač je uparen na vakuum uparivaču, ispran prvo hloroformom a zatim metanolom i uparen do suva u struji azota. Uzorci ekstrahovanih lipida čuvani su u bočicama u atmosferi azota na -18°C .

3.2.2.4 Razdvajanje lipidnih jedinjenja

hromatografijom na tankom sloju

Oko 4 mg ekstrahovanih lipida je naneto na startnu poziciju u dužini oko 8 cm na pripremljenu ploču za tankoslojnu hromatografiju. Ploče su razvijane u odgovarajućim smešama rastvarača, zavisno od vrste lipidnih materija koje treba razdvojiti a u skladu sa metodom *Morrison-a i sar., (1980)*. Razdvojene trake su detektovane prskanjem ploča sa 2,7-dihlorofluoresceinom, (0,01 %-ni rastvor u metanolu). Trake zavisno od njihove R_f vrednosti su pažljivo sastrugane, a sadržaj je kvantitativno prenet u reakcione posude za metanolizu u koje je kasnije dodat rastvor bortrifluorida u metanolu i poznata količina metilestra masne kiseline C17:0 koja služi kao interni standard jer se ne nalazi u lipidima pšeničnog brašna (*Oštrić Matijašević i Turkulov, 1980; Stauffer, 1996*).

Za razvijanje ploča sa uzorcima nepolarnih lipida prema metodi *Morrison-a i sar., (1980)*, korištena je sledeća smeša rastvarača: dietil etar - toluen - etanol - sirćetna kiselina u zapreminskom odnosu 40 : 50 : 2 : 0,2. Na razvijenim pločama najizrazitije trake su imala sledeća lipidna jedinjenja: acilsterilglikozid (ASG), monogliceridi (MG), trigliceridi (TG) čije trake su sastrugane i dalje analizirane radi utvrđivanja

njihove količine. Takođe je analizirana i frakcija lipida zaostala na startnoj poziciji koja predstavlja sadržaj glikolipida i fosfolipida (GL + PL) ekstrahovanih heksanom (Morrison i sar. 1980).

Glikolipidi su razdvajani smešom rastvarača: hloroform - aceton - sirćetna kiselina - voda u zapreminskom odnosu 10 : 90 : 2 : 3, do visine 15 cm, zatim su ploče osušene i ponovo u istom smeru razvijene smešom sledećih rastvarača: dietil-etar - sirćetna kiselina u zapreminskom odnosu 99 : 1, prema metodi Morrison-a i sar., (1980). Na razvijenim pločama najizrazitije trake su imala sledeća lipidna jedinjenja: digalaktozildigliceridi (DGDG), digalaktozilmonogliceridi (DGMG), monogalaktozilmonogliceridi (MGMG) i monogalaktozildigliceridi (MGDG), a na startnoj poziciji su zaostala fosfolipidna jedinjenja (PL). Količinski sadržaj pojedinih lipidnih jedinjenja utvrđen je na osnovu gasnog hromatograma masnih kiselina (Morrison i sar. 1980).

Fosfolipidi su razdvojeni smešom sledećih rastvarača: hloroform - metanol - amonijum hidroksid (33 %) - voda u zapreminskom odnosu 65 : 35 : 5 : 2,5. Na razvijenim pločama su se razdvojile samo dve trake koje prema Rf vrednostima odgovaraju lizofosfatidilinozitolu (LPI) i N-acilfosfatidiletanol-aminu (NAPE). Jedino na pločama na kojima su razdvojeni lipidi iz skroba iz uzoraka hleba razdvojile su se 4 frakcije od kojih dve odgovaraju LPI i NAPE a druge dve je bilo teško identifikovati. (Morrison i sar., 1980).

3.2.2.5 Priprema metil estara masnih kiselina

Lipidne materije razdvojene hromatografijom na tankom sloju se zajedno sa silikagelom G sastružu i kvantitativno prenesu u reakcionu posudu koja sadrži 2 ml BF₃-metanol (14 % m/v) Pierce-ovog reagensa kat br. 49370, doda se poznata količina margarinke masne kiseline, C17:0. Lipidne materije se esterifikuju 60 min na 100°C, zatim se ohlade i rastvore u 30

ml heksana, dva puta isperu sa zasićenim rastvorom natrijum hlorida u levku za razdvajanje. Vodeni sloj se odstrani, a preostali sloj se prenese na stakleni guč na kome se nalazi sloj Na_2SO_4 . Rastvarač se upari u struji azota i uzorak je spreman za analizu na gasnom hromatografu.

3.2.2.6 Gasna hromatografija

Metilestri masnih kiselina razdvojenih lipidnih materija analizirani su na gasnom hromatografu tip 5840A proizvođača Hewlett Packard, na koloni dimanzija 1,8 m x 0,32 cm punjenoj 10 %-nim EGSS-X Gas Chrom Q 100-120 mesh sa azotom kao gasom nosačem čiji je protok 20,7 ml/min i plamenjonizujućim detektorom na radnoj temperaturi 185°C. Količina pojedinih masnih kiselina merena je elektronskim integratorom na osnovu površine pika. Prema retencionim vremenima identifikovane su sledeće masne kiseline:

- miristinska - C14:0,
- palmitinska - C16:0,
- stearinska - C18:0,
- oleinska - C18:1,
- linolna - C18:2,
- arahinska - C20:0 i
- linolenska - C18:3.

Mali deo neidentifikovanih masnih kiselina označen je sa NN.

Karakteristični hromatogrami masnih kiselina dati su u Prilogu.

3.2.2.7 Matematička obrada rezultata

Koeficijenti korelacije su izračunati metodom linearne regresije (Hadživuković, 1979).

Najverovatnija struktura molekula lipidnih jedinjenja sa dva ili tri molekula masnih kiselina izračunata je pomoću računara verovatnoće (Hadživuković, 1979).

3.3.1.0 PROMENE SADRŽAJA LIPIDNIH MATERIJA

U POJEDINIM FAZAMA IZRADE HLEBA

U tabelama 3 do 7 prikazane su promene vrsta lipida, odnosno lipidnih jedinjenja u procesu proizvodnje hleba. Sadržaj lipida izvan i unutar skrobne granule je utvrđen u sledećim fazama izrade hleba: nativno brašno, brašno sa povišenim sadržajem vlage, hlebno testo, gluten, polupečen hleb i hleb.

Nepolarni, polarni i lipidi iz skroba su razdvojeni tankoslojnom hromatografijom i najizrazitije trake su kvalitativno i kvantitativno determinisane.

Tabela 3. - Sadržaj glavnih vrsta lipida brašna u pojedinim fazama izrade hleba

Uzorak	Sadržaj lipida (% s.m.)		
	Izvan skrobne granule		Iz skroba
	Nepolarni	Polarni	
Oslo:			
Brašno	0,85	0,76	0,08
Navlaženo brašno	0,55	1,06	0,08
Testo	0,24	1,22	0,24
Gluten	0,27	3,60	0,02
Polupečen hleb	0,45	0,87	0,39
Hleb	0,40	0,74	0,59
Len:			
Brašno	0,95	0,76	0,05
Navlaženo brašno	0,54	1,12	0,08
Testo	0,17	1,28	0,28
Gluten	0,35	3,44	0,02
Polupečen hleb	0,59	0,88	0,29
Hleb	0,39	0,78	0,60

Tabela 4. - Sadržaj ukupnih metilestara masnih kiselina nakon metanolize lipida (mg/100 g s.m.)

Uzorak	Vrsta lipida brašna			
	Izvan skrobne granule		Iz skroba	Odnos lipida Pol./nopol.
	Nepolarni	Polarni		
Oslo:				
Brašno	1176	237	18	0,20
Navlaženo brašno	1069	224	37	0,20
Testo	215	587	128	2,73
Gluten	304	951	4	3,13
Polupečen hleb	313	314	199	1,04
Hleb	287	506	332	1,76
Len:				
Brašno	1413	345	20	0,24
Navlaženo brašno	1027	243	39	0,24
Testo	260	671	104	2,57
Gluten	346	977	5	2,82
Polupečen hleb	399	481	227	1,21
Hleb	261	436	325	1,65

Tabela 5. - Zastupljenost identifikovanih lipidnih jedinjenja u nepolarnim lipidima (%)

Uzorak	Ukupno utvrđeno	Učešće identifik. jedinjenja			
		GL+PhL	ASG	MG	TG
Oslo:					
Brašno	66	26,4	33,3	4,3	36,0
Navlaženo brašno	60	28,7	36,6	5,2	30,5
Testo	40	11,4	62,1	8,2	18,3
Gluten	46	43,6	20,6	18,4	17,4
Polupečen hleb	32	9,4	61,4	11,8	17,4
Hleb	30	6,0	78,4	4,0	11,6
Len:					
Brašno	63	25,3	32,4	5,1	37,2
Navlaženo brašno	60	27,6	33,0	5,5	33,9
Testo	42	12,3	60,8	11,8	15,1
Gluten	47	44,1	15,8	22,2	19,8
Polupečen hleb	34	6,5	64,1	10,1	19,3
Hleb	31	5,4	80,9	3,4	10,9

GL+PhL - Glikolipidi + fosfolipidi

ASG - Acil-sterilglikozidi

MG - Monogliceridi

TG - Trigliceridi

Tabela 6. - Zastupljenost identifikovanih lipidnih jedinjenja u polarnim lipidima (%)

Uzorak	Ukupno utvrđeno	Učešće identifikovanih jedinjenja				
		Phl	DGMG	DGDG	MGMG	MGDG
Oslo:						
Brašno	60	30,3	38,2	13,1	10,5	7,9
Navlaženo brašno	61	33,6	36,6	12,9	8,9	8,0
Testo	69	32,6	31,1	18,1	5,0	13,2
Gluten	76	36,6	37,9	13,3	3,7	8,5
Polupečen hleb	72	31,2	37,6	17,7	2,6	11,0
Hleb	68	38,7	40,1	16,1	2,0	12,1
Len:						
Brašno	58	31,3	34,2	16,4	8,5	9,6
Navlaženo brašno	60	33,0	33,3	16,7	8,6	8,4
Testo	73	32,3	31,2	17,8	4,4	14,3
Gluten	75	34,8	36,6	16,4	3,6	8,6
Polupečen hleb	69	31,4	35,4	18,1	2,9	12,2
Hleb	66	34,0	37,8	14,0	1,5	12,7

PhL - Fosfolipidi

DGMG - Digalaktozilmonogliceridi

DGDG - Digalaktozildigliceridi

MGMG - Monogalaktozilmonogliceridi

MGDG - Monogalaktozildigliceridi

Tabela 7. - Zastupljenost identifikovanih lipidnih jedinjenja u lipidima iz skroba (%)

Uzorak	Ukupno utvrđeno	Učešće identifik. jedinjenja			
		LPI	NAPE	f1	f2
Oslo:					
Brašno	87	46,8	53,2	-	-
Navlaženo brašno	85	49,4	50,6	-	-
Testo	91	48,1	51,9	-	-
Gluten	85	44,7	45,3	-	-
Polupečen hleb	91	48,4	51,6	-	-
Hleb	94	42,9	42,7	10,3	4,1
Len:					
Brašno	88	45,6	54,4	-	-
Navlaženo brašno	87	48,3	51,7	-	-
Testo	90	46,3	53,7	-	-
Gluten	84	44,3	55,7	-	-
Polupečen hleb	91	47,6	52,4	-	-
Hleb	93	40,3	46,4	9,1	4,2

LPI - Lizofosfatidilinozitol,

NAPE - N-acilfosfatidiletanolamin,

f1, f2 - Izdvojene neidentifikovane lipidne frakcije

U tabelama 8 do 10 prikazan je sastav masnih kiselina u nepolarnim i polarnim lipidima kao i u lipidima iz skroba u pojedinim fazama izrade hleba.

Tabela 8. - Masne kiseline nepolarnih lipida

Uzorak	Masna kiselina (%)							
	NN	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	C18:3
Oslo								
Brašno	0,5	0,2	19,0	1,3	11,8	63,4	-	3,8
Navlaženo brašno	0,1	0,1	18,0	0,9	12,3	65,3	-	3,3
Testo	0,6	0,1	17,9	0,9	12,6	63,1	-	3,8
Gluten	6,0	0,5	23,7	11,6	15,5	38,8	1,4	2,5
Polupečen hleb	1,1	0,2	15,2	5,0	30,0	44,9	0,2	3,4
Hleb	1,0	0,2	16,7	5,6	30,6	42,6	-	3,3
Len								
Brašno	0,2	0,1	19,6	1,1	14,0	61,2	-	3,8
Navlaženo brašno	0,8	0,1	20,5	1,2	13,4	60,5	0,1	3,4
Testo	1,6	0,2	21,9	2,2	14,8	55,2	-	4,1
Gluten	0,8	0,3	22,5	1,3	14,3	57,3	0,1	3,4
Polupečen hleb	0,9	0,3	18,4	7,1	31,8	38,6	0,1	2,8
Hleb	1,0	0,2	16,5	5,6	31,3	41,9	0,3	3,2

NN - Neidentifikovane masne kiseline

Tabela 9. - Masne kiseline polarnih lipida

Uzorak	Masna kiselina (%)							
	NN	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	C18:3
Oslo								
Brašno	2,4	-	14,8	7,4	14,1	58,6	-	2,6
Navlaženo brašno	0,6	0,3	20,2	1,2	9,8	64,3	0,3	3,3
Testo	-	-	16,8	0,7	10,0	66,5	-	6,0
Gluten	0,4	0,3	18,4	1,1	8,9	67,2	0,3	3,4
Polupečen hleb	0,9	0,1	15,3	1,5	14,1	64,4	-	3,7
Hleb	0,7	-	15,0	1,7	15,0	63,6	-	4,0
Len								
Brašno	1,4	0,3	17,7	1,4	8,5	67,1	-	3,6
Navlaženo brašno	0,6	0,2	20,2	1,0	9,4	65,6	-	3,0
Testo	0,7	0,2	19,7	1,2	11,6	63,2	-	3,4
Gluten	0,4	-	19,3	1,4	10,4	64,8	-	3,7
Polupečen hleb	0,7	-	16,7	1,6	15,2	61,9	0,2	3,7
Hleb	0,7	-	15,9	1,9	17,0	61,2	-	3,3

NN - Neidentifikovane masne kiseline

Tabela 10. - Masne kiseline lipida iz skroba

Uzorak	Masna kiselina (%)							
	NN	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	C18:3
Oslo								
Brašno	2,5	1,0	24,1	4,1	11,2	52,8	1,3	3,0
Navlaženo brašno	0,6	0,2	25,9	2,9	11,4	55,4	0,2	3,4
Testo	-	-	21,0	2,4	17,6	56,7	-	2,3
Gluten	-	-	15,5	1,0	10,2	69,9	-	3,3
Polupečen hleb	0,9	0,1	23,9	4,3	16,9	51,1	0,3	2,5
Hleb	0,7	-	22,5	4,5	17,6	51,8	-	2,9
Len								
Brašno	2,9	1,4	24,6	5,3	16,9	45,5	0,5	2,9
Navlaženo brašno	3,5	1,5	24,0	4,1	11,0	53,0	0,5	2,4
Testo	1,4	0,4	30,9	2,7	17,6	44,3	-	2,7
Gluten	0,9	0,1	19,3	1,5	11,3	63,8	-	3,1
Polupečen hleb	1,1	0,2	27,1	5,2	19,5	45,0	0,2	2,7
Hleb	0,9	0,3	22,8	5,7	21,5	45,4	0,1	3,3

NN - Neidentifikovane masne kiseline

3.3.2.0 SASTAV MASNIH KISELINA U LIPIDNIM

JEDINJENJIMA EKSTRAHOVANIM PETROLETROM

Količine masnih kiselina u lipidnim jedinjenjima razdvojenim tankoslojnom hromatografijom iz materija ekstrahovanih petroletrom u pojedinim fazama izrade hleba prikazan je u tabelama 11 do 16.

Tabela 11. - Masne kiseline lipidnih jedinjenja u nepolarnim lipidima brašna

Lipidna jedinjenja	Masna kiselina (%)							
	NN	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	C18:3
Oslo								
PhL + GL	1,8	0,1	18,9	1,4	9,1	65,7	-	4,0
ASG	6,4	0,4	30,3	2,0	14,3	44,2	0,4	2,0
MG	2,0	0,1	21,9	1,3	17,8	53,3	-	3,6
TG	2,9	1,9	59,8	11,7	2,3	21,4	-	-
Len								
PhL + GL	0,7	0,5	19,6	3,7	11,1	61,3	0,1	3,0
ASG	0,8	0,3	25,9	1,8	14,2	53,9	0,2	2,9
MG	0,4	0,1	17,7	1,1	16,1	60,2	-	4,4
TG	2,1	2,1	67,6	4,2	9,1	13,5	0,3	1,1

PhL + GL - Fosfolipidi + glikolipidi

ASG - Acil-sterilglikozidi

MG - Monogliceridi

TG - Trigliceridi

NN - Neidentifikovane masne kiseline

Tabela 12. - Masne kiseline lipidnih jedinjenja u nepolarnim lipidima navlaženog brašna

Lipidna jedinjenja	Masna kiselina (%)							
	NN	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	C18:3
Oslo								
PhL + GL	4,4	-	20,4	1,8	8,4	62,0	-	3,0
ASG	4,1	0,2	30,3	1,8	16,8	44,1	0,6	2,1
MG	1,1	0,1	17,9	1,7	18,9	56,0	-	4,3
TG	0,5	0,5	64,0	13,0	5,6	15,7	-	0,7
Len								
PhL + GL	-	0,2	21,2	2,2	10,9	62,4	-	3,1
ASG	1,1	0,1	28,6	2,2	16,8	48,9	0,2	2,1
MG	1,5	0,4	25,6	1,7	18,3	49,0	-	3,5
TG	1,3	5,3	53,9	14,5	17,1	6,6	1,3	-

PhL + GL - Fosfolipidi + glikolipidi

ASG - Acil-sterilglikozidi

MG - Monogliceridi

TG - Trigliceridi

NN - Neidentifikovane masne kiseline

Tabela 13. - Masne kiseline lipidnih jedinjenja
u nepolarnim lipidima testa

Lipidna jedinjenja	Masna kiselina (%)							
	NN	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	C18:3
Oslo								
PhL + GL	-	-	26,3	9,9	20,4	42,1	-	1,3
ASG	1,8	0,4	33,6	3,9	17,7	39,9	0,4	2,3
MG	1,4	0,2	19,6	1,1	17,5	56,7	-	3,5
TG	0,7	0,9	72,8	3,3	6,1	15,0	-	1,2
Len								
PhL + GL	2,5	1,7	35,3	10,9	21,8	26,1	-	1,7
ASG	1,7	0,2	31,9	2,8	18,8	42,0	0,3	2,3
MG	1,0	0,1	22,2	1,4	17,6	54,0	-	3,7
TG	0,3	0,3	73,0	4,4	6,3	15,0	-	0,7

PhL + GL - Fosfolipidi + glikolipidi

ASG - Acil-sterilglikozidi

MG - Monogliceridi

TG - Trigliceridi

NN - Neidentifikovane masne kiseline

Tabela 14. - Masne kiseline lipidnih jedinjenja
u nepolarnim lipidima glutena

Lipidna jedinjenja	Masna kiselina (%)							
	NN	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	C18:3
Oslo								
PhL + GL	7,4	3,2	31,9	3,5	19,1	29,6	2,1	3,2
ASG	2,8	1,3	20,3	9,6	16,2	49,3	0,2	0,3
MG	0,6	0,1	18,4	2,6	16,9	56,8	-	4,6
TG	1,6	4,8	52,4	14,3	20,6	6,3	-	-
Len								
PhL + GL	-	0,3	20,0	2,0	11,3	63,4	-	3,0
ASG	0,2	0,1	25,6	2,3	15,8	53,0	0,3	2,7
MG	0,5	0,2	19,8	1,1	16,0	58,1	0,2	4,1
TG	2,1	5,7	51,5	11,4	15,0	14,3	-	-

PhL + GL - Fosfolipidi + glikolipidi

ASG - Acil-sterilglikozidi

MG - Monogliceridi

TG - Trigliceridi

NN - Neidentifikovane masne kiseline

Tabela 15. - Masne kiseline lipidnih jedinjenja u nepolarnim lipidima polupečenog hleba

Lipidna jedinjenja	Masna kiselina (%)							
	NN	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	C18:3
Oslo								
PhL + GL	1,3	0,5	24,9	10,1	28,8	32,3	0,3	1,8
ASG	1,8	0,7	24,8	11,9	30,6	27,1	0,2	2,9
MG	0,9	0,3	20,6	9,0	36,5	30,4	0,3	2,0
TG	3,4	1,1	55,2	22,5	5,2	10,6	2,0	-
Len								
PhL + GL	1,2	1,6	24,4	3,8	15,0	52,0	-	2,0
ASG	1,6	0,4	30,4	14,7	31,3	20,1	0,4	1,1
MG	0,8	0,2	18,7	8,4	35,5	33,6	0,3	2,5
TG	0,6	3,4	67,2	7,3	13,6	7,9	-	-

PhL + GL - Fosfolipidi + glikolipidi

ASG - Acil-sterilglikozidi

MG - Monogliceridi

TG - Trigliceridi

NN - Neidentifikovane masne kiseline

Tabela 16. - Masne kiseline lipidnih jedinjenja
u nepolarnim lipidima hleba

Lipidna jedinjenja	Masna kiselina (%)							
	NN	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	C18:3
Oslo								
PhL + GL	2,0	0,4	21,8	8,5	27,4	37,5	-	2,4
ASG	1,5	0,5	18,8	9,0	29,5	38,2	-	2,5
MG	1,2	0,2	17,3	7,7	35,4	35,4	0,3	2,5
TG	-	2,2	53,4	8,9	17,8	16,7	-	-
Len								
PhL + GL	3,0	3,0	26,3	6,6	18,0	41,3	-	1,8
ASG	2,2	0,2	19,5	9,8	29,8	35,5	0,1	2,9
MG	0,5	0,2	16,3	7,6	34,8	37,3	0,4	2,9
TG	-	0,9	65,1	6,4	16,5	10,6	-	0,5

PhL + GL - Fosfolipidi + glikolipidi

ASG - Acil-sterilglikozidi

MG - Monogliceridi

TG - Trigliceridi

NN - Neidentifikovane masne kiseline

3.3.3.0 SASTAV MASNIH KISELINA U LIPIDNIM JEDINJENJIMA

EKSTRAHOVANIM POLARNIM RASTVARAČEM

Sastav masnih kiselina u lipidnim jedinjenjima ekstrahovanim polarnim rastvaračem posle izdvajanja nepolarnih lipida, u pojedinim fazama izrade hleba prikazan je u tabelama 17 do 22.

Tabela 17. - Masne kiseline lipidnih jedinjenja u polarnim lipidima brašna

Lipidna jedinjenja	Masna kiselina (%)							
	NN	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	C18:3
Oslo								
Fosfolipidi	-	0,2	31,2	1,5	8,6	56,3	-	2,2
DGMG	-	-	20,6	1,4	8,7	66,3	-	3,0
DGDG	-	-	13,8	1,6	8,6	72,1	-	3,9
MGMG	-	-	18,8	17,4	29,7	34,1	-	-
MGDG	-	-	8,6	2,5	10,1	76,5	-	2,3
Len								
Fosfolipidi	-	-	30,9	1,9	11,0	54,0	-	2,2
DGMG	-	-	24,3	1,8	10,6	61,0	-	2,3
DGDG	-	-	15,7	1,7	7,5	71,2	-	3,9
MGMG	-	-	32,4	14,4	24,5	28,7	-	-
MGDG	-	-	9,2	2,3	10,8	74,8	-	2,9

DGMG - Digalaktosilmonogliceridi

DGDG - Digalaktosildigliceridi

MGMG - Monogalaktosilmonogliceridi

MGDG - Monogalaktosildigliceridi

NN - Neidentifikovane masne kiseline

Tabela 18. - Masne kiseline lipidnih jedinjenja u polarnim lipidima navlaženog brašna

Lipidna jedinjenja	Masna kiselina (%)							
	NN	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	C18:3
Oslo								
Fosfolipidi	-	-	32,1	1,7	7,7	56,2	-	2,3
DGMG	-	-	19,1	1,4	10,1	66,8	-	2,6
DGDG	-	-	12,8	3,5	12,0	68,6	-	3,1
MGMG	-	-	17,4	19,6	37,4	25,6	-	-
MGDG	-	-	8,5	2,6	12,3	73,2	-	3,4
Len								
Fosfolipidi	0,1	0,1	33,7	1,4	8,3	54,0	-	2,4
DGMG	-	-	13,7	1,4	10,5	71,1	-	3,3
DGDG	-	-	14,4	1,7	7,7	72,3	-	3,9
MGMG	-	-	16,6	6,1	13,3	62,2	-	1,8
MGDG	-	-	9,7	2,1	11,3	74,4	-	2,5

DGMG - Digalaktozilmonogliceridi

DGDG - Digalaktozildigliceridi

MGMG - Monogalaktozilmonogliceridi

MGDG - Monogalaktozildigliceridi

NN - Neidentifikovane masne kiseline

Tabela 19. - Masne kiseline lipidnih jedinjenja
u polarnim lipidima testa

Lipidna jedinjenja	Masna kiselina (%)							
	NN	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	C18:3
Oslo								
Fosfolipidi	-	-	26,2	1,1	8,3	62,0	-	2,4
DGMG	-	-	20,9	1,3	9,4	66,1	-	2,3
DGDG	-	-	12,5	1,2	8,3	74,0	-	4,0
MGMG	-	-	22,9	2,7	12,8	60,7	-	0,9
MGDG	-	-	6,3	1,2	8,4	81,0	-	3,2
Len								
Fosfolipidi	1,3	0,1	30,4	1,5	10,6	53,9	0,1	2,1
DGMG	2,8	0,1	24,7	1,3	10,0	57,7	0,1	2,3
DGDG	3,2	0,1	12,9	0,9	8,3	71,3	-	4,4
MGMG	2,6	0,2	18,4	10,1	33,3	35,4	-	-
MGDG	-	-	7,1	1,2	10,2	78,4	-	3,1

DGMG - Digalaktozilmonogliceridi

DGDG - Digalaktozildigliceridi

MGMG - Monogalaktozilmonogliceridi

MGDG - Monogalaktozildigliceridi

NN - Neidentifikovane masne kiseline

Tabela 20. - Masne kiseline lipidnih jedinjenja
u polarnim lipidima glutena

Lipidna jedinjenja	Masna kiselina (%)							
	NN	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	C18:3
Oslo								
Fosfolipidi	-	-	28,2	2,0	9,3	58,5	-	2,0
DGMG	-	-	19,1	3,7	11,3	64,0	-	1,9
DGDG	-	-	15,2	1,7	8,2	71,1	-	3,8
MGMG	-	-	24,5	12,6	-	62,9	-	-
MGDG	-	-	10,3	2,0	7,5	77,6	-	2,6
Len								
Fosfolipidi	-	-	28,7	1,9	11,7	55,8	-	1,9
DGMG	-	-	23,0	2,0	11,1	61,4	-	2,5
DGDG	-	-	13,3	1,4	8,5	72,8	-	4,0
MGMG	-	-	26,3	12,8	26,0	34,9	-	-
MGDG	-	-	7,9	1,8	10,5	76,9	-	2,9

- DGMG - Digalaktozilmonogliceridi
- DGDG - Digalaktozildigliceridi
- MGMG - Monogalaktozilmonogliceridi
- MGDG - Monogalaktozildigliceridi
- NN - Neidentifikovane masne kiseline

Tabela 21. - Masne kiseline lipidnih jedinjenja u polarnim lipidima polupečenog hleba

Lipidna jedinjenja	Masna kiselina (%)							
	NN	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	C18:3
Oslo								
Fosfolipidi	2,5	-	20,6	1,4	9,5	62,6	-	3,4
DGMG	-	-	18,4	1,0	9,3	69,0	-	2,3
DGDG	-	-	10,9	1,2	8,3	75,5	-	4,1
MGMG	-	-	19,1	4,5	7,5	67,9	-	1,0
MGDG	-	-	8,2	0,8	7,4	80,5	-	3,1
Len								
Fosfolipidi	3,2	0,1	23,9	1,7	11,4	56,5	-	3,2
DGMG	-	-	20,1	1,4	10,7	65,6	-	2,2
DGDG	-	-	12,0	1,3	7,4	75,0	-	4,3
MGMG	-	-	24,0	7,2	18,8	50,0	-	-
MGDC	-	-	6,2	1,1	9,7	79,9	-	3,1

DGMG - Digalaktozilmonogliceridi

DGDG - Digalaktozildigliceridi

MGMG - Monogalaktozilmonogliceridi

MGDC - Monogalaktozildigliceridi

NN - Neidentifikovane masne kiseline

Tabela 22. - Masne kiseline lipidnih jedinjenja
u polarnim lipidima hleba

Lipidna jedinjenja	Masna kiselina (%)							
	NN	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	C18:3
Oslo								
Fosfolipidi	1,9	-	17,8	1,2	9,6	66,0	-	3,5
DGMG	-	-	19,9	1,3	10,0	66,6	-	2,2
DGDG	-	-	10,9	1,3	8,6	75,2	-	4,0
MGMG	-	-	20,7	10,3	21,3	47,7	-	-
MGDG	-	-	6,5	1,2	8,9	80,3	-	3,1
Len								
Fosfolipidi	3,3	0,1	25,0	1,8	11,6	55,2	-	3,0
DGMG	-	-	23,4	1,7	10,8	61,7	-	2,4
DGDG	-	-	10,9	1,5	7,9	75,5	-	4,2
MGMG	-	-	24,1	17,3	21,7	36,8	-	-
MGDG	-	-	6,1	1,0	10,2	79,5	-	3,2

DGMG - Digalaktozilmonogliceridi

DGDG - Digalaktozildigliceridi

MGMG - Monogalaktozilmonogliceridi

MGDG - Monogalaktozildigliceridi

NN - Neidentifikovane masne kiseline

3.3.4.0 SASTAV MASNIH KISELINA U LIPIDNIM
JEDINJENJIMA EKSTRAHOVANIM IZ SKROBA

Sastav masnih kiselina u lipidnim jedinjenjima ekstrahovanim iz skroba posle izdvajanja nepolarnih i polarnih lipida prikazan je u tabelama 23 do 28.

Tabela 23. - Masne kiseline lipidnih jedinjenja
u lipidima iz skroba u brašnu

Lipidna jedinjenja	Masna kiselina (%)							
	NN	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	C18:3
Oslo								
LPI	0,3	-	39,1	1,4	7,1	50,0	-	2,1
NAPE	-	-	15,1	0,9	8,2	73,7	-	2,1
Len								
LPI	0,5	-	44,3	1,7	7,7	43,8	-	2,0
NAPE	-	-	16,3	1,2	8,0	71,0	-	3,5

LPI - Lizofosfatidilinozitol

NAPE - N-acilfosfatidiletanolamin

NN - Neidentifikovane masne kiseline

Tabela 24. - Masne kiseline lipidnih jedinjenja u lipidima iz skroba u navlaženom brašnu

Lipidna jedinjenja	Masna kiselina (%)							
	NN	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	C18:3
Oslo								
LPI	0,1	0,5	28,3	1,0	6,9	60,1	-	3,1
NAPE	-	-	15,3	1,2	7,3	72,6	-	3,6
Len								
LPI	-	-	35,3	1,1	6,4	54,9	-	2,3
NAPE	-	-	14,7	1,2	6,4	74,5	-	3,2

LPI - Lizofosfatidilinozitol

NAPE - N-acilfosfatidiletanolamin

NN - Neidentifikovane masne kiseline

Tabela 25. - Masne kiseline lipidnih jedinjenja u lipidima iz skroba u testu

Lipidna jedinjenja	Masna kiselina (%)							
	NN	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	C18:3
Oslo								
LPI	0,2	0,3	32,8	0,7	5,6	57,1	-	3,3
NAPE	-	-	14,7	1,0	7,8	73,1	-	3,3
Len								
LPI	-	-	35,4	1,0	6,8	54,4	-	2,4
NAPE	-	-	13,7	1,1	7,3	74,4	-	3,5

LPI - Lizofosfatidilinozitol

NAPE - N-acilfosfatidiletanolamin

NN - Neidentifikovane masne kiseline

Tabela 26. - Masne kiseline lipidnih jedinjenja
u lipidima iz skroba u glutenu

Lipidna jedinjenja	Masna kiselina (%)							
	NN	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	C18:3
Oslo								
LPI	-	-	34,2	1,2	7,2	55,4	-	2,0
NAPE	-	-	14,4	1,0	7,6	72,7	-	4,3
Len								
LPI	-	-	30,8	1,3	8,7	56,9	-	2,3
NAPE	-	-	14,2	1,1	8,1	73,2	-	3,4

LPI - Lizofosfatidilinozitol

NAPE - N-acilfosfatidiletanolamin

NN - Neidentifikovane masne kiseline

Tabela 27. - Masne kiseline lipidnih jedinjenja u
lipidima iz skroba u polupečenom hlebu

Lipidna jedinjenja	Masna kiselina (%)							
	NN	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	C18:3
Oslo								
LPI	1,4	0,1	20,2	0,7	6,5	66,7	-	4,4
NAPE	1,0	-	14,6	1,0	8,7	71,3	-	3,4
Len								
LPI	2,1	0,1	24,0	0,9	7,3	62,1	-	3,5
NAPE	1,2	-	15,7	0,7	9,0	70,6	-	2,8

LPI - Lizofosfatidilinozitol

NAPE - N-acilfosfatidiletanolamin

NN - Neidentifikovane masne kiseline

Tabela 28. - Masne kiseline lipidnih jedinjenja
u lipidima iz skroba u hlebu

Lipidna jedinjenja	Masna kiselina (%)							
	NN	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:0	C18:3
Oslo								
LPI	0,7	0,2	32,1	0,7	7,1	55,8	-	3,4
NAPE	0,7	-	15,0	1,0	7,8	71,8	-	3,7
f1	-	-	47,2	8,3	6,2	38,3	-	-
f2	-	-	71,2	23,8	5,0	-	-	-
Len								
LPI	3,9	0,1	36,5	1,5	7,4	47,6	-	3,0
NAPE	0,4	-	14,2	0,8	7,0	73,6	-	4,0
f1	-	-	32,5	13,6	9,8	44,1	-	-
f2	-	-	72,0	11,6	9,2	7,2	-	-

LPI - Lizofosfatidilinozitol

NAPE - N-acilfosfatidiletanolamin

f1, f2 - Izdvojene neidentifikovane lipidne frakcije

NN - Neidentifikovane masne kiseline

3.3.5.0 INTERAKCIJA KOMERCIJALNIH DODATAKA

SA LIPIDNIM MATERIJAMA BRAŠNA

Uticaj komercijalnih dodataka na reološke i pecivne osobine brašna, kao i njihova interakcija sa lipidima brašna prikazan je u tabelama 29 do 34.

Tabela 29. - Uticaj dodatka sorbatmonostearata na reološke osobine testa

Uzorak	MUV (%) na 13 % vlage	Razvoj testa (min)	Stabilitet (min)	Stepen omekš. (Fj)	Kalitet. broj i klasa
Dodatak emulgatora na početku zamesa testa					
Uzorak 1	57,9	2,0	2,0	40	74,6 A1
Uz.1 + 0,5 % emulgatora	58,1	2,0	1,0	60	71,6 A2
Uzorak 2	59,2	1,0	3,0	20	80,0 A2
Uz.2 + 0,5 % emulgatora	59,7	2,0	2,5	40	80,0 A2
Obezmašč. uz. 1	60,8	6,0	1,5	30	76,7 A2
Obezmašč. uz. 1 + 0,5 % emulg.	60,9	7,0	1,5	40	74,9 A2
Dodatak emulgatora na polovini zamesa testa					
Uz.1 + 0,5 % emulgatora	58,2	2,5	1,5	70	70,5 A2
Obezmašč. uz. 1 + 0,5 % emulg.	60,9	6,5	1,5	40	74,0 A2

Tabela 30. - Uticaj dodatka diacetilestra vinske kiseline na reološke osobine testa

Uzorak	MJV (%) na 13 % vlage	Razvoj testa (min)	Stabi- litet (min)	Stepen omekš. (Fj)	Kalitet. broj i klasa
Dodatak emulgatora na početku zamesa testa					
Uzorak 1	57,9	2,0	2,0	40	74,6 A1
Uz.1 + 0,5 % emulgatora	57,3	2,0	0,5	60	70,2 A2
Uzorak 2	59,2	1,0	3,0	20	80,0 A2
Uz.2 + 0,5 % emulgatora	59,1	2,0	1,0	40	71,9 A2
Obezmašč. uz.1	60,8	6,0	1,5	30	76,7 A2
Obezmašč. uz.1 + 0,5 % emulg.	59,6	6,0	1,5	40	70,7 A2
Dodatak emulgatora na polovini zamesa testa					
Uz.1 + 0,5 % emulgatora	57,3	2,5	0,5	60	73,6 A2
Obezmašč. uz.1 + 0,5 % emulg.	59,6	6,0	1,0	40	74,2 A2

Tabela 31. - Uticaj dodatka natrijum laktilata
na reološke osobine testa

Uzorak	MUV (%) na 13 % vlage	Razvoj testa (min)	Stabi- litet (min)	Stepen omekš. (Fj)	Kalitet. broj i klasa
Dodatak emulgatora na početku zamesa testa					
Uzorak 1	57,9	2,0	2,0	40	74,6 A1
Uz.1 + 0,5 % emulgatora	57,9	2,0	1,5	60	69,6 B1
Uzorak 2	59,2	1,0	3,0	20	80,0 A2
Uz.2 + 0,5 % emulgatora	60,0	1,5	0,5	60	65,7 B1
Obezmašč. uz.1	60,8	6,0	1,5	30	76,7 A2
Obezmašč. uz.1 + 0,5 % emulg.	60,4	6,5	2,0	50	70,2 A2
Dodatak emulgatora na polovini zamesa testa					
Uz.1 + 0,5 % emulgatora	58,1	2,0	1,0	60	68,3 B1
Obezmašč. uz.1	60,8	6,0	1,5	30	76,7 A2
Obezmašč. uz.1 + 0,5 % emulg.	60,4	6,0	1,5	30	77,1 A2

Tabela 32. - Uticaj dodatka sorbatmonostearata
na kvalitet hleba

Uzorak	Visina hleba (mm)	Prinos zapremine (ml)	VBS*
Dodatak emulgatora na početku zamesa testa			
Uzorak 1	92	400	3,5
Uz. 1 + 0,2 % emulgatora	100	515	2,5
Uz. 1 + 0,5 % emulgatora	100	595	5,0
Uzorak 2	98	447	1,5
Uz. 2 + 0,2 % emulgatora	80	440	4,0
Uz. 2 + 0,5 % emulgatora	84	452	4,5
Obezmašćeni uzorak 1	95	506	4,0
Obezm. uz. 1 + 0,2 % em.	100	471	2,0
Obezm. uz. 1 + 0,5 % em.	102	492	3,5
Dodatak emulgatora na polovini zamesa testa			
Uz. 1 + 0,2 % emulgatora	100	465	2,5
Uz. 1 + 0,5 % emulgatora	99	434	5,5
Uz. 2 + 0,2 % emulgatora	88	473	4,0
Uz. 2 + 0,5 % emulgatora	82	486	4,0
Obezm. uz. 1 + 0,2 % em.	100	470	3,5
Obezm. uz. 1 + 0,5 % em.	97	472	2,0
Dodatak emulgatora kod premesivanja testa			
Uz. 1 + 0,2 % emulgatora	100	465	3,5
Uz. 1 + 0,5 % emulgatora	96	510	4,5
Uz. 2 + 0,2 % emulgatora	90	484	5,0
Uz. 2 + 0,5 % emulgatora	92	497	3,5
Obezm. uz. 1 + 0,2 % em.	100	437	4,5
Obezm. uz. 1 + 0,5 % em.	102	406	3,5

*VBS - vrednosni broj sredine

Tabela 33. - Uticaj dodatka diacetilestra vinske kiseline na kvalitet hleba

Uzorak	Visina hleba (mm)	Prinos zapremine (ml)	VBS*
Dodatak emulgatora na početku zamesa testa			
Uzorak 1	92	400	3,5
Uz. 1 + 0,2 % emulgatora	103	529	3,0
Uz. 1 + 0,5 % emulgatora	99	540	5,5
Uzorak 2	98	447	1,5
Uz. 2 + 0,2 % emulgatora	95	480	4,0
Uz. 2 + 0,5 % emulgatora	101	525	3,0
Obezmašćeni uzorak 1	95	506	4,0
Obezm. uz. 1 + 0,2 % em.	96	493	4,0
Obezm. uz. 1 + 0,5 % em.	107	580	5,0
Dodatak emulgatora na polovini zamesa testa			
Uz. 1 + 0,2 % emulgatora	100	562	3,0
Uz. 1 + 0,5 % emulgatora	99	540	6,0
Uz. 2 + 0,2 % emulgatora	102	502	2,0
Uz. 2 + 0,5 % emulgatora	100	481	4,5
Obezm. uz. 1 + 0,2 % em.	98	526	5,5
Obezm. uz. 1 + 0,5 % em.	103	569	6,0
Dodatak emulgatora kod premesivanja testa			
Uz. 1 + 0,2 % emulgatora	100	464	1,5
Uz. 1 + 0,5 % emulgatora	102	553	2,5
Uz. 2 + 0,2 % emulgatora	103	426	3,0
Uz. 2 + 0,5 % emulgatora	103	459	2,0
Obezm. uz. 1 + 0,2 % em.	94	361	2,5
Obezm. uz. 1 + 0,5 % em.	94	504	3,5

*VBS - vrednosni broj sredine

Tabela 34. - Uticaj dodatka natrijum laktilata
na kvalitet hleba

Uzorak	Visina hleba (mm)	Prinos zapremine (ml)	VBS*
Dodatak emulgatora na početku zamesa testa			
Uzorak 1	92	400	3,5
Uz.1 + 0,2 % emulgatora	103	508	1,5
Uz.1 + 0,5 % emulgatora	107	553	6,0
Uzorak 2	98	447	1,5
Uz.2 + 0,2 % emulgatora	95	426	1,5
Uz.2 + 0,5 % emulgatora	93	427	2,0
Obezmašćeni uzorak 1	95	506	4,0
Obezm. uz.1 + 0,2 % em.	97	506	3,5
Obezm. uz.1 + 0,5 % em.	105	605	4,5
Dodatak emulgatora na polovini zamesa testa			
Uz.1 + 0,2 % emulgatora	105	562	2,5
Uz.1 + 0,5 % emulgatora	107	553	5,5
Uz.2 + 0,2 % emulgatora	95	470	4,0
Uz.2 + 0,5 % emulgatora	94	418	4,5
Obezm. uz.1 + 0,2 % em.	100	528	1,5
Obezm. uz.1 + 0,5 % em.	100	541	5,0
Dodatak emulgatora kod premesivanja testa			
Uz.1 + 0,2 % emulgatora	95	508	2,5
Uz.1 + 0,5 % emulgatora	100	499	4,5
Uz.2 + 0,2 % emulgatora	99	481	3,5
Uz.2 + 0,5 % emulgatora	103	494	4,5
Obezm. uz.1 + 0,2 % em.	87	517	2,5
Obezm. uz.1 + 0,5 % em.	84	386	3,5

*VBS - vrednosni broj sredine

3.4.0.0 DISKUSIJA REZULTATA

3.4.1.0 PROMENE SADRŽAJA LIPIDNIH MATERIJA

U POJEDINIM FAZAMA IZRADA HLEBA

Sastav i značaj lipidnih materija istraživači su dokazivali na nativnom, obezmašćenom ili rekonstituisanom brašnu registrujući promene bilo na glutenu ili na gotovom proizvodu, ali šta se zbiva sa lipidnim materijama tokom samog tehnološkog postupka proizvodnje hleba nije ispitivano (Chung i Pomeranz, 1981; MacRitchie, 1983; Morrison, 1994). Podaci iz tab. 3 pokazuju da se različite količine lipidnih jedinjenja mogu ekstrahovati iz pojedinih faza tehnološkog postupka proizvodnje hleba. Količine izdvojenih nepolarnih lipida se smanjuju sa povećanjem sadržaja vlage u brašnu, međufaznim produktima ili gotovom proizvodu što je u skladu sa tvrdnjama Carlsona (Chung i Pomeranz, 1981) i Frazier-a (1983) jer je smanjena mogućnost ekstrakcije samo posledica obrazovanja uredene strukture tipa lamelarne faze na koju ne deluju nepolarni rastvarači.

Smanjenje količine izdvojenih nepolarnih lipida kod obe sorte pšenice, prati povećanje količine lipida ekstrahovanih polarnim rastvaračima kojima se svakako izdvajaju i nepolarni lipidi iz uredene lamelarne faze jer je u hlebnom testu najviši sadržaj vode, najmanje je izdvojenih nepolarnih lipida i najveća je količina polarnih lipida.

Gluten, takođe, sadrži veliku količinu vode te se nepolarni lipidi teško izdvajaju ali zato polarni rastvarači razgrađuju uredene strukture formirane između glutenskih komponenata i lipida (Wootton, 1966; Pomeranz, 1985; Morrison, 1994) i registruje se najveća količina lipida u ekstraktu polarnih rastvarača, tab. 3.

Lipidi u skrobnoj granuli su zastupljeni u veoma malim količinama i najviše ovih lipida izdvaja se iz želatiniziranog

skroba hleba što je u skladu sa tvrdnjima *Morrison*-a (1978b) da su u skrobnoj granulaciji lipidi i amiloza nezavisni i da stvaraju kompleks tek na povišenim temperaturama želatinizacije skroba.

Posmatrajući količine metilestara masnih kiselina, odnosno "čistih masnih komponenata", izdvojenih lipidnih materija, tab. 4, kod nativnog i navlaženog brašna obe sorte pšenice registrovane su najveće količine u ekstraktima nepolarnih lipida, kod kojih je i najmanji odnos polarnih metilestara prema metilestrima nepolarnih lipida. Najmanja količina metilestara masnih kiselina je utvrđena u nepolarnim lipidima testa gde je opet izdvojeno najviše metilestara masnih kiselina u ekstraktima polarnih lipida. Odnos polarnih prema nepolarnim lipidima najveći je u lipidima ekstrahovanim iz testa a zatim iz hleba, što je svakako posledica uredene lamelarne strukture lipidnih materija (*Chung i Pomeranz*, 1981).

Interesantno je da se količine metilestara masnih kiselina iz skroba povećavaju u svim fazama proizvodnog postupka izrade hleba, što ukazuje na međuzavisnost lipidnih materija i skroba koja je veća na povišenim temperaturama, odnosno kod želatiniziranog skroba (*Morrison* 1978b).

Iako se podaci iz tabela 3 i 4 odnose na iste lipidne materije, rezultati se ne mogu direktno porediti jer su lipidne materije brašna veoma složene i ugljenohidratne, proteinske ili neorganske komponente složenih lipida utiču na razlike koje otežavaju direktno poređenje. Relativna upoređenja su moguća i ona potvrđuju teorije o vezivanju pojedinih vrsta lipida sa proteinskim i skrobnim komponentama (*Békés i Smied*, 1981; *Chung*, 1986; *Morrison*, 1994).

Iz ekstrakta nepolarnih lipida metodom *Morrison*-a i sar., (1980) izdvojena su lipidna jedinjenja sa najizrazitijim i jasno odvojenim trakama na pločama za tankoslojnu hromatografiju. Na ovaj način kvantitativno je identifikovano preko 60 %

jedinjenja kod nativnog i navlaženog brašna, preko 40 % u polupečenom i pečenom hlebu i nešto malo preko 30 % lipidnih jedinjenja u testu i glutenu, tab. 5. Među identifikovanim jedinjenjima bili su i polarni lipidi (glikolipidi i fosfolipidi) koji su najzastupljeniji u ekstraktima nepolarnih lipida iz nativnog brašna i glutena, a kako je brašno prolazilo kroz pojedine faze tehnološkog postupka sve manje količine polarnih lipida su se mogle ekstrahovati petroletrom, jer su polarni lipidi bili uklopljeni u strukturu testa i hleba te su bili nedostupni rastvaraču koji slabo ekstrahuje ova jedinjenja (Morrison i sar., 1975; Morrison i sar., 1980; Prieto i sar., 1992).

U celini gledajući, među lipidnim jedinjenjima nepolarnog karaktera najmanje su zastupljeni monogliceridi, dok su količine acil-sterilglikozida i triglicerida u nativnom i navlaženom brašnu približno jednake a u nepolarnim lipidima hleba dominiraju acil-sterilglikozidi, tab. 5.

Interesantno je zapaziti da se pored izdvojenih ukupnih količina nepolarnih lipida uočavaju promene u sastavu nepolarnih lipida što može da ukaže da se tokom hidratacije brašna i progrevanja testa vezuju različite vrste lipidnih jedinjenja, odnosno acil-sterilglikozidi verovatno manje stupaju u interakciju sa sastojcima testa i hleba od triglicerida, međutim ovakvih podataka nema u literaturi kojima bi se mogle potvrditi ove pretpostavke (MacRitchie, 1977, 1981; Morrison, 1978a; Price i Parson, 1979; Hargin i Morrison, 1980).

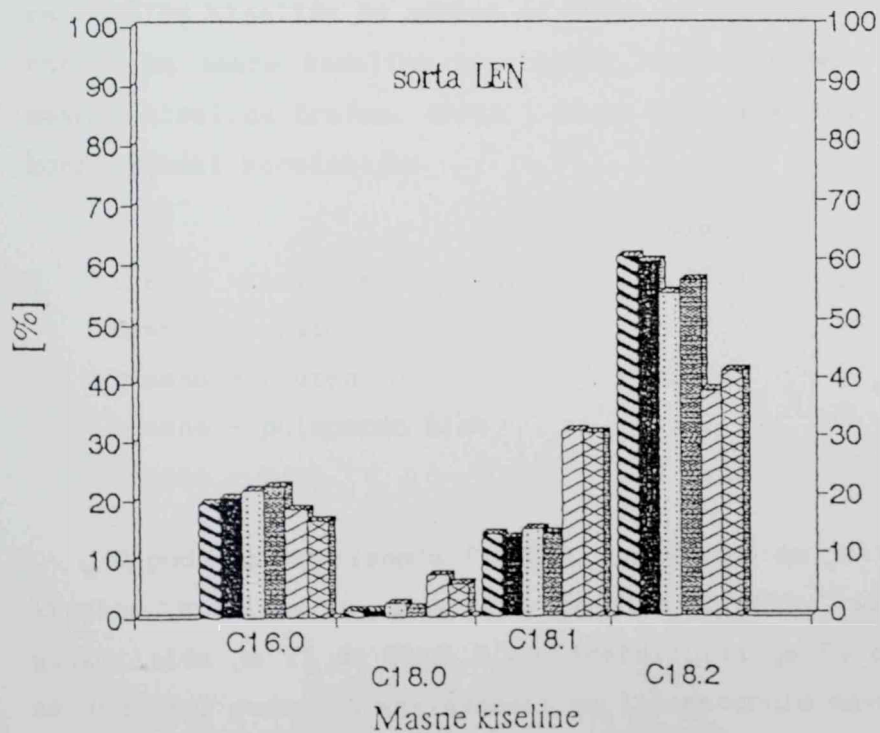
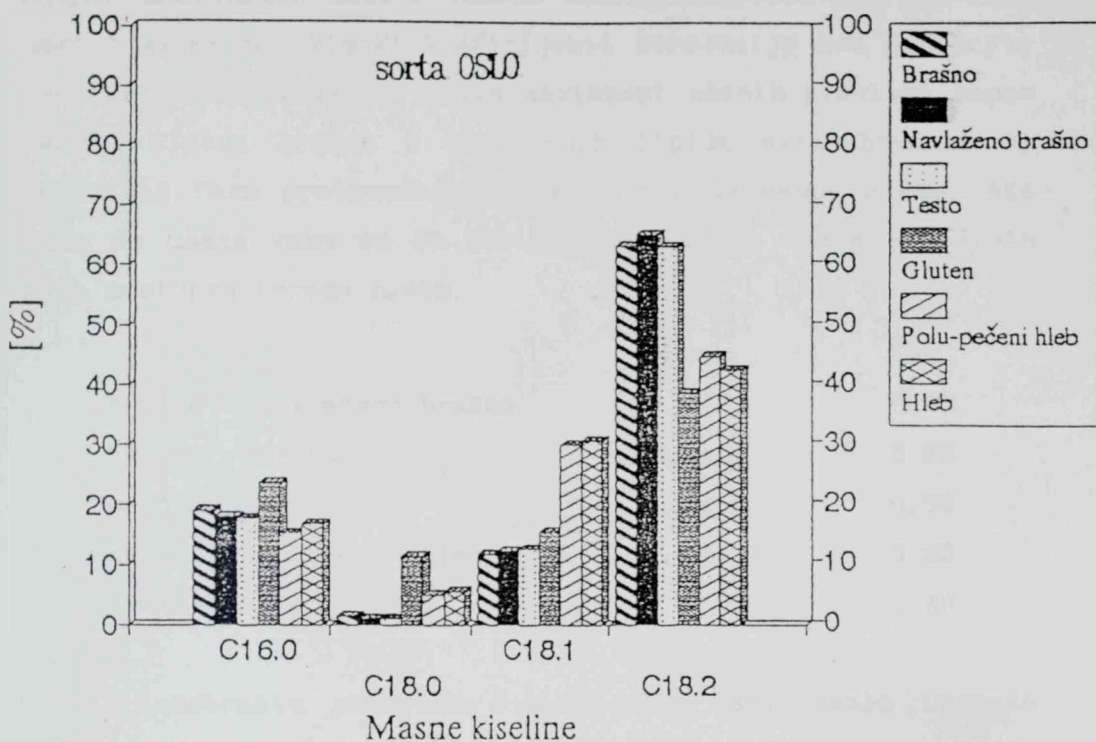
U ekstraktima polarnih lipida identifikovano je preko 60% jedinjenja, tab. 6, među kojima su fosfolipidna jedinjenja izražena zbirno jer su po primenjenoj metodi razdvajanja (Morrison i sar., 1980) zaostala na startnoj poziciji a na tankom sloju su se razdvojili glikolipidi od kojih su najzastupljeniji digalaktosilmonogliceridi. Oni su po sadržaju približno jednaki sadržaju fosfolipida u svim fazama proizvodnog postupka izrade hleba. Digalaktosildiglicerida ima približno

koliko ima zbirno monogalaktozilmonoglicerida i monogalaktozildiglicerida. Taj odnos malo više odstupa kod onih uzoraka u kojima je prethodnom ekstrakcijom nepolarnim rastvaračem izdvojen najveći sadržaj polarnih lipida, tab. 5.

Iako su monogalaktozilmonogliceridi i monogalaktozildigliceridi zastupljeni u relativno malim količinama prema podacima iz tab. 6, proizlazi da se njihova količina menja tokom pojedinih faza procesa proizvodnje hleba, odnosno da mogućnost ekstrakcije zavisi od formiranih veza sa drugim sastojcima testa i da na to utiču hidratacija i temperatura.

Iz lipida unutar skrobne granule hromatografijom na tankom sloju su razdvojeni fosfolipidi. Na razvijenim pločama pojavile su se samo dve široke trake koje odgovaraju lizofosfatidilinozitolu i N-acilfosfatidiletanolaminu, sem kod uzorka lipida izdvojenih iz želatiniziranog skroba pečenog hleba, tab. 7. Interesantno je zapaziti da su količine lizofosfatidilinozitola i N-acilfosfatidiletanolamina približno jednake, odnosno nešto malo više je taj odnos pomeren ka sadržaju N-acilfosfatidiletanoamina. Takav odnos ove dve vrste jedinjenja je registrovan i u lipidima unutar skrobne granule hleba ali su relativni procentualni sadržaji niži zbog pojave još dve vrste lipidnih jedinjenja koja su se jasno razdvojila na tankom sloju. Pojava ovih jedinjenja se mogla i očekivati na osnovu rezultata iz tab. 5 i 6 gde se zapaža smanjenje kako ukupno utvrđenih lipidnih jedinjenja tako i pojedinačnih, što je u skladu sa tvrdnjama da se u želatiniziranom skrobu formiraju kompleksi između amiloze i lipida (Schuster i Adams, 1984; Stauffer, 1996).

U nepolarnim lipidima brašna, međufaznih produkata i hleba identifikovano je 98 % masnih kiselina, izuzev nepolarnih lipida glutena sorte Oslo, gde je registrovano 94 % masnih kiselina, tab. 8. Linolna, palmitinska i oleinska kiselina čine preko 90 % identifikovanih masnih kiselina a među njima je najveći udeo linolne, sl. 11, što je u skladu sa podacima



Sl. 11 - Sadržaj masnih kiselina nepolarnih lipida brašna

Morrison-a (1978a i 1994) koji je u lipidima iz pšenice ili iz njenih anatomskih delova takođe utvrdio najveći sadržaj ovih masnih kiselina. Visoki koeficijenti korelacije kod obe sorte pšenice pokazuju da je velika zavisnost masnih kiselina nepolarnih lipida brašna i nepolarnih lipida ekstrahovanih iz pojedinih faza proizvodnje hleba, kao i iz samog hleba, što može da ukaže kako se ta zavisnost smanjuje tokom pojedinih faza postupka izrade hleba.

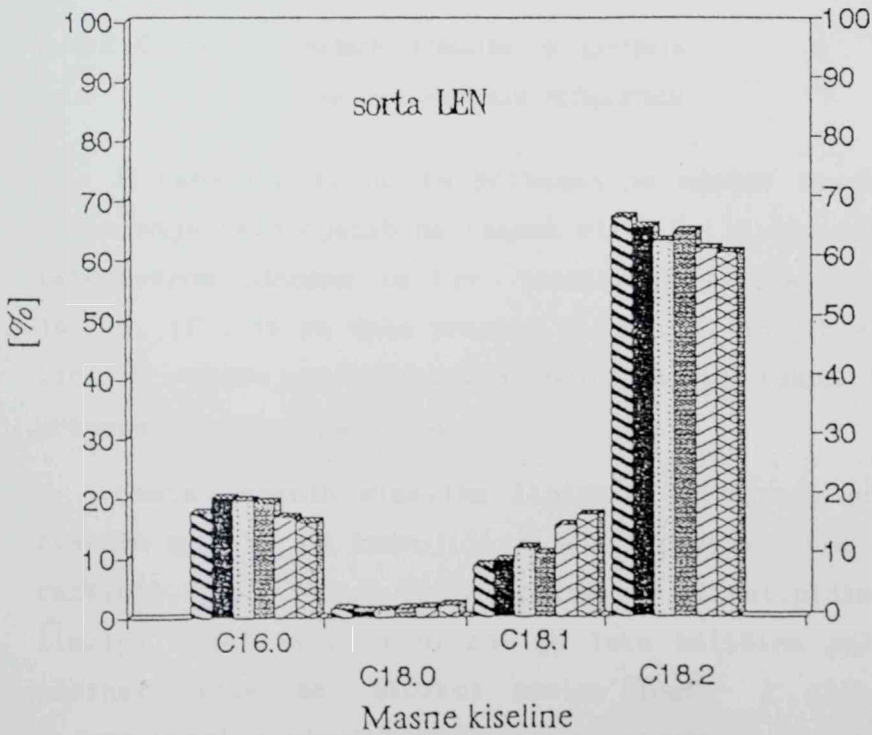
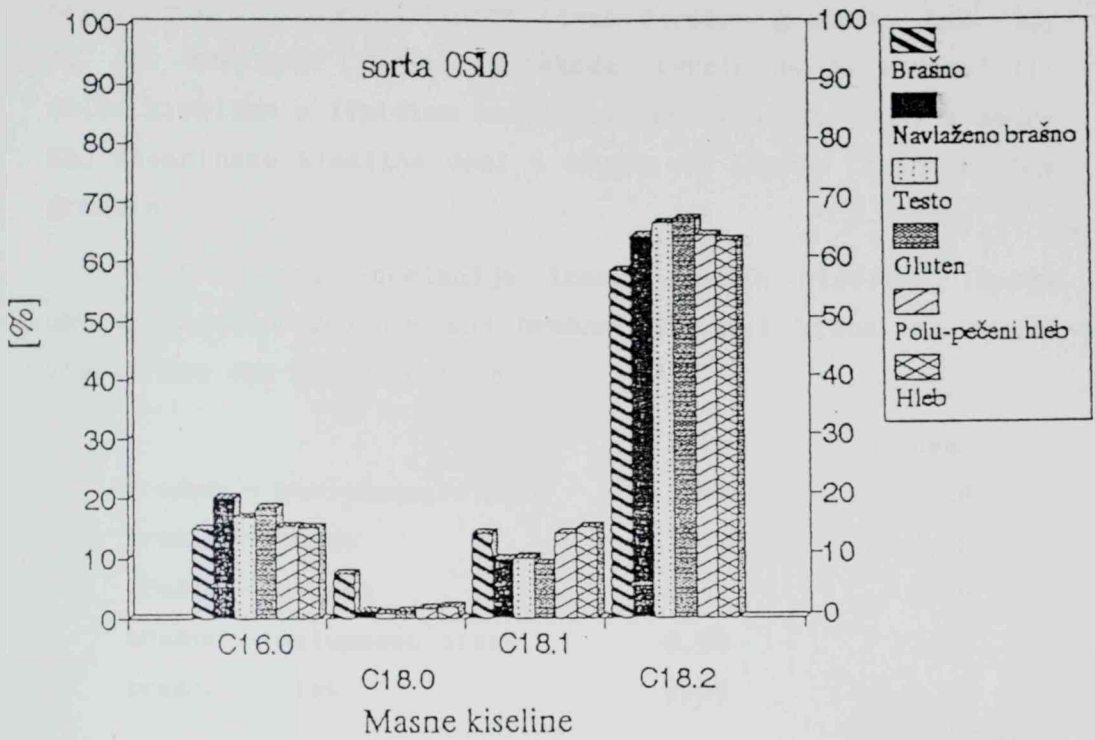
	Oslo	Len
brašno - navlaženo brašno	0,99	0,99
brašno - testo	0,99	0,99
brašno - gluten	0,92	0,99
brašno - polupečen hleb	0,89	0,85
brašno - hleb	0,87	0,88

U ekstraktu polarnih lipida svih ispitivanih uzoraka identifikovano je oko 98 % masnih kiselina među kojima dominira linolna kiselina sa udelom od preko 65 %, tab. 9, sl. 12. U odnosu na masne kiseline nepolarnih lipida promene u sastavu masnih kiselina brašna, testa i hleba su manje što pokazuju i koeficijenti korelacije:

	Oslo	Len
brašno - navlaženo brašno	0,99	0,99
brašno - testo	0,98	0,99
brašno - gluten	0,98	0,99
brašno - polupečen hleb	0,99	0,99
brašno - hleb	0,99	0,98

U podacima *Morrison*-a (1978a), navodi se da je visok udeo linolne kiseline u polarnim lipidima brašna, odnosno kod glikolipida je 71 do 74 % a kod fosfolipida je 59 do 63 % te se dobijeni podaci u saglasnosti sa literaturnim navodima.

Lipide unutar skrobne granule grade linolna kiselina sa udelom između 45 i 60 % i stearinska kiselina sa udelom od 20



Sl. 12 - Sadržaj masnih kiselina polarnih lipida brašna

do 30 %, što se razlikuje u odnosu na sastav masnih kiselina nepolarnih i polarnih lipida izvan skrobne granule, tab. 10, sl. 13. Morrison (1978a) je takode utvrdio da je sadržaj linolne kiseline u lipidima unutar skrobne granule manji a sadržaj stearinske kiseline veći u odnosu na lipide izvan skrobne granule.

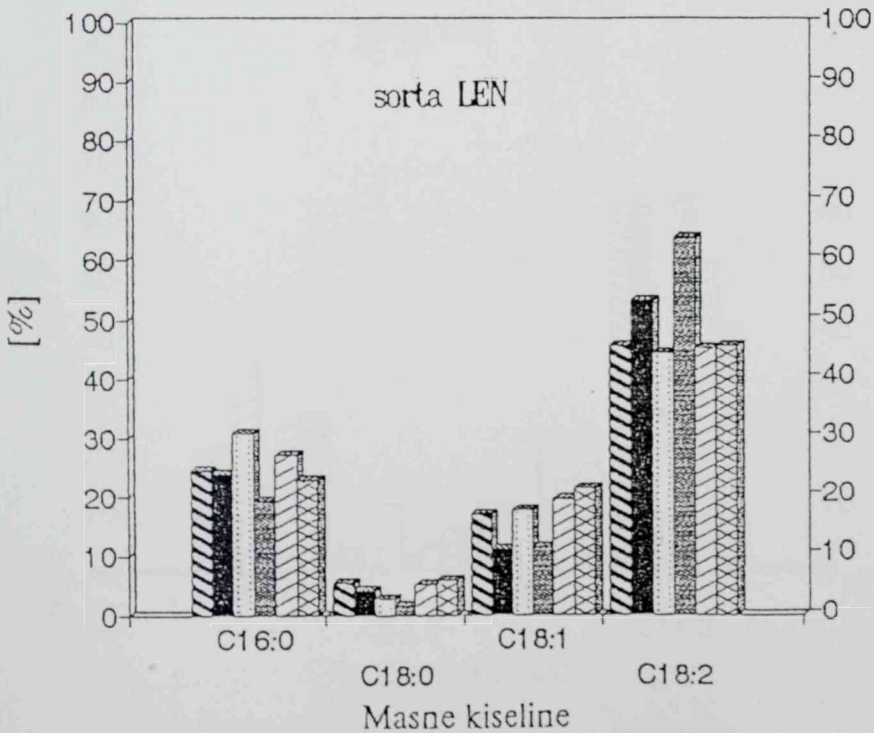
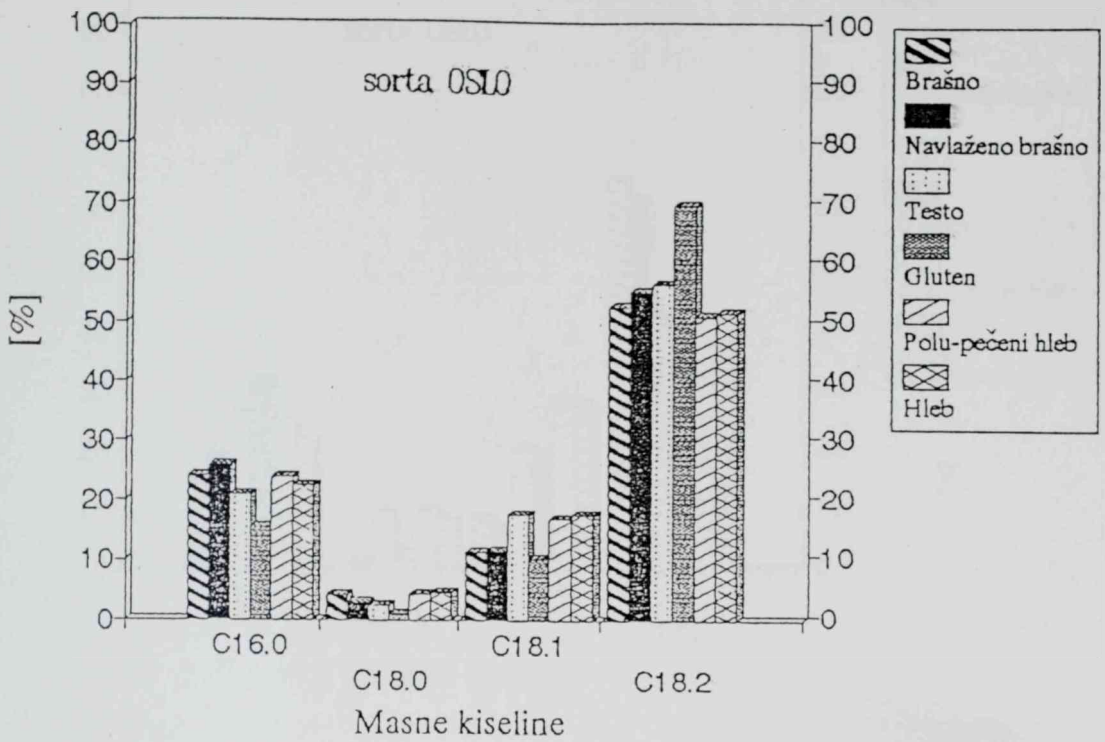
Koeficijenti korelacije između masnih kiselina lipida unutar skrobne granule kod brašna, testa i hleba su takode visoki kod obe sorte pšenice:

	Oslo	Len
brašno - navlaženo brašno	0,99	0,98
brašno - testo	0,98	0,98
brašno - gluten	0,97	0,96
brašno - polupečen hleb	0,98	0,99
brašno - hleb	0,98	0,98

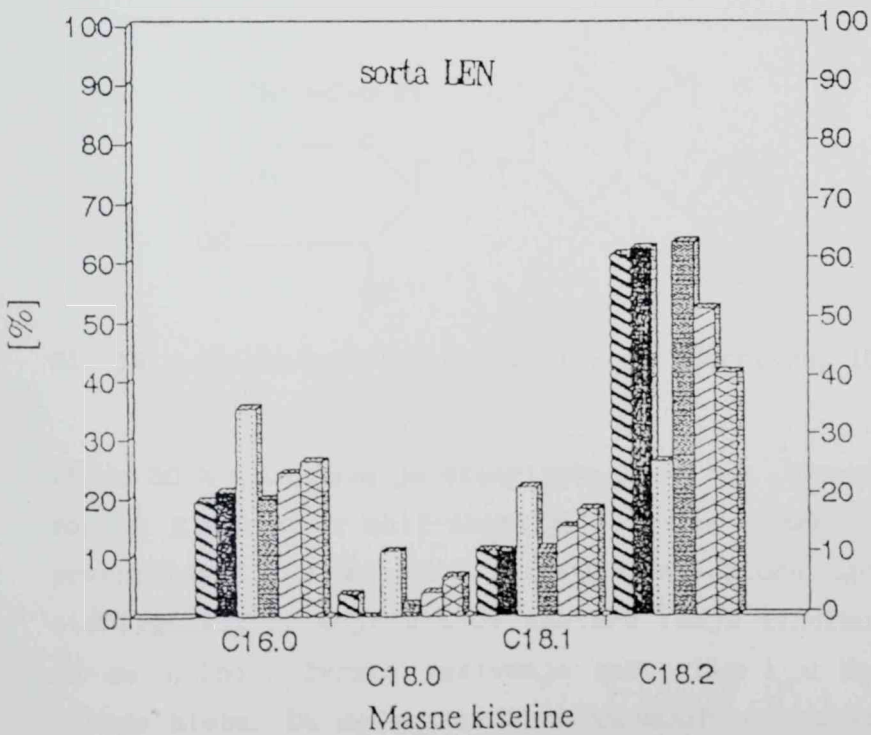
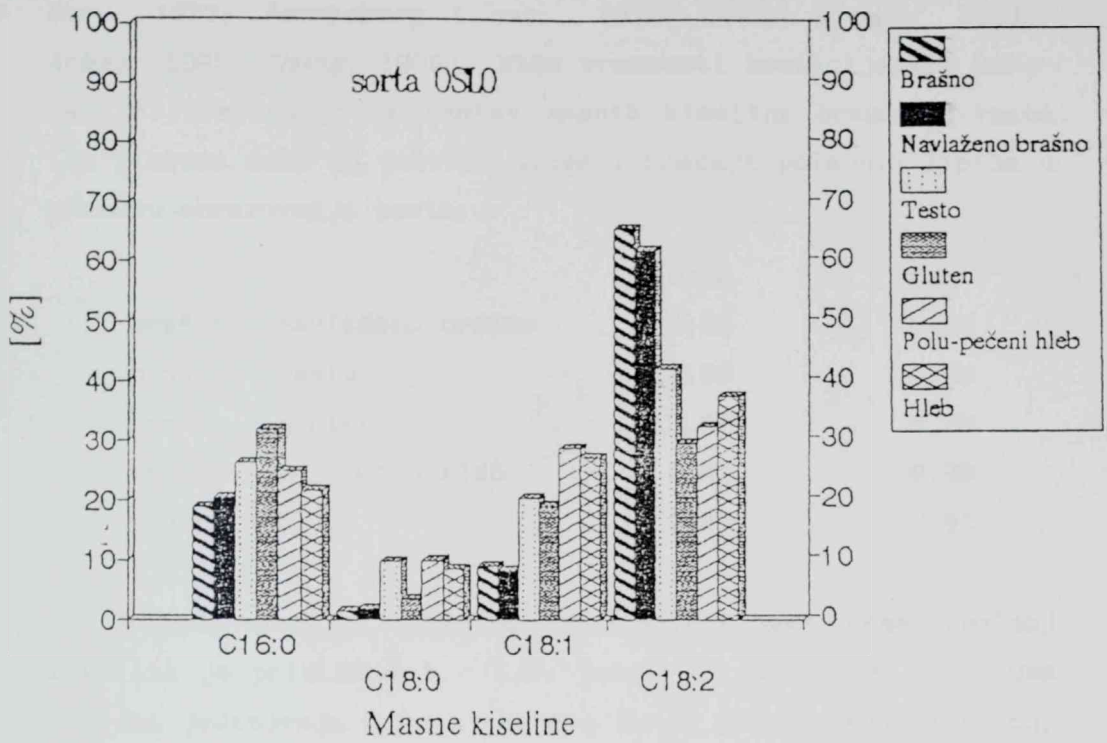
3.4.2.0 SASTAV MASNIH KISELINA U LIPIDNIM JEDINJENJIMA EKSTRAHOVANIM PETROLETROM

U tabelama 11 do 16 prikazan je sastav masnih kiselina jedinjenja razdvojenih na tankom sloju iz lipida ekstrahovanih petroletrom odnosno iz tzv. nepolarnih lipida, a na slikama 14, 15, 17 i 19 su date promene najzastupljenijih masnih kiselina u razdvojenim lipidnim jedinjenjima tokom tehnološkog procesa proizvodnje hleba.

Sastav masnih kiselina lipidnih jedinjenja polarnog karaktera koja su se izdvojila zajedno sa nepolarnim lipidima je različit, sl. 14. U fosfolipidima i glikolipidima dominira linolna kiselina a približno je ista količina palmitinske i oleinske kiseline. Složeni sastav fosfo- i glikolipida je najverovatnije uzrok većih promena u sastavu pojedinih masnih kiselina jer polarni lipidi imaju aktivnu ulogu u procesu obrazovanja testa i formiranja glutenske strukture (Fisher i



Sl. 13 - Sadržaj masnih kiselina lipida iz skroba

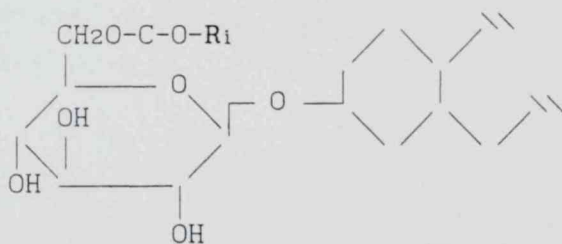


Sl. 14 - Sadržaj masnih kiselina fosfo- i glikolipida u lipidima ekstrahovanim petroleptom

sar., 1973; Jacobsberg i sar., 1976; Békés i sar., 1983b; Aréas, 1986; Chung, 1986). Niže vrednosti koeficijenata korelacije izračunatih za sastav masnih kiselina brašna i testa ili glutena samo su potvrda uloge i značaja polarnih lipida u procesu obrazovanja testa:

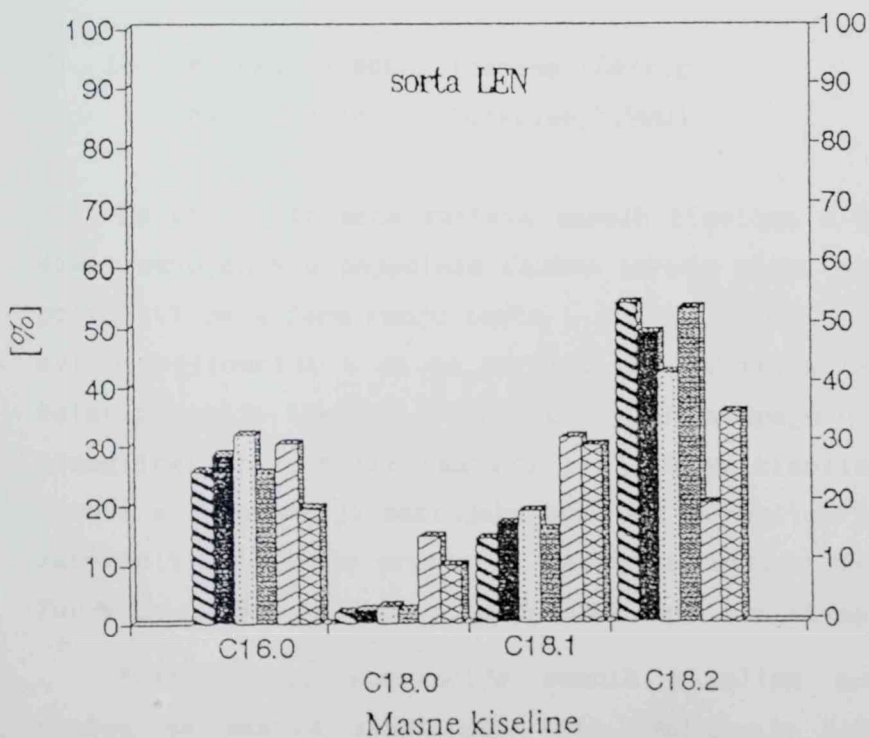
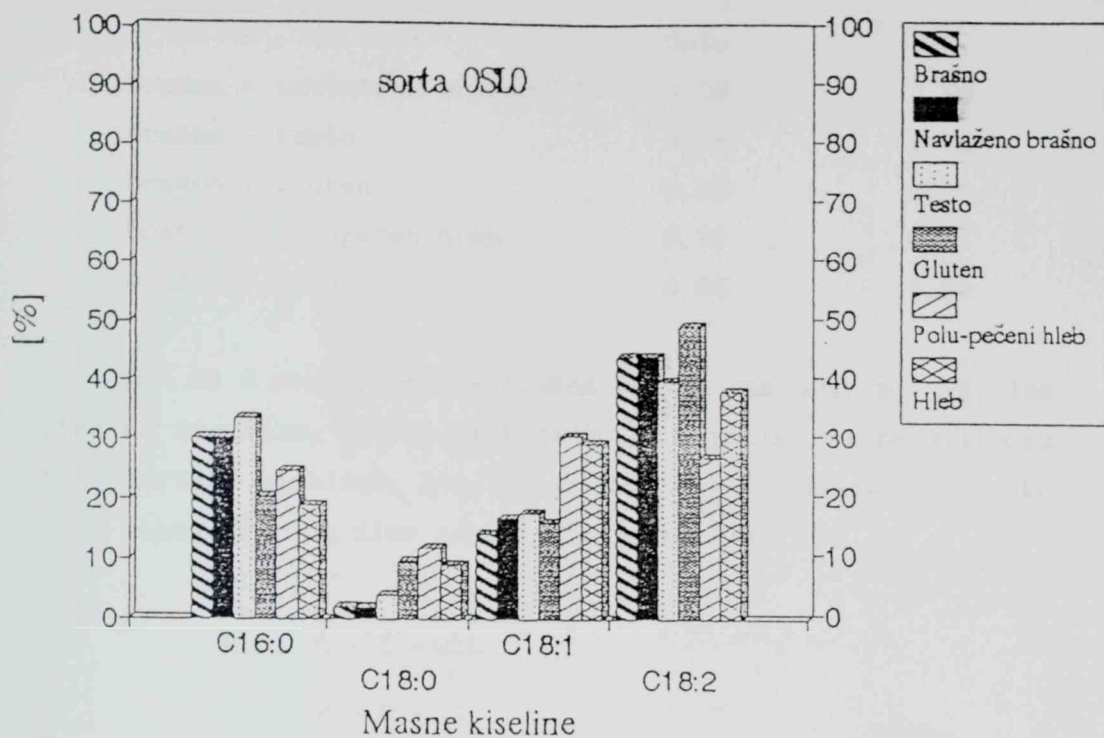
	Oslo	Len
brašno - navlaženo brašno	0,99	0,99
brašno - testo	0,89	0,85
brašno - gluten	0,87	0,96
brašno - polupečen hleb	0,82	0,98
brašno - hleb	0,83	0,94

U acil-sterilglikozidima odnos palmitinske prema linolnoj kiselini je približno 1 : 1,5, tabele 11 do 16, sl. 15. Ova lipidna jedinjenja u svom sastavu imaju jednu masnu kiselinu, sl. 16, koja je u brašnu u 45 do 50 % slučajeva linolna, a u



Sl. 16 - Molekul acil-sterilglikozida (Morrison, 1978a)

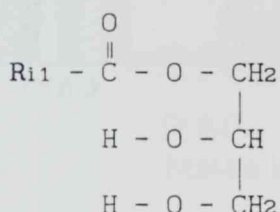
25 do 30 % slučajeva je stearinska kiselina. U testu se sastav masnih kiselina u acil-sterilglikozidima izmenio te se može pretpostaviti da su se u glutensku strukturu ugradili acil-sterilglikozidi koji u svom sastavu imaju linolnu kiselinu i da se njihovo čvrsto vezivanje nastavilo i u daljim fazama izrade hleba. Da se sastav ekstrahovanih acil-sterilglikozida menja potvrđuju i koeficijenti korelacije masnih kiselina brašna i drugih međufaznih i finalnih produkata u procesu izrade hleba:



Sl. 15 - Sadržaj masnih kiselina acil-sterilglikozida

	Oslo	Len
brašno - navlaženo brašno	0,99	0,99
brašno - testo	0,98	0,96
brašno - gluten	0,88	0,96
brašno - polupečen hleb	0,78	0,71
brašno - hleb	0,85	0,86

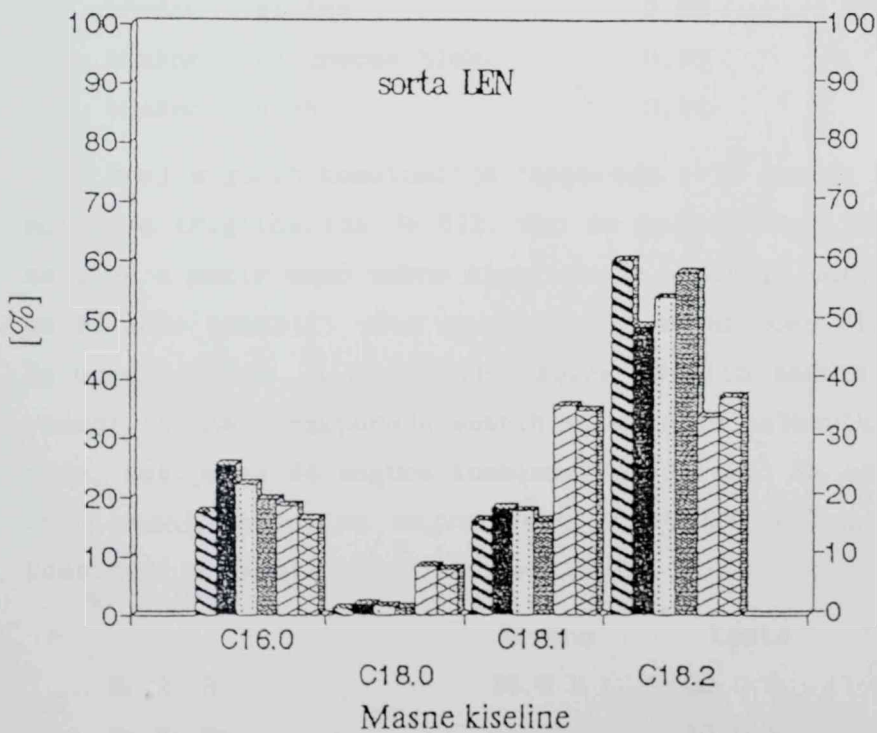
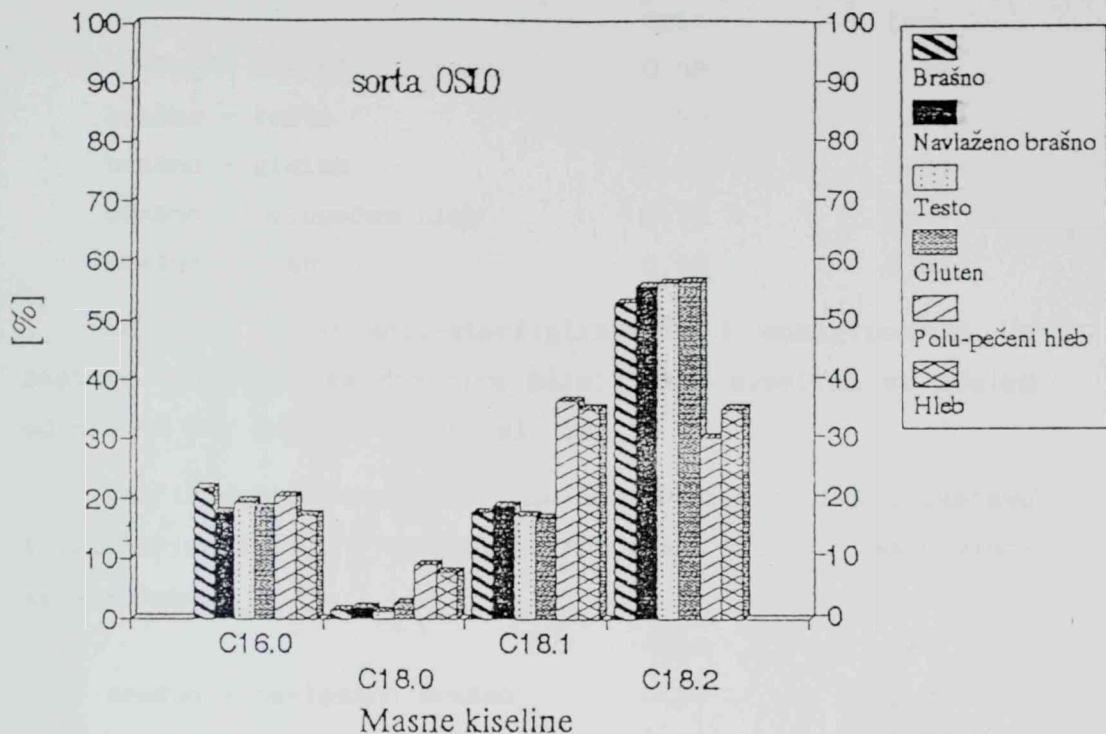
Oko 60 % monoglicerida brašna u svom sastavu, sl. 18, ima linolnu kiselinu, a oko 20 % ovih jedinjenja ima palmitinsku ili oleinsku kiselinu, tab. 11 do 16, sl. 17. Prema tome, oko 80 % monoglicerida čine nezasićene masne kiseline.



Sl. 18 - Molekul α monoglicerida (Oštrić Matijašević i Turkulov, 1980)

Na osnovu promene sastava masnih kiselina u monogliceridima izdvojenim u pojedinim fazama izrade hleba može se pretpostaviti da u formiranju testa i glutena učestvuju podjednako svi monogliceridi a da sa skrobom na povišenim temperaturama želatinizacije (Tester i Morrison, 1990) stupaju u interakciju monogliceridi u čijem sastavu je linolna kiselina. Kada se govori o interakciji sastojaka brašna i monoglicerida ne treba zanemariti i njihov prostorni raspored (Oštrić Matijašević i Turkulov, 1980), ali to nije predmet ovih ispitivanja.

Koeficijenti korelacije masnih kiselina monoglicerida brašna sa masnim kiselinama ovih jedinjenja izdvojenih iz međufaznih produkata i hleba su potvrda postojanja promena u sastavu masnih kiselina nastalih na povišenim temperaturama kod polupečenog i pečenog hleba kod obe sorte pšenice:



Sl. 17 - Sadržaj masnih kiselina monoglicerida

	Oslo	Len
brašno - navlaženo brašno	0,99	0,97
brašno - testo	0,99	0,99
brašno - gluten	0,99	0,99
brašno - polupečen hleb	0,76	0,77
brašno - hleb	0,82	0,82

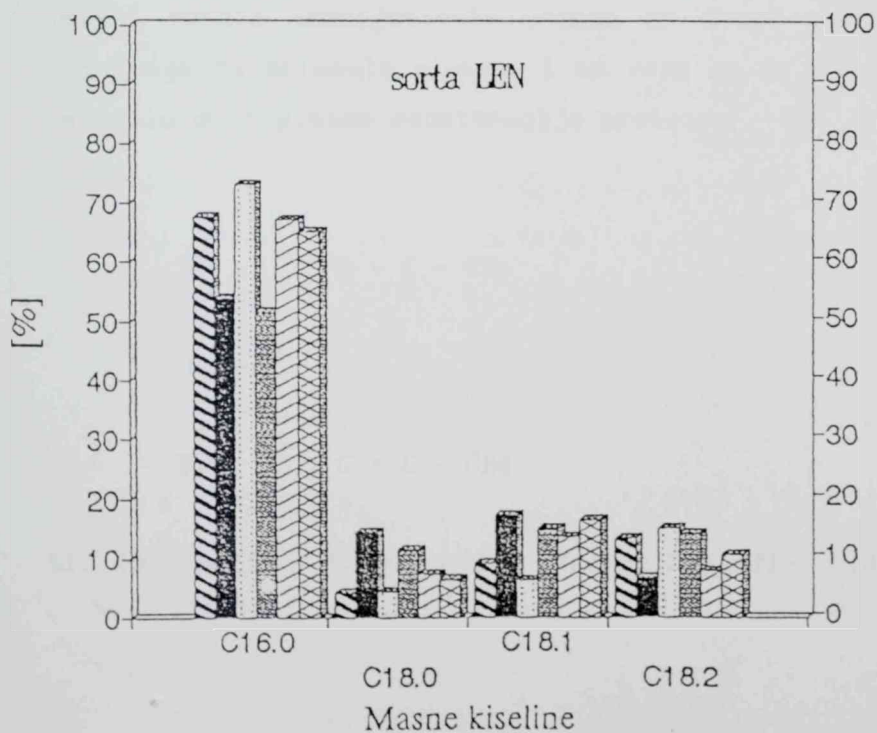
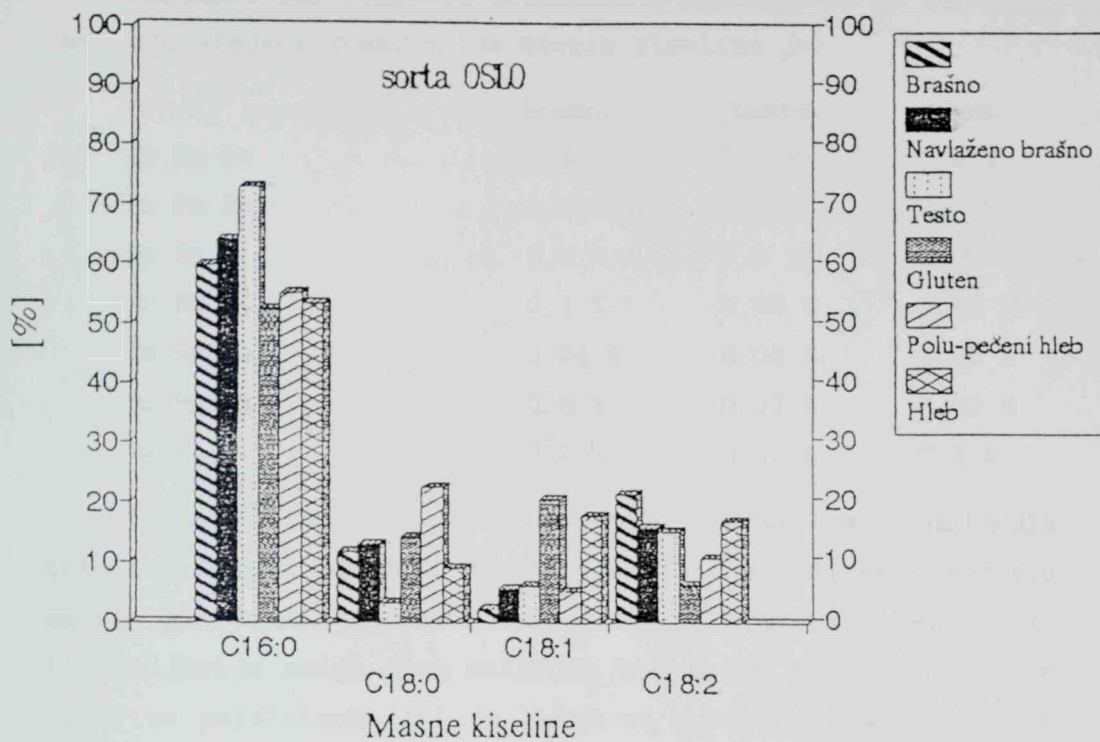
Za razliku od acil-sterilglikozida i monoglicerida, u sastavu triglicerida dominira palmitinska kiselina sa udelom od oko 60 %, tab. 11 do 16, sl. 19.

Koeficijenti korelacije između masnih kiselina u sastavu triglicerida brašna i međufaznih produkata i hleba imaju visoke vrednosti:

	Oslo	Len
brašno - navlaženo brašno	0,99	0,95
brašno - testo	0,97	0,99
brašno - gluten	0,89	0,98
brašno - polupečen hleb	0,95	0,98
brašno - hleb	0,94	0,98

Broj mogućih kombinacija rasporeda ovih masnih kiselina u molekulu triglicerida je 512. Ako se pojednostavi račun i ako se uzmu u obzir samo masne kiseline sa najvećim udelom tada se sa R₁ može označiti udeo palmitinske, sa R₂ udeo oleinske, sa R₃ udeo linolne, a sa R₄ udeo zbira ostalih masnih kiselina, vodeći računa o rasporedu masnih kiselina u molekulu triglicerida, dobija se 64 moguće kombinacije, sl. 20. Na osnovu udela ovih masnih kiselina najverovatniju strukturu imaju sledeće kombinacije masnih kiselina u molekulu:

	brašno	testo	hleb
R ₁ R ₁ R ₁	26,0 %	39,0 %	21,0 %
R ₁ R ₁ R ₃	14,0 %	16,0 %	10,0 %
R ₁ R ₃ R ₁	7,0 %	8,0 %	5,0 %
R ₁ R ₁ R ₂	4,0 %	6,0 %	12,0 %

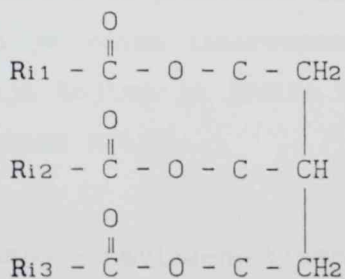


Sl. 19 - Sadržaj masnih kiselina triglicerida

Zanemarujući raspored u molekulu verovatnoća sa kojom se javljaju sledeće kombinacije masnih kiselina je:

	brašno	testo	hleb
R1 R2 R3	0,4 %	0,7 %	1,4 %
R1 R2 R4	0,6 %	0,3 %	1,0 %
R1 R3 R4	0,5 %	0,6 %	0,08 %
R3 R2 R4	0,1 %	0,05 %	0,02 %
R2 R2 R2	0,04 %	0,02 %	0,05 %
R3 R3 R3	0,5 %	0,03 %	0,02 %
R4 R4 R4	0,2 %	0,02 %	0,1 %

Račun verovatnoće i sastav masnih kiselina u molekulu triglicerida su pokazali da postoje bitnije razlike u sastavu masnih kiselina, odnosno kod testa se u ekstraktu nepolarnih lipida javlja mnogo više molekula kod kojih su sve tri masne kiseline palmitinska ili je jedna od njih linolna jer su se verovatno molekuli sa ostalim kombinacijama masnih kiselina vezali raznim asocijativnim vezama za druge sastojke testa, pre svega za molekule glutena i te veze su se razgradile kada je došlo do toplotne denaturacije proteina - kod hleba.



Sl. 20 - Molekul triglicerida (Nečaev i Sandler, 1975)

**3.4.3.0 SASTAV MASNIH KISELINA U LIPIDNIM JEDINJENJIMA
EKSTRAHOVANIM POLARNIM RASTVARAČEM**

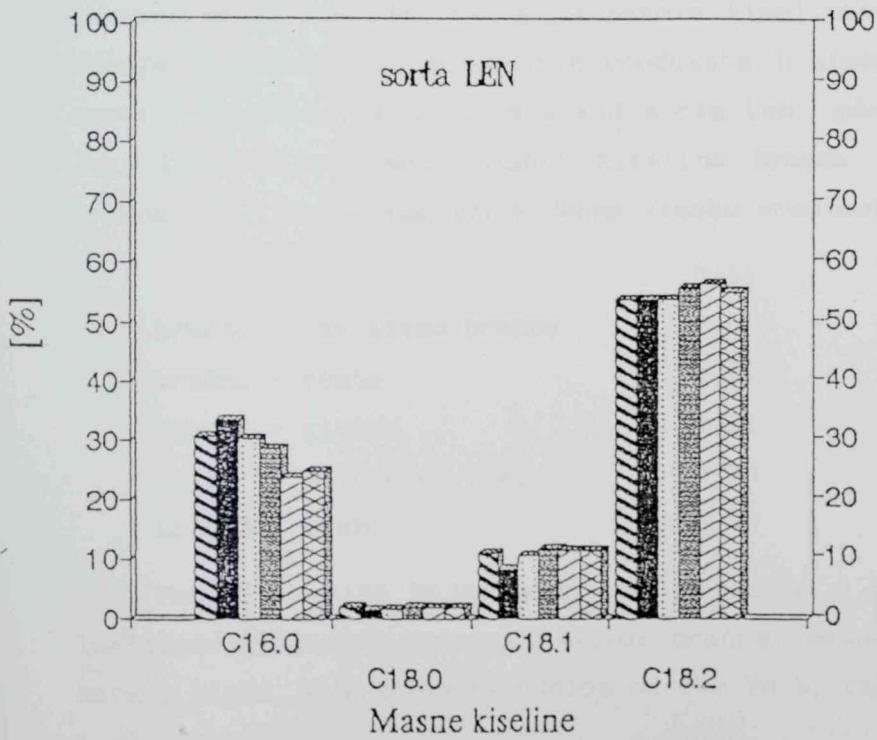
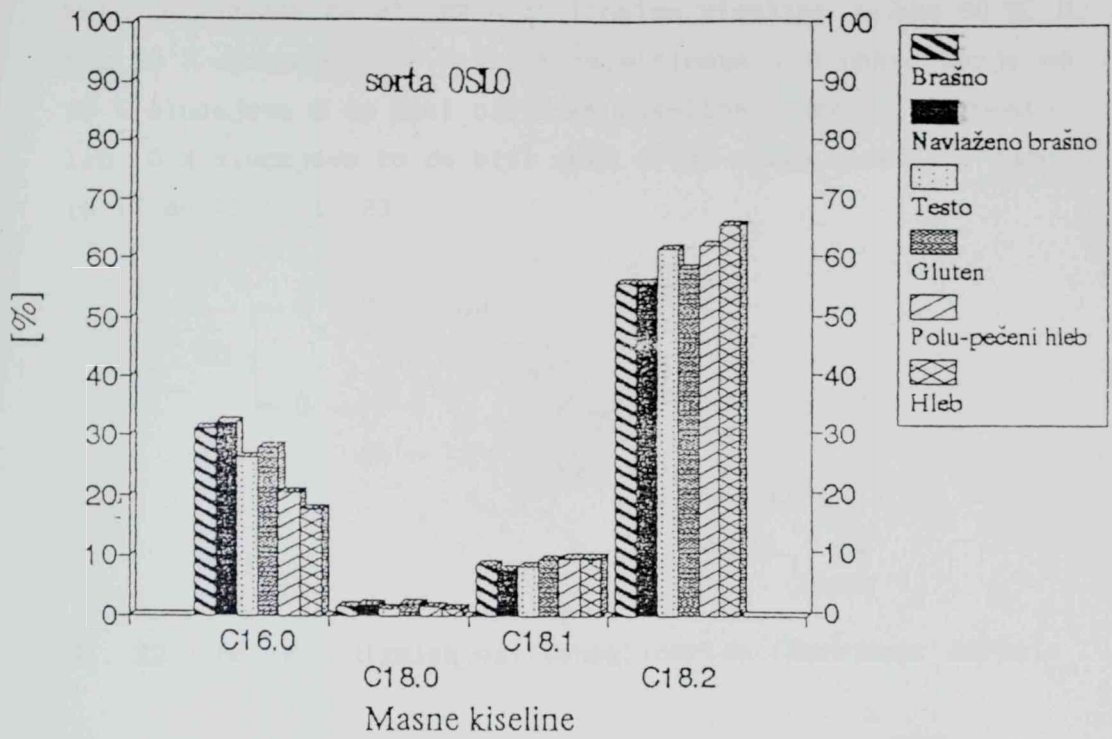
Sastav masnih kiselina u lipidnim jedinjenjima razdvojenim hromatografijom na tankom sloju iz lipida ekstrahovanih polarnim rastvaračem iz uzoraka kojima je prethodila ekstrakcija petroletrom prikazan je u tabelama 17 do 22.

Fosfolipidna jedinjenja grade palmitinska, linolna i oleinska kiselina dok je zbirni udeo linolenske i stearinske kiseline svega oko 5 %, a miristinska i arahidna kiselina se samo javljaju u pojedinačnim slučajevima u tragovima. Promene u sastavu najzastupljenijih masnih kiselina u ovoj grupi jedinjenja polarnog karaktera su male u ispitivanim uzorcima. Na sl. 21 je u uzorcima brašna, testa i hleba vidljivo smanjenje udela polarnih jedinjenja koja u svom sastavu imaju palmitinsku kiselinu što je verovatno posledica njihovog izdvajanja ekstrakcijom sa petroletrom, sl. 14.

Koeficijenti korelacije masnih kiselina fosfolipidnih jedinjenja brašna sa masnim kiselinama ovih jedinjenja izdvojenih iz međufaznih produkata i hleba svojim visokim vrednostima pokazuju da praktično nema promena u sastavu masnih kiselina što je veoma interesantno s obzirom da se radi o grupi jedinjenja kojima je jedina zajednička osobina afinitet rastvarača prema njima.

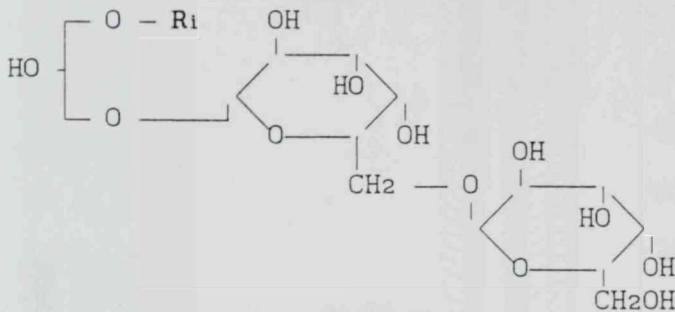
	Oslo	Len
brašno - navlaženo brašno	0,99	0,99
brašno - testo	0,99	0,99
brašno - gluten	0,99	0,99
brašno - polupečen hleb	0,97	0,98
brašno - hleb	0,95	0,99

Digalaktosilmonogliceride polarnih lipida izdvojenih iz uzoraka brašna, međufaznih produkata i hleba u 95 % slučajeva grade linolna, palmitinska i oleinska kiselina u približnom odnosu 6 : 2 : 1, odnosno verovatnoća da će na mestu R u mole-



Sl. 21 - Sadržaj masnih kiselina fosfolipidnih jedinjenja polarnih lipida

kulu prikazanom na sl. 22 biti linolna kiselina je oko 60 %. U oko 20 % slučajeva će to biti palmitinska i u nešto manje od 10 % slučajeva R će biti oleinska kiselina, odnosno u preostalih 10 % slučajeva to će biti neka druga masna kiselina, tabele 17 do 22 i sl. 23.



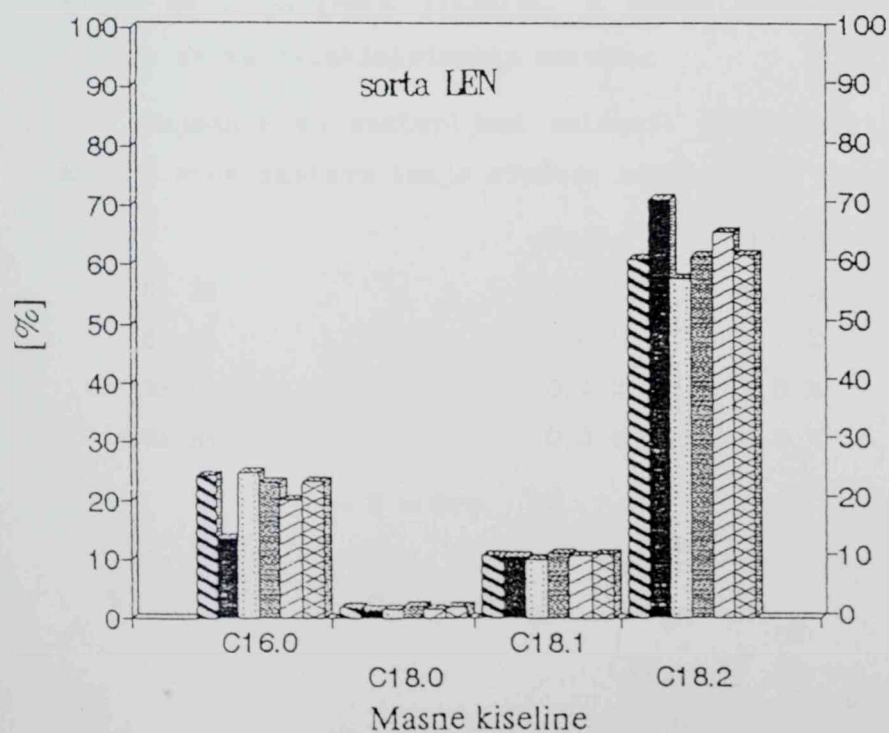
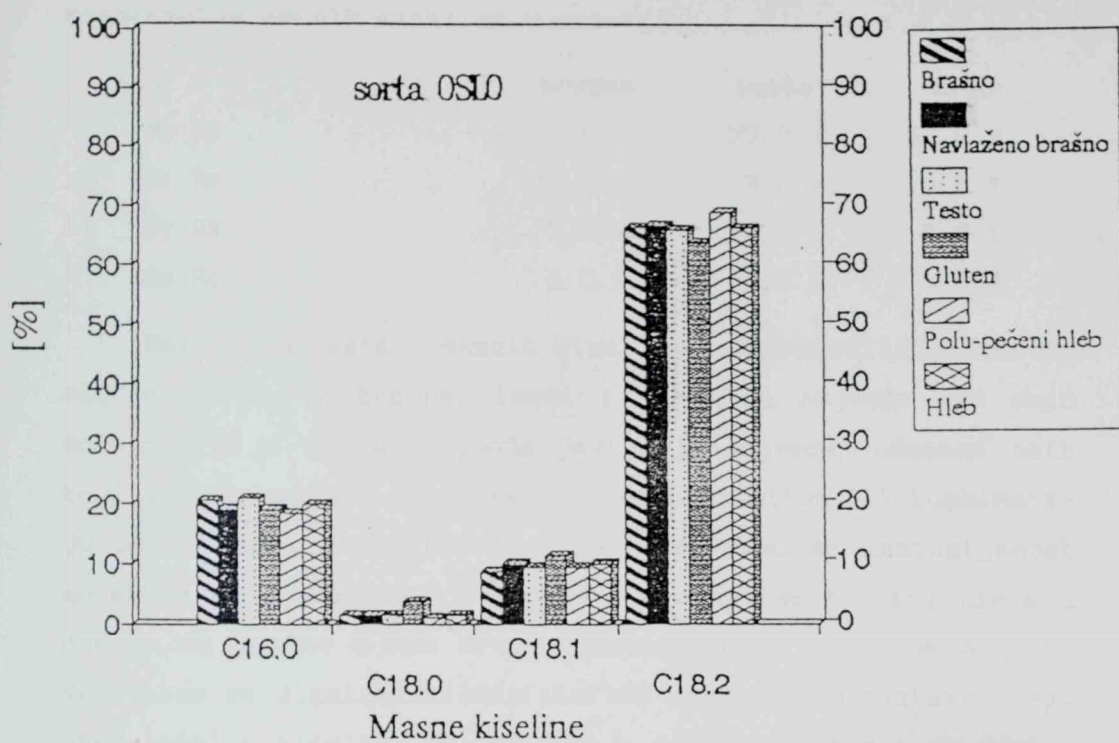
Sl. 22 - Molekul digalaktozilmonoglicerida (Morrison, 1978a)

Koeficijenti korelacije masnih kiselina u sastavu digalaktozilmonoglicerida brašna sa masnim kiselinama ovih jedinjenja izdvojenih iz međufaznih produkata i hleba su kod obe sorte za sve uzorke 0,99, sem kod sorte Len, gde je koeficijent korelacije između masnih kiselina brašna i navlaženog brašna 0,97, što predstavlja veoma visoku vrednost:

	Oslo	Len
brašno - navlaženo brašno	0,99	0,98
brašno - testo	0,99	0,99
brašno - gluten	0,99	0,99
brašno - polupečen hleb	0,99	0,99
brašno - hleb	0,99	0,99

Masna kiselina koja je najzastupljenija u sastavu digalaktozildiglicerida polarnih lipida brašna, međufaznih produkata i hleba je linolna sa udelom od oko 70 %, tabele 17 do 22 i sl. 24.

Zadržavajući iste oznake masnih kiselina kao i kod triglicerida, molekul digalaktozildiglicerida može da ima 16 kombinacija rasporeda masnih kiselina, sl. 25. Na osnovu udela



Sl. 23 - Sadržaj masnih kiselina digalaktosilmonoglicerida

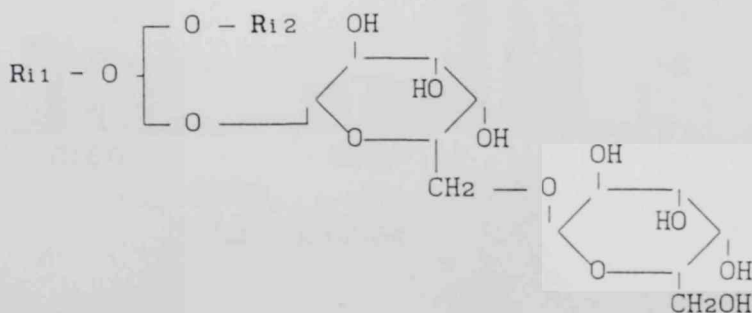
ovih masnih kiselina najverovatniju strukturu imaju sledeće kombinacije masnih kiselina u molekulu:

	brašno	testo	hleb
R3 R3	51,0 %	53,0 %	57,0 %
R1 R3	11,0 %	9,0 %	8,0 %
R2 R3	6,0 %	6,0 %	6,0 %
R3 R4	4,0 %	5,0 %	4,0 %

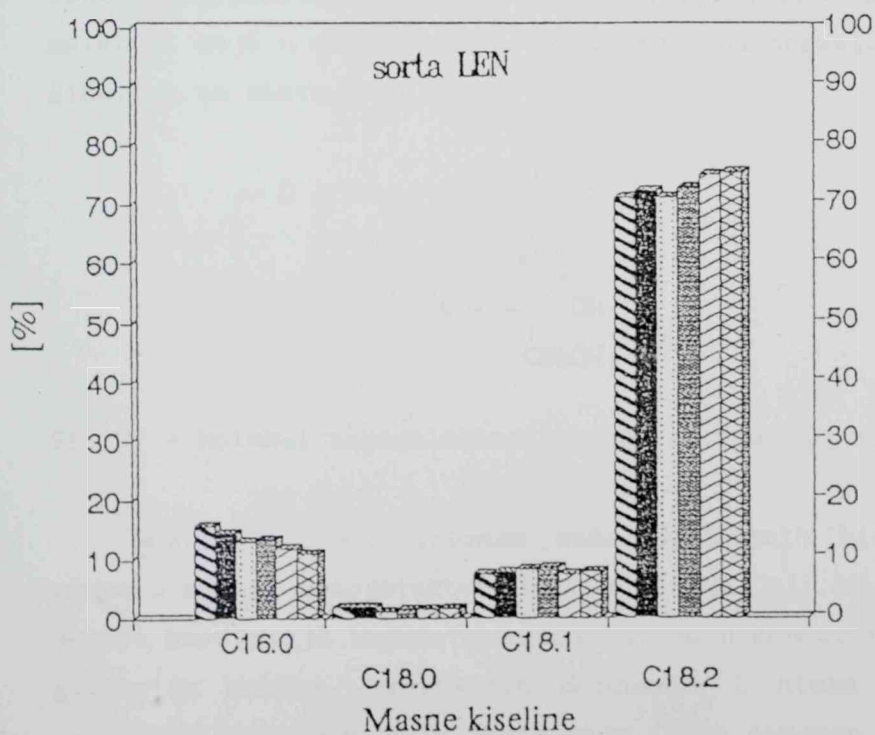
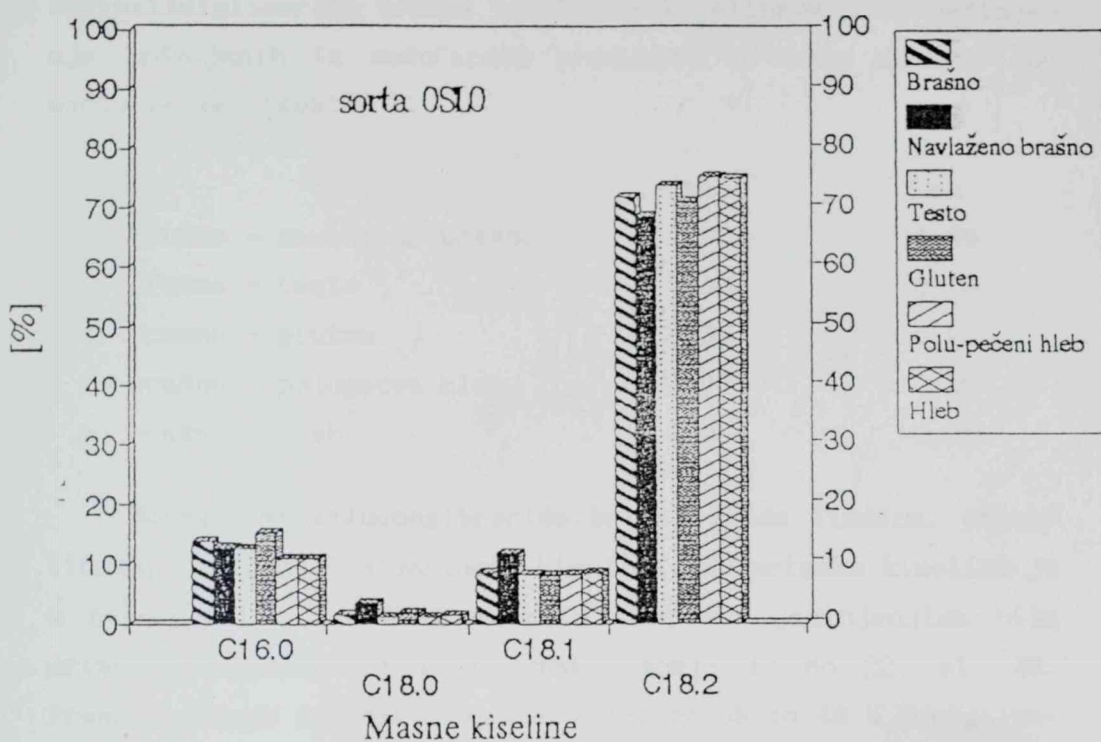
Razlike u sastavu masnih kiselina digalaktosidiglicerida ekstrahovanih iz brašna, testa i hleba su najveće kod onih molekula čija je verovatnoća javljanja najveća, odnosno onih koji u svom sastavu imaju samo linolnu kiselinu ili kombinaciju palmitinske i linolne kiseline, pri čemu se zastupljenost molekula prve kombinacije povećava u uzorcima testa i hleba u odnosu na brašno a kod druge kombinacije je suprotna pojava. Verovatno se digalaktosidigliceridi koji u svom sastavu imaju samo linolnu kiselinu ne ekstrahuju sa petroletrom i ne registruju se u polarnim lipidima, a tokom progrevanja testa ne vezuju se sa želatiniziranim škrobom.

Najmanje su zastupljeni molekuli digalaktosidiglicerida koji u svom sastavu imaju sledeće kombinacije masnih kiselina:

	brašno	testo	hleb
R1 R4	0,8 %	0,1 %	0,6 %
R2 R2	0,6 %	0,7 %	0,7 %
R2 R4	0,4 %	0,5 %	0,4 %
R4 R4	0,3 %	0,4 %	0,3 %



Sl. 25 - Molekul digalaktosidiglicerida (Morrison, 1978a)

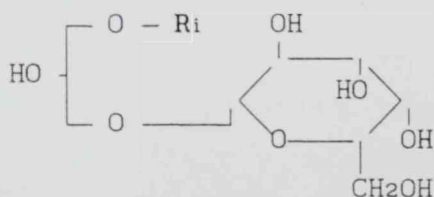


Sl. 24 - Sadržaj masnih kiselina digalaktosidiglicerida

Koeficijenti korelacije masnih kiselina u sastavu digalaktozildiglicerida brašna sa masnim kiselinama ovih jedinjenja izdvojenih iz međufaznih produkata i hleba su kod obe sorte veoma visoki:

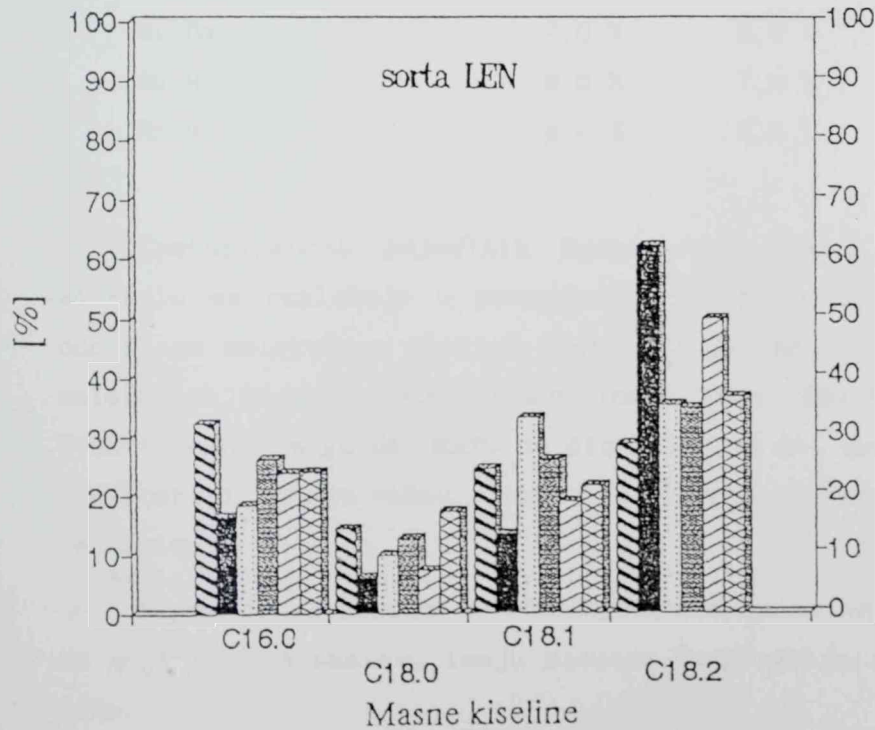
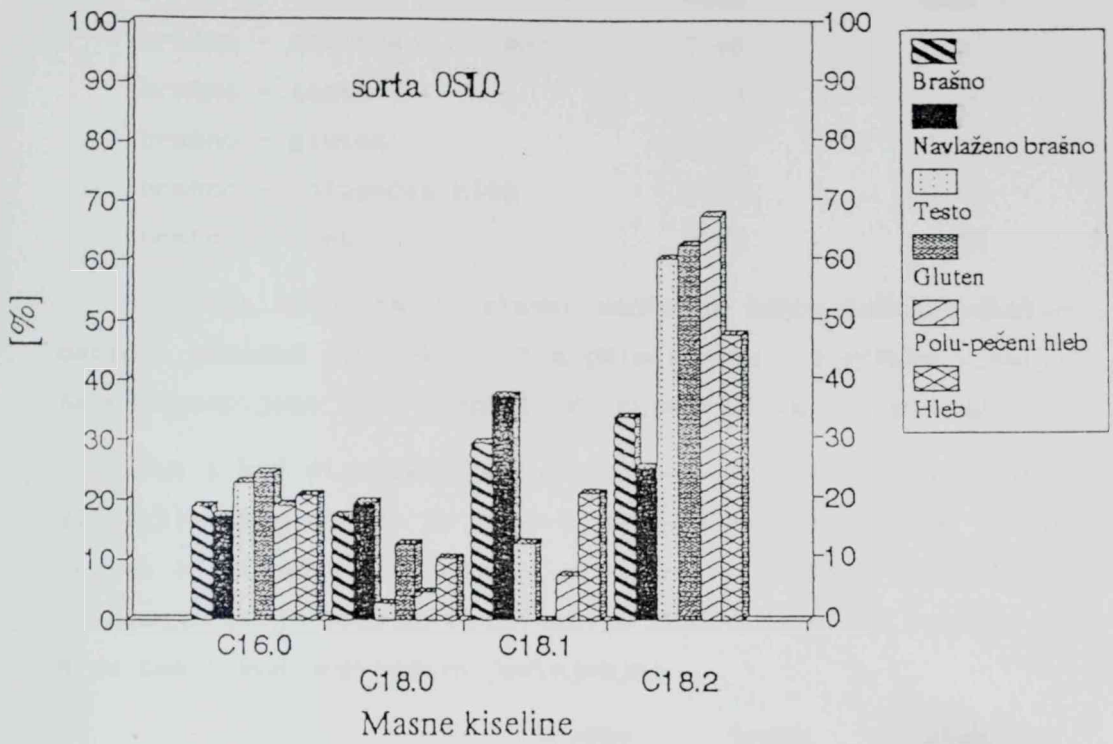
	Oslo	Len
brašno - navlaženo brašno	0,99	0,99
brašno - testo	0,99	0,99
brašno - gluten	0,99	0,99
brašno - polupečen hleb	0,97	0,98
brašno - hleb	0,95	0,99

Monogalaktozilmonogliceride brašna grade linolna, palmitska, oleinska i stearinska kiselina. Stearinska kiselina je u nepolarnim i ostalim polarnim lipidnim jedinjenjima bila prisutna u neznatnim količinama, tabele 17 do 22, sl. 26. Prema sadržaju pojedinih masnih kiselina 35 do 40 % monogalaktozilmonoglicerida grade zasićene masne kiseline a ostatak su molekuli koji u svom sastavu imaju jednu od nezasićenih masnih kiselina na mestu R na sl. 27.



Sl. 27 - Molekul monogalaktozilmonoglicerida (Morrison, 1978a)

Grafički prikaz promena sadržaja masnih kiselina koje ulaze u sastav monogalaktozilmonoglicerida, sl. 26, i koeficijentni korelacije između masnih kiselina u monogalaktozilmonoglicerida brašna, međufaznih produkata i hleba ukazuju na promene u vezivanju ovih jedinjenja tokom procesa proizvodnje hleba, bez obzira na vrstu masne kiseline u molekulu:



S1. 26 - Sadržaj masnih kiselina monogalaktozilmonoglicerida

	Oslo	Len
brašno - navlaženo brašno	0,69	0,47
brašno - testo	0,72	0,50
brašno - gluten	0,98	0,82
brašno - polupečen hleb	0,69	0,65
brašno - hleb	0,83	0,81

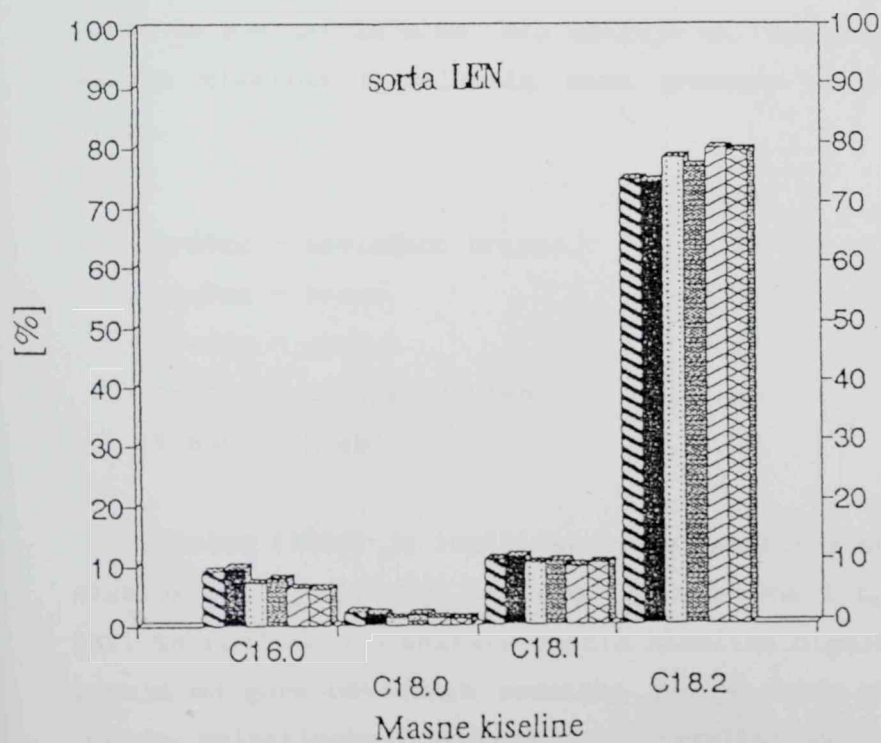
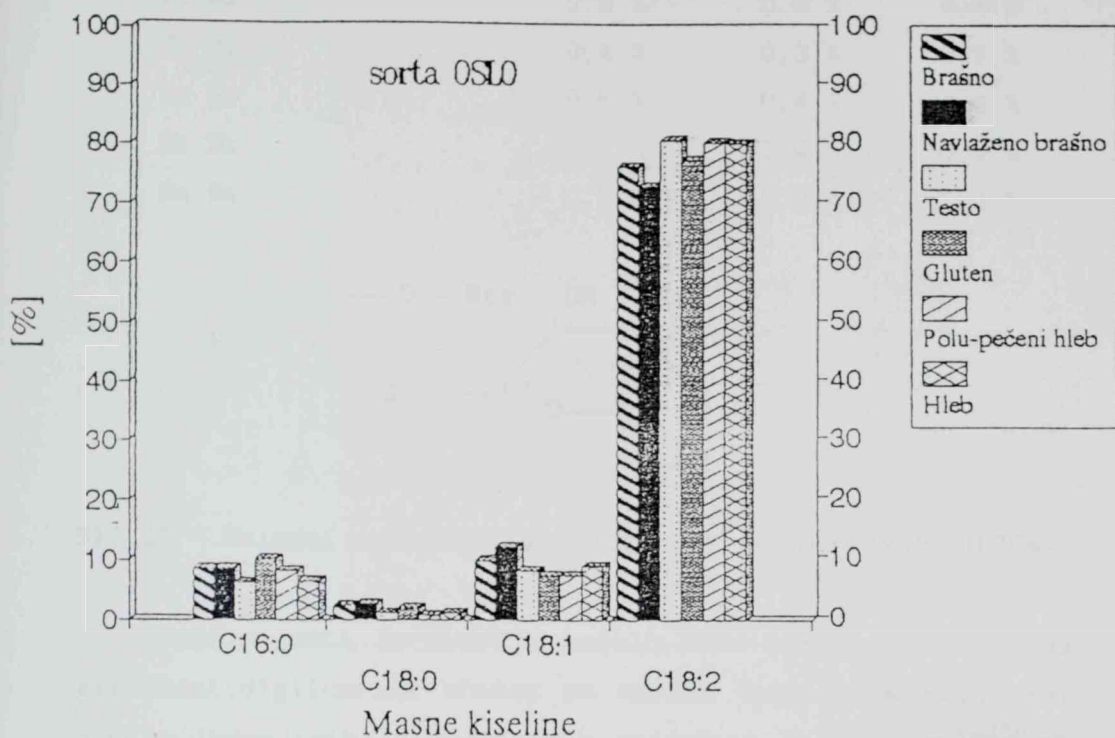
Linolna kiselina je glavni sastojak monogalaktozildiglicerida, odnosno čini oko 80 % a palmitinska i oleinska kiselina su zasupljene u po svega 10 %, tabele 17 do 22, sl. 28.

Kao i kod digalaktozildiglicerida u molekulu monogalaktozildiglicerida nalaze se po dve masne kiseline, sl. 29, te se javlja 16 mogućih kombinacija u molekulu. Najveću verovatnoću javljanja imaju sledeće kombinacije masnih kiselina (oznake za R su kao i kod prethodnih jedinjenja):

	brašno	testo	hleb
R3 R3	57,0 %	64,0 %	64,0 %
R1 R3	7,0 %	5,0 %	5,0 %
R2 R3	8,0 %	7,0 %	8,0 %
R3 R4	4,0 %	3,0 %	3,0 %

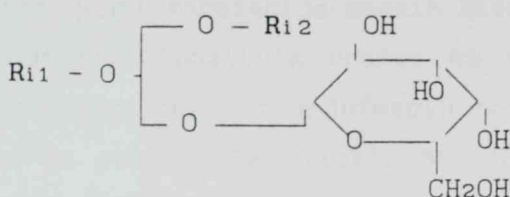
Zastupljenost pojedinih kombinacija masnih kiselina u molekulu se razlikuje u monogalaktozildigliceridima brašna u odnosu na molekule u testu i hlebu što je naročito izraženo u molekulima koji u svom sastavu imaju samo linolnu kiselinu. Ovakvi podaci mogu da ukažu na činjenicu da ovi monogalaktozildigliceridi igraju važnu ulogu u formiranju glutenske strukture testa.

Najmanje su zastupljeni molekuli monogalaktozildiglicerida koji u svom sastavu imaju sledeće kombinacije masnih kiselina:



Sl. 28 - Sadržaj masnih kiselina monogalaktosildiglicerida

	brašno	testo	hleb
R1 R2	0,9 %	0,6 %	0,6 %
R1 R4	0,4 %	0,3 %	0,3 %
R2 R4	0,5 %	0,4 %	0,4 %
R1 R1	0,8 %	0,4 %	0,4 %
R4 R4	0,3 %	0,2 %	0,2 %



Sl. 29 - Molekul monogalaktozildiglicerida (Morrison, 1978a)

Koeficijenti korelacije masnih kiselina u sastavu monogalaktozildiglicerida brašna sa masnim kiselinama ovih jedinjenja izdvojenih iz međufaznih produkata i hleba su kod obe sorte za sve uzorke 0,99, što ukazuje da, bez obzira na sastav masnih kiselina u molekulu nema promena tokom proizvodnje hleba.

	Oslo	Len
brašno - navlaženo brašno	0,99	0,99
brašno - testo	0,99	0,99
brašno - gluten	0,99	0,99
brašno - polupečen hleb	0,99	0,99
brašno - hleb	0,99	0,99

Mecham (1964) je ispitivao sastav masnih kiselina mono- i digalaktozil jedinjenja izdvojenih iz brašna i njegovi rezultati se razlikuju u sastavu masnih kiselina digalaktozil jedinjenja od gore navedenih podataka jer je dobio da je najveće učešće palmitinske kiseline a u rezultatima prikazanim na slikama 23 i 24 najveći udeo ima linolna kiselina.

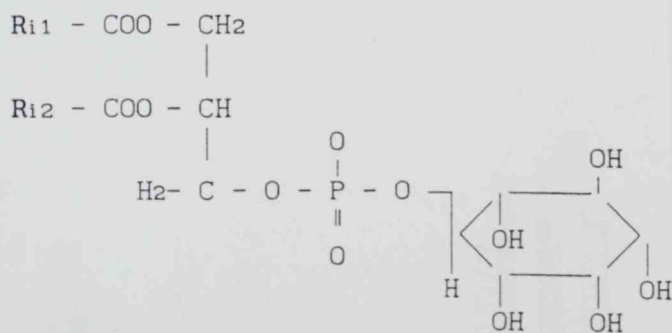
3.4.4.0 SASTAV MASNIH KISELINA U LIPIDNIM

JEDINJENJIMA EKSTRAHOVANIM IZ SKROBA

U molekulu lizofosfatidilinozitola prisutna su dva ostatka masne kiseline. Na osnovu rezultata iz tabela 23 do 28, sl. 30, udeo linolne kiseline je najveći - oko 60 % a udeo palmitinske kiseline 30 do 40 % u svim uzorcima.

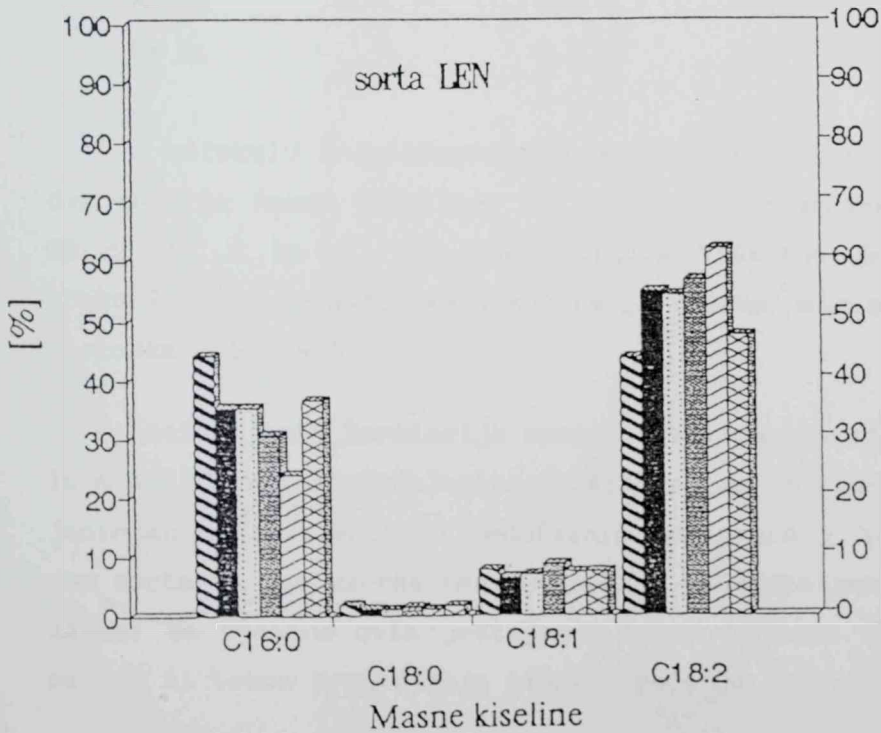
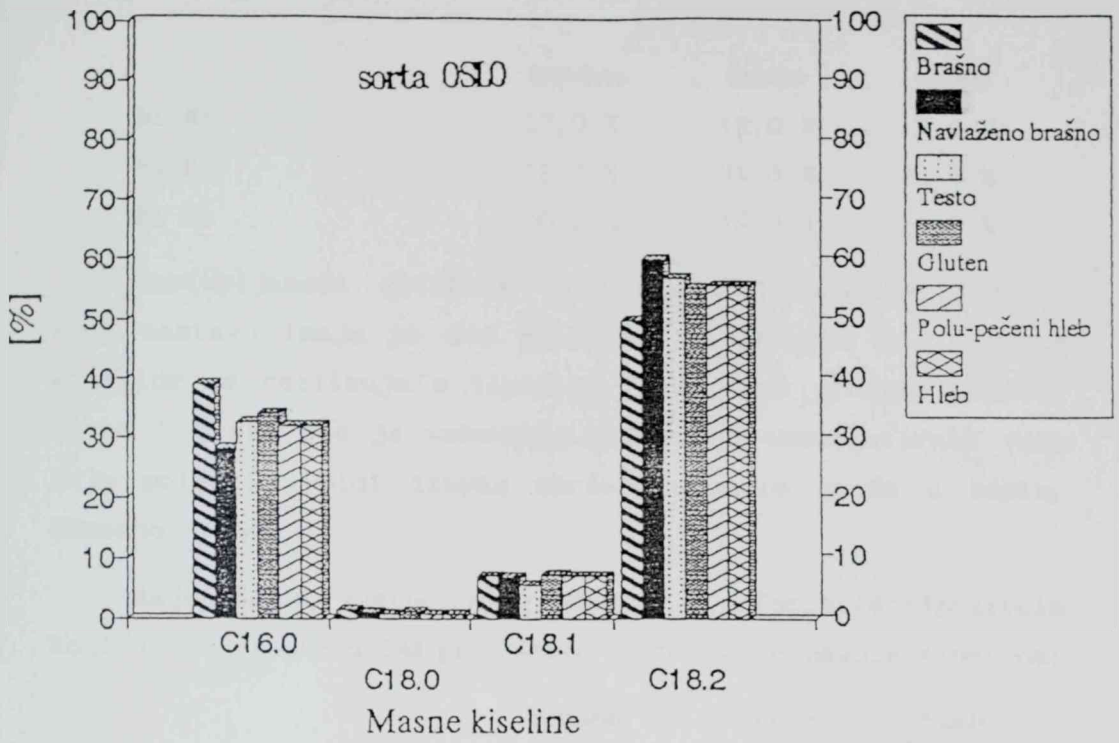
Koeficijenti korelacije masnih kiselina u sastavu molekula lizofosfatidilinozitola brašna sa masnim kiselinama ovih jedinjenja izdvojenih iz međufaznih produkata i hleba su kod obe sorte za sve uzorke visoki, što ukazuje da ne dolazi do promene ovih jedinjenja tokom procesa izrade hleba.

	Oslo	Len
brašno - navlaženo brašno	0,96	0,95
brašno - testo	0,98	0,96
brašno - gluten	0,99	0,92
brašno - polupečen hleb	0,98	0,96
brašno - hleb	0,98	0,98



Sl. 31 - Molekul lizofosfatidilinozitola (*Stauffer, 1996*)

Na osnovu sadržaja masnih kiselina i izgleda molekula lizofosfatidilinozitola, sl. 31, najveću verovatnoću javljanja imaju sledeće kombinacije masnih kiselina:



Sl. 30 - Sadržaj masnih kiselina lizofosfatidilinozitola

	brašno	testo	hleb
R1 R1	17,0 %	12,0 %	12,0 %
R3 R3	22,0 %	31,0 %	27,0 %
R1 R3	20,0 %	19,0 %	18,0 %

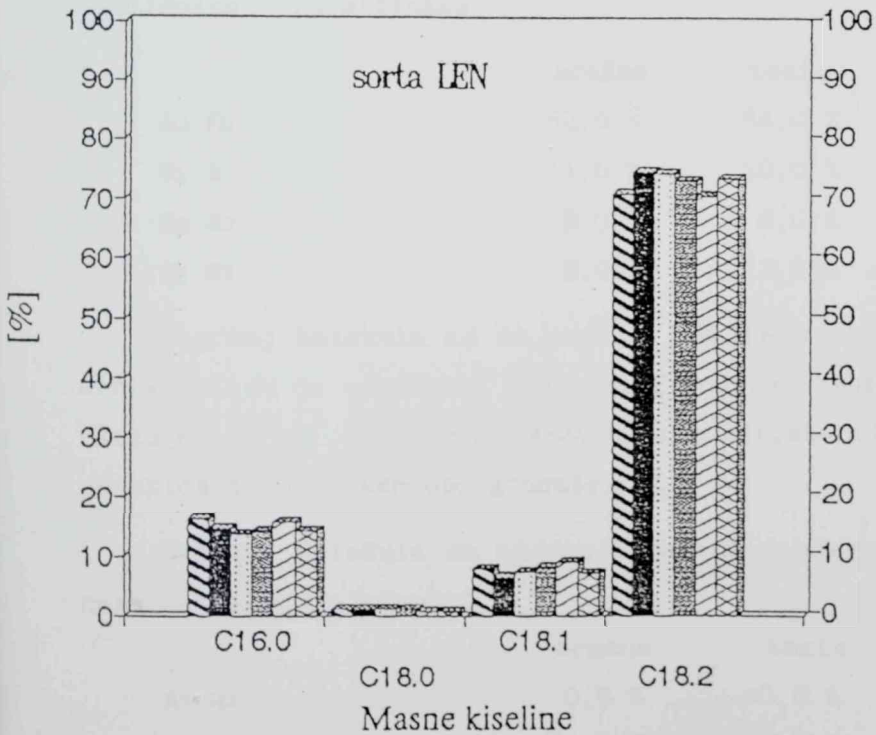
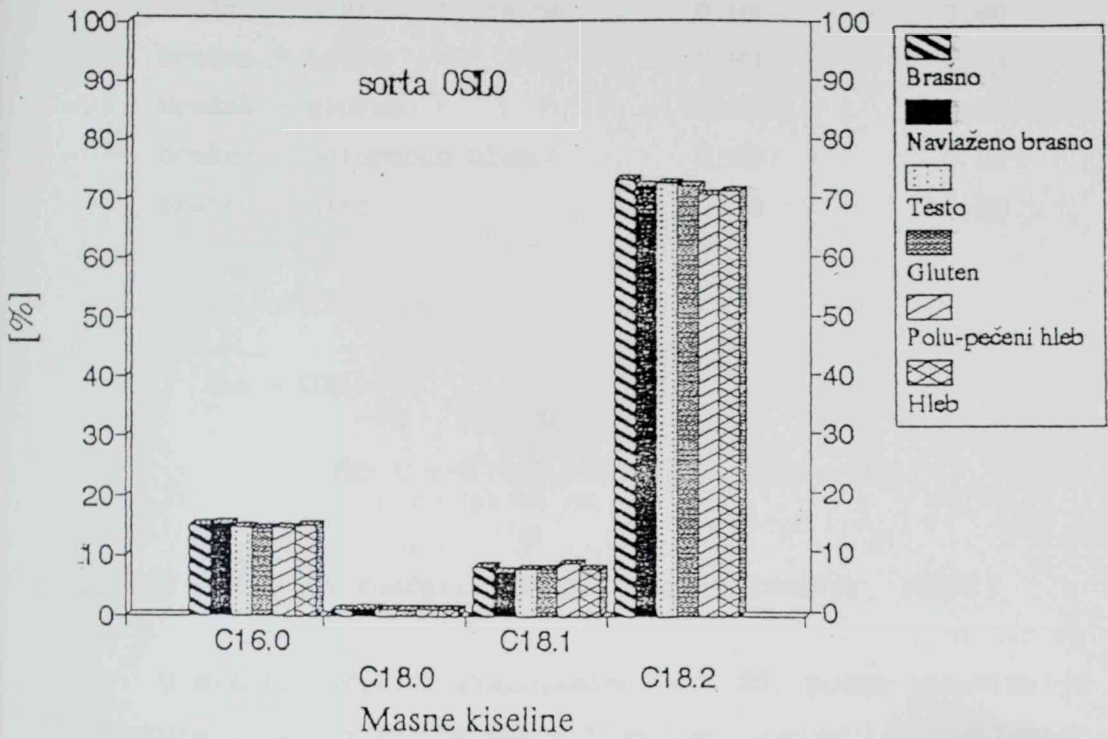
Zastupljenost molekula lizofosfatidilinozitola koji u svom sastavu imaju po dva molekula palmitinske ili linolne kiseline se razlikuje u lipidima iz skrobne granule brašna, testa i hleba što je verovatno posledica asocijativnih veza koje polarni lipidi izvan skrobne granule grade u testu, odnosno hlebu.

Najmanje su zastupljeni molekuli lizofosfatidilinozitola koji u svom sastavu imaju sledeće kombinacije masnih kiselina:

	brašno	testo	hleb
R2 R4	0,3 %	0,2 %	0,5 %
R2 R2	0,5 %	0,4 %	0,04 %
R4 R4	0,2 %	0,2 %	0,03

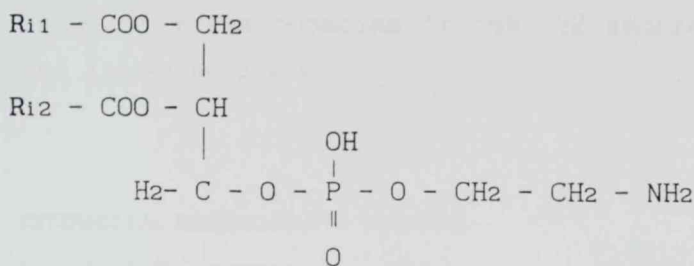
U molekulu N-acilfosatidiletanolamina prisutna su takođe dva ostatka masne kiseline, sl. 32. Prema podacima iz tabela 23 do 28, i sa sl. 33, udeo linolne kiseline je najveći - preko 70 %, a palmitinska kiselina je zastupljena u oko 15 % i oleinska u 6 - 8 %.

Koeficijenti korelacije masnih kiselina u sastavu molekula N-acilfosatidiletanolamina brašna sa masnim kiselinama ovih jedinjenja izdvojenih iz međufaznih produkata i hleba su kod obe sorte za sve uzorke veoma visoki - 0,99 što pokazuje da ne dolazi do promene ovih jedinjenja tokom procesa izrade hleba pa čak ni tokom progrevanja testa i pečenja.



Sl. 32 - Sadržaj masnih kiselina N-acilfosfatidiletanolamina

	Oslo	Len
brašno - navlaženo brašno	0,99	0,99
brašno - testo	0,99	0,99
brašno - gluten	0,99	0,99
brašno - polupečen hleb	0,99	0,99
brašno - hleb	0,99	0,99



Sl. 33 - Molekul fosfatidiletanolamina (Stauffer, 1996)

U N-acilfosfatidiletanolaminu, sl. 33, preko polovine je molekula u kojima su obe masne kiseline linolna ili kombinacija linolne i palmitinske:

	brašno	testo	hleb
R3 R3	52,0 %	54,0 %	53,0 %
R1 R3	11,0 %	10,0 %	11,0 %
R2 R3	6,0 %	6,0 %	5,0 %
R1 R1	2,0 %	2,0 %	2,0 %

Sadržaj molekula sa najzastupljenijim kombinacijama masnih kiselina je ujednačen u uzorcima brašna, testa i hleba što ukazuje da je izdvojeni N-acilfosfatidiletanolamin stvarno poreklom samo iz skrobne granule.

Sadržaj molekula sa najmanje zastupljenim masnim kiselinama je takode ujednačen:

	brašno	testo	hleb
R1 R4	0,6 %	0,6 %	0,8 %
R2 R4	0,3 %	0,3 %	0,4 %
R2 R2	0,7 %	0,6 %	0,5 %
R4 R4	0,2 %	0,2 %	0,3 %

U lipidnim jedinjenjima ekstrahovanim iz skroba pečenog hleba, tab. 28, tankolsojnom hromatografijom su se jasno razdvojile dve frakcije, označene f1 i f2 koje se najverovatnije posledica interakcije želatiniziranog skroba i lipida polarnog karaktera (Tester i Morrison, 1990; Stauffer, 1996). Prema sastavu masnih kiselina, frakcija f1 bi mogla da bude neki fosfolipid a frakcija f2 triglicerid ili monogalaktozilmonoglicerid, mada je prema podacima iz tab. 22 sadržaj palmitinske kiseline izuzetno visok.

3.4.5.0 INTERAKCIJA KOMERCIJALNIH DODATAKA

SA LIPIDNIM MATERIJAMA BRAŠNA

Prema Dubois-ovoj (1979) podeli komercijalnih dodataka koji imaju emulgujuća svojstva, sorbatmonostearat podjednako deluje i na osobine glutena kao i na retrogradaciju skroba i osobine sredine, a diacetilestri vinske kiseline i mono i diglicerida kao i natrijumlaktilat deluju prvenstveno na osobine glutena, iako mogu da poboljšaju i osobine sredine (Hameyer, 1987).

Razlike u delovanju tri vrste komercijalnih dodataka u testu od brašna T-500 razvijenom mehaničkim putem nisu velike, tab. 29 do 31, tako da se iz farinografskih podataka ne može prepoznati koji od primenjenih dodataka ima jače izraženo delovanje na gluten netretiranog brašna, ali svaki od ovih dodataka utiče na povećanje stepena omekšanja, odnosno menja elastično plastične osobine glutena koje treba da podnesu sve fizikohemijske promene tokom proizvodnog postupka proizvodnje hleba. Komercijalni dodatak koji deluje poboljšavajuće na glutensku strukturu, odnosno učvršćuje je, trebalo bi da povećava i moć upijanja vode, (Dubois, 1979), ali kod primenjenih dodataka razlike u moći upijanja vode se ne javljaju ili su male, odnosno, na nivou greške u radu te se ne mogu pripisati pozitivnom delovanju dodataka na glutensku strukturu. Prema

dobijenim rezultatima, promene na glutenskoj strukturi ne zavise od toga da li se komercijalni dodatak dodaje na početku ili tokom zamesa testa.

Uklanjanjem nepolarnih lipida a sa njima i malog dela lipida polarnog karaktera, kako je to pokazano u tabelama 5 i 11, u brašnu zaostaju fosfolipidi i glikolipidi koji aktivno učestvuju u formiranju glutenske strukture (Pomeranz, 1981; Morrison, 1994) tako da su pokazatelji kvaliteta na farinogramu nešto malo bolji nego kada je u pitanju netretirano brašno, tab. 29 do 31.

Unošenjem komercijalnih dodataka u testo od obezmašćenog brašna približno se postiže prvobitan nivo lipidnih materija u brašnu. Kao potvrda postojanja interakcije primenjenih komercijalnih dodataka sa glutenom su farinografske vrednosti koje su dostigle nivo kontrolnog (netretiranog) uzorka brašna kada su testu dodati sorbatmonostearat i natrijumlaktilat i njihova interakcija sa glutenom i lipidima brašna, koji su se tokom hidratacije transformisali u lamelarnu fazu (Morrison, 1994), ne zavisi od toga da li su dodati na početku ili tokom zamesa. Prema Chung-ovoj i sar., (1978b) u fazi obrazovanja testa dodatak emulgatora prekriva značaj nativnih lipida brašna a veličina ovog efekta zavisi od vrste emulgatora.

Efekat delovanja komercijalnih dodataka u hlebu zavisi od vrste i sastava dodatka, od njegove količine i tehnološkog kvaliteta brašna u kome treba da se ispolji poboljšavajuće delovanje što potvrđuju podaci iz tabela 32 do 34 (Pomeranz, 1981).

Sva tri dodatka, bilo da se primenjuju u minimalnoj (0,2 %) ili maksimalnoj količini (0,5 %), pozitivno deluju na parametre kvaliteta hleba: sorbitanmonostearat i diacetilestar vinske kiseline utiču na povećanje zapremine i poboljšanje kvaliteta sredine, međutim kod brašna uzorka 2 ti efekti su mnogo manji što je verovatno posledica drugačijeg tehnološkog

kvaliteta ovog brašna. Prema efektima delovanja ova dva dodatka su učvrstila glutensku strukturu čime su omogućili produženje zadržavanje gasa i duže narastanje u peći a time i veću zapreminu hleba (Shuster i Adams, 1984). Pravac delovanja natrijumlaktilata je sličan ali pozitivan uticaj na kvalitet sredine kod brašna uzorka 2 je veoma mali jer jonski karakter ovog dodatka ima mnogo veći efekat u uzorcima slabijeg tehnološkog kvaliteta (Stauffer, 1996).

U obezmašćenom uzorku brašna najveće poboljšanje kvaliteta hleba u celini postiže se dodatkom diacetilestra vinske kiseline a sorbatmonostearat čak pogoršava kvalitet hleba, tab. 32 i 33 jer za njegovo pravilno delovanje su verovatno potrebni nepolarni lipidi brašna. Imajući u vidu da je u ekstraktima nepolarnih lipida, tab. 8, stearinska kiselina zastupljena u manje od 5 %, može se pretpostaviti da bi dodatak tipa sorbatmonolinoleat pokazao veći poboljšavajući efekat u testu, jer bi po sastavu bio bliži masnim kiselinama koje su izdvojene.

Promene u kvalitetu hleba pokazuju da je vreme dodavanja komercijalnih dodataka veoma važno, tab. 32 do 34. Pravilni efekti njihovog delovanja mogu se postići samo ako se komercijalni dodaci doziraju u vreme obrazovanja testa kad ova jedinjenja pod dejstvom mehaničke energije imaju prostora da se pravilno uklope u složenu strukturu hlebnog testa i da tako ugrađeni omoguće lakšu obradivost i manipulaciju testom i da doprinesu boljem kvalitetu sredine.

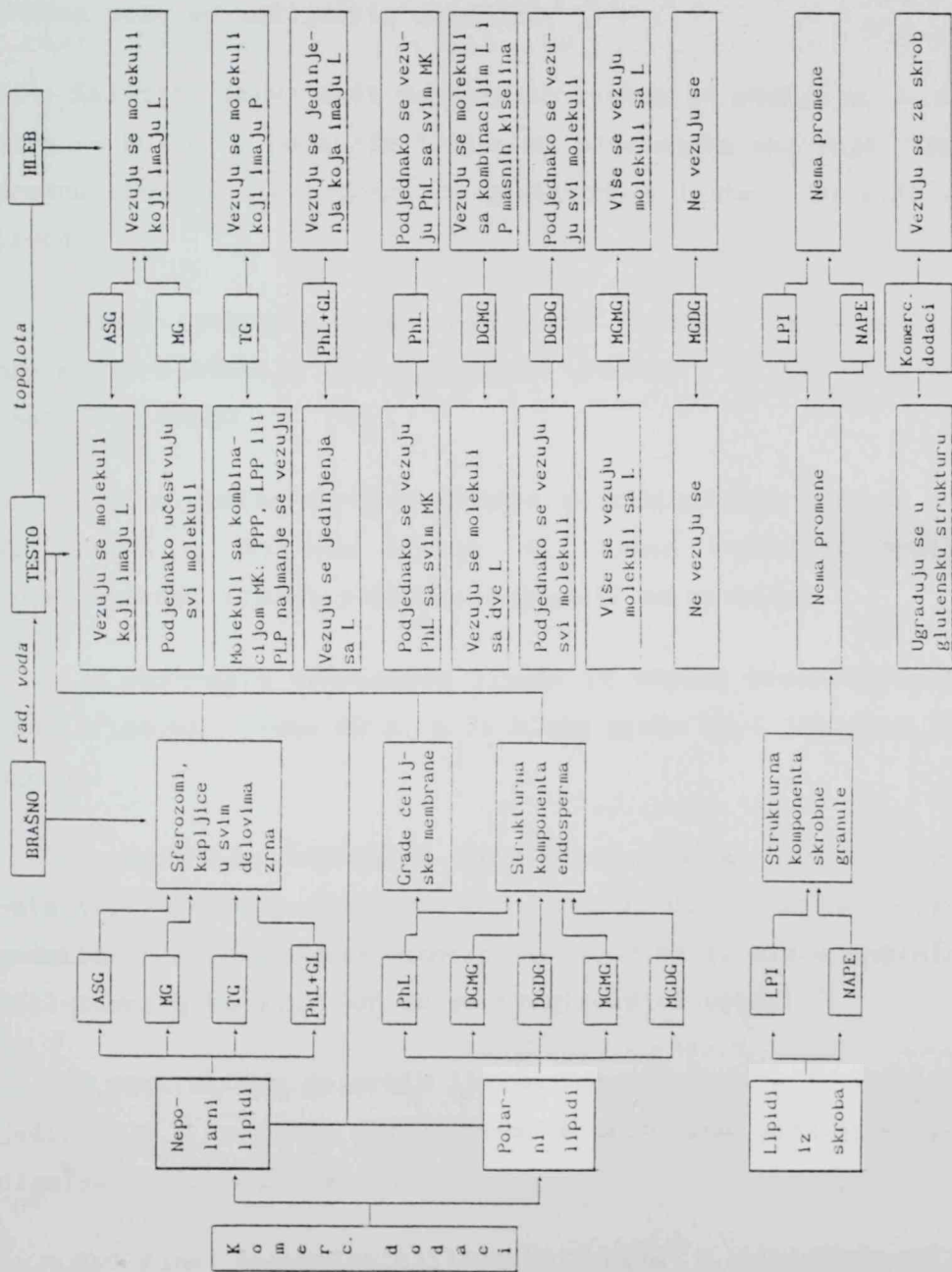
Veliki nedostatak većine komercijalnih dodatka je što se njihov sastav smatra poslovnom tajnom ili pak u mnogim lipidnim komponentama dodataka odabiraju se one masne kiseline koje olakšavaju napr. dodavanje, merenje ili čuvanje a trebalo bi veću pažnju posvetiti komplementarnosti lipidnih komponenata lipidnim jedinjenjima pšeničnog brašna čiji sastav na osnovu dosadašnjih saznanja ne zavisi mnogo od sorte pšenice.

3.4.6.0 MESTO I ULOGA LIPIDA BRAŠNA
U PROCESU IZRADE HLEBA

Sumirajući rezultate dobijene u ovom radu međuzavisnost lipidnih komponenata u ključnim fazama tehnološkog postupka izrade hleba može se prikazati šematski, sl. 34.

Legenda uz sl. 34:

- ASG - Acil-sterilglikozidi,
- MG - Monogliceridi,
- TG - Trigliceridi,
- PhI+GL - Fosfolipidi + glikolipidi,
- PhL - Fosfolipidi,
- DGMG - Digalaktozilmonogliceridi,
- DGDG - Digalaktozildigliceridi,
- MGMG - Monogalaktozilmonogliceridi,
- MGDG - Monogalaktozildigliceridi,
- LPI - Lizofosfatidilinozitol,
- NAPE - N-acilfosfatidiletanolamin,
- L - Linolna kiselina,
- P - Palmitinska kiselina,
- MK - Masne kiseline.



Sl. 34 - Uloga lipidnih frakcija brašna i komercijalnih dodataka u procesu izrade hleba.

4.0.0.0 ZAKLJUČCI

Ispitivanjem promene sastava lipidnih komponenata tokom ključnih faza proizvodnje hleba i interakcije emulgatora sa lipidima brašna može se zaključiti sledeće:

Količine izdvojenih nepolarnih lipida se smanjuju, a povećava se količina polarnih lipida sa povećanjem sadržaja vlage u brašnu, međufaznim produktima proizvodnje hleba i gotovom proizvodu.

Odnos polarnih prema nepolarnim lipidima menja se tokom procesa proizvodnje hleba. Najveće vrednosti su registrovane u testu i glutenu.

Lipidi unutar skrobne granule su zastupljeni u veoma malim količinama u nativnom brašnu, ali nakon toplotnog tretmana testa sadržaj lipida u skrobnoj granulici se povećava.

Iz ekstrakta nepolarnih lipida iz brašna kvantitativno je identifikovano preko 60 %, a iz hleba preko 40 % lipidnih jedinjenja.

U ekstraktu slobodnih nepolarnih lipida količine acilsterilglikozida i triglicerida u brašnu su približno jednake, međutim u ekstrahovanim nepolarnim lipidima iz hleba dominiraju acilsterilglikozidi jer su se trigliceridi vezali.

U ekstraktima polarnih lipida identifikovano je preko 60 % jedinjenja i količina fosfolipida je približno jednaka količini digalaktosilmonoglicerida.

Količine monogalaktosilmonoglicerida i monogalaktosildiglicerida su različite u ekstrahovanim polarnim lipidima u pojedinim fazama tehnološkog postupka proizvodnje hleba jer promenjeni uslovi sadržaja vlage i temperature utiču na njihovu

sposobnost interakcije sa sastojcima testa.

U lipidima unutar skrobne granule u brašnu, testu i polupečenom hlebu zastupljeni su samo lizofosfatidilinozitol i N-acilfosfatidiletanolamin sa približno jednakim udelima a u lipidima želatiniziranog skroba izdvajaju se još dve neidentifikovane lipidne komponente koje su rezultat inkorporiranja lipidnih materija u strukturu želatiniziranog skroba.

U nepolarnim lipidima brašna, međufaznim produktima i hlebu identifikovano je 98 % masnih kiselina, a među njima linolna, palmitinska i oleinska kiselina čine preko 90 %.

U polarnim lipidima svih uzoraka identifikovano je oko 98 % masnih kiselina a najveći je udeo linolne kiseline koji iznosi preko 65 %.

U lipidima unutar skrobne granule udeo linolne kiseline je 45 do 60 % a udeo stearinske kiseline od 20 do 30 %, što se razlikuje od sastava masnih kiselina nepolarnih i polarnih lipida izvan skrobne granule.

U nepolarnim lipidima izvan skrobne granule identifikovani su fosfo- i glikolipidi, acil-sterilglikozidi, monogliceridi i trigliceridi. Sastav masnih kiselina fosfolipida, glikolipida i acil-sterilglikozida je različit u brašnu, međufaznim produktima i hlebu što je posledica njihovog inkorporiranja u strukturu testa, naročito jedinjenja koja u svom sastavu imaju linolnu kiselinu. U obrazovanju glutenske strukture učestvuju podjednako monogliceridi sa svim masnim kiselinama, međutim na povišenim temperaturama više se vezuju monogliceridi koji u svom sastavu imaju linolnu kiselinu.

Sastav masnih kiselina triglicerida pšeničnog brašna je različit. U ovim ispitivanjima postoji preko 500 kombinacija rasporeda masnih kiselina u molekulu a najverovatnija struktura je ona u kojoj su tri molekula palmitinske kiseline međutim u

testo se bolje ugrađuju molekuli koji u sastavu imaju kombinaciju drugih masnih kiselina.

U ekstraktu polarnih lipida izvan skrobne granule u sastavu fosfolipidnih jedinjenja i digalaktozilmonoglicerida dominira linolna, a zatim slede palmitinska i oleinska kiselina.

Galaktozilgliceride grade samo linolna, palmitinska, oleinska, palmitinska i linolenska kiselina. Preko 50 % digalaktozildiglicerida i oko 60 % monogalaktozildiglicerida u svom sastavu ima po dva molekula linolne kiseline, a oko 40 % monogalaktozilmonoglicerida grade zasićene masne kiseline.

Lipide unutar skrobne granule čine lizofosfatidilinozitol koji u svom sastavu ima palmitinsku, oleinsku ili kombinaciju ove dve kiseline i N-acilfosfatidiletanolamin koji sa verovatnoćom od preko 50 % u svom sastavu ima samo linolnu kiselinu.

Na osnovu sastava masnih kiselina u lipidnim jedinjenjima i računa verovatnoće može se pretpostaviti najverovatnija strukturna formula datog jedinjenja u ekstrahovanim lipidima a na osnovu promena sastava i strukture može se izvesti zaključak o ulozi jedinjenja date strukture u pojedinim fazama proizvodnog postupka izrade hleba.

Delovanje komercijalnih dodataka u testu i hlebu zavisi od vrste, sastava i količine dodatka i kvaliteta brašna kome se dodaje. Poboljšavajući efekti se mogu zapaziti samo ako se dodatak dozira na početku zamesa ili tokom formiranja glutena, odnosno tokom razvoja testa.

Nepolarni lipidi brašna tokom razvoja testa stupaju u interakciju sa komercijalnim dodacima a način njihovog međusobnog vezivanja zavisi od vrste dodatka i sastava njegove lipidne komponente.

Komercijalni dodaci najčešće u svom sastavu imaju stearin-

sku kiselinu koja se vezuje za amilozu i usporava retrogradaciju skroba, međutim dodaci koji treba da učvrste strukturu glutena trebalo bi da su po sastavu masnih kiselina bliži masnim kiselinama lipida brašna.

Lipidna jedinjenja svojim različitim hemijskim osobinama i heterogenim sastavom masnih kiselina omogućuju pravilno obrazovanje i stabilizovanje specifične penaste strukture testa a komercijalnim dodacima pružaju potporu za njihovo delovanje.

5.0.0.0 LITERATURA

AACC Approved methods.

- AL SALEH A., MARION D., GALLANT D.: Microstructure of Mealy and Vitreous Wheat Endosperms (*Triticum durum* L.) with Special Emphasis on Location and Polymorphic Behaviour of Lipids, *Food Microstruct.* 5 (1986) 131-140.
- AKOKA S., TELLIER C., Le ROUX C., MARION D.: A Phosphorus Magnetic Resonance Spectroscopy and a Differential Scanning Calorimetry Study of the Physical Properties of N-acylphosphatidylethanolamines in Aqueous Dispersions, *Chem. Phys. Lipids*, 46 (1988) 43-50.
- ARÉAS J.A.G.: Effect of Lipid-Protein Interactions on Hydration Characteristics of Defatted Offal Protein Isolates, *Journal of Food Sci.* 51 (1986) 4, 880-882.
- AUST K.R., DOERRY W.T.: Use of Monoglyceride - Lecithin Blend as a Dough Conditioner in Pan Bread, *Cereal Foods World*, 37, (1992) 9, 702-706.
- BÉKÉS F., SMIED I.: Assay into the Protein-Lipid Complexes of Wheat Flour Soluble in Petroleum Ether, *Acta Alimentaria*, 10 (1981) 3, 229-253.
- BÉKÉS F.: Study of Purothionin Analogues of Certain Cereals, *Acta Alimentaria*, 10 (1981) 4, 343-356.
- BÉKÉS F., ZAWISTOWSKA U., ZILLMAN R., BUSHUK W.: Prediction of Breadmaking Quality of Wheat Cultivars from Lipid Content and Composition, *Cereal Foods World*, 28 (1983a) 565-574.
- BÉKÉS F., ZAWISTOWSKA U., BUSHUK W.: Protein-Lipid Complexes in the Gliadin Fraction, *Cereal Chem.* 60 (1983b) 5, 371-378.
- BÉKÉS F., ZAWISTOWSKA U., BUSHUK W.: Lipid-Mediated Aggregation of Gliadin, *Cereal Chem.* 60 (1983c) 5 379-380.
- BÉKÉS F., ZAWISTOWSKA U., ZILLMAN R.R., BUSHUK W.: Relationship between Lipid Content and Composition and Loaf Volume of Twenty-Six Common Spring Wheats, *Cereal Chem.* 63 (1986) 4, 327-331.
- BLOKSMA A.H.: Rheology of the Breadmaking Process, Lecture presented at the 8 th International Cereals and Bread Congress, Lausanne, May (1988), 1 - 47, (private communication).
- CHUNG O.K., POMERANZ Y., FINNEY K.F.: Wheat Flour Lipids in Breadmaking, *Cereal Chem.* 55 (1978a) 5, 598-618.

- CHUNG O.K., POMERANZ Y., FINNEY K.F.: Surfactants as Replacements for Natural Lipids in Bread Baked from Defatted Wheat Flour, *J. Am. Oil. Chem. Soc.* 55 (1978b) 635-641.
- CHUNG O.K., POMERANZ Y., HWANG E.C.: Protein Dispersibility in Differentiation between Satisfactory and Inferior Breadmaking, High Yielding European Wheats, *Cereal Food World*, 26 (1981) 496-502.
- CHUNG O. K., POMERANZ Y.: Recent Research on Wheat Lipids, *Baker's Dig.* (1981) 5, 38-50, 55, 90.
- CHUNG O.K.: Lipid-Protein Interactions in Wheat Flour, Dough, Gluten and Protein Fractions, *Cereal Foods World*, 31 (1986) 3, 242-255.
- DAFTARY R.D., POMERANZ Y., SHOGREN M., FINNEY K.F.: Functional Bread-Making Properties of Wheat Flour Lipids, 2. The Role of Flour Lipid Fractions in Bread-Making, *Food Technology*, 22 (1968) 3, 79-82.
- DUBOIS D.K.: Dough Strengtheners and Crumb Softeners: I Definition and Classification, *AIB Bulletin*, 1 (1979) 4, 1-4.
- FISHER N., REDMAN D.G., ELTON G.A.H.: Fractionation and Characterization of Purothionin, *Cereal Chem.* 45 (1968) 1, 48-57.
- FISHER N., BELL B.M., RAWLING C.E.B.: Lipid Binding in Flour, Dough and Bread, *J.Sci. Fd. Agric.* 24 (1973) 147-155.
- FRAZIER P.J., SHEARING K.M., DANIELS N.W.R.: Lipoprotein Formation during Dough Mixing, *Proceedings 7th World Cereal and Bread Congress*, Prague, (1982) p. 831-836.
- FRAZIER P.J.: Lipid-Protein Interactions During Dough Development, Chapt, 9 in *Lipids in Cereal Technology*, ed. by P.J. Barnes, (1983), Academic Press, London.
- FRAZIER P.J., SHEARING K.M., DANIELS N.W.R., RUSSEL EGGITT P.W.: The ligolin lipid-protein Complex in Gluten, Gluten proteins, *Proceedings of the 2nd International Workshop on Gluten Proteins*, May (1984), Wageningen, pp 91-100.
- FRENCH F.D., FISH A.R.: High Speed Mechanical Dough Development, *Baker's Dig.* (1983) 4, 95-97.
- FULLINGTON J.G.: Lipid - Protein Interaction, *Baker's Dig.* (1969) 6, 34-38.
- GLASS R.L.: Flour Lipids and Breadmaking, *Baker's Dig.* (1962) 6, 40-42, 92.
- GOMES AREAS J. A.: Effect of Lipid-Protein Interactions on Hydration Characteristics of Deffated Offal Protein

- Isolates, *Journal of Food Science*, 51 (1986) 4, 880-882.
- GROSSKREUTZ J.C.: A Lipoprotein Model of Wheat Gluten Structure, *Cereal Chem.* 38 (1961) 4, 336-348.
- HADŽIVUKOVIĆ S.: *Statistika*, (1979), IRO Rad, Beograd.
- HAMEYER P.: Emulgatori u pekarskim proizvodima, *Žito-hleb*, 14 (1987) 3, 81-87.
- HARGIN K.D., MORRISON W.L.: The Distribution of Acyl Lipids in the Germ, Aleurone, Starch and Non-starch Endosperm of Flour Wheat Varieties, *J. Sci. Food Agric.* 31 (1980) 877-888.
- JACOBSBERG F.R., WORMAN S.L., DANIELS N.W.R.: Lipid Binding in Wheat-flour Doughs: The Effect of DATEM Emulsifier, *J. Sci. Fd. Agric.* 27 (1976) 1064-1070.
- KALUĐERSKI G., FILIPOVIĆ N.: *Metode ispitivanja kvaliteta brašna, pekarskih i testeničarskih proizvoda*, (1990), IP Cvetnik, Novi Sad.
- KIM S.K., D'APPOLONIA B.L.: The Role of Wheat Flour Constituents in Bread Staling, *Baker's Digest*, 51 (1977) 1, 38-42, 44, 57.
- KOKLAAR J.J., PRINS A.: Surface Rheological Properties of Bread Dough Components in Relation to Gas Bubble Stability, *Journal of Cereal Science*, 22 (1995) 53-61.
- KROG N.: Theoretical Aspects of Surfactants in Relation to Their Use in Breadmaking, *Cereal Chem.* 58 (1981) 3, 158-164.
- KULP K.: Staling of Bread, *AIB Technical Bulletin*, 1 (1979) 8, 1-7.
- LÁSZTITY R., BÉKÉS F., NEDELKOVITS J., VARGA J.: Investigation of the Complex Proteins of Wheat, *Acta Chimica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 101 (1979) 3, 281-296.
- LÁSZTITY R.: Lipoproteini žita, *Žito-hleb*, 10 (1983) 5, 183-189.
- LÁSZTITY R., ÖRSI F., BÉKÉS F.: Uloga interakcije proteina sa ugljenim hidratima i lipidima u tehnologiji prerade žita, *Žito-hleb*, 12 (1985) 2, 51-56.
- MacRITCHIE F.: Flour Lipids and Their Effects in Baking, *J. Sci. Fd. Agric.* 28 (1977), 53-58.
- MacRITCHIE F.: Flour Lipids: Theoretical Aspects and Functional Properties, *Cereal Chem.* 58 (1981) 3, 156-158.
- MacRITCHIE F.: Role of Flour Lipids in Baking, Chapt. 8 in *Lipids in Cereal Technology*, ed. by P.J. Barnes (1983), Academic Press, London.
-

- MARION D., Le ROUXL C., AKOKA S., TELLIER C., GALLANT D.: Lipid-Protein Interaction in Wheat Gluten: A Phosphorus Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy and Freeze-Fracture Electron Microscopy Study, *J. Cereal Sci.* 5 (1987) 101-115.
- MATSUO R.R., DEXTER J.E., BOUDREAU A., DAUN J.K.: The Role of Lipids in Determining Spaghetti Cooking Quality, *Cereal Chem.* 63 (1986) 6, 484-489.
- MECHAM D.K.: *Lipids*, Chapt. 4 in *Wheat, Chemistry and Technology*, ed. by Y. Pomeranz, (1964), AACC Inc. St. Paul Minn.
- MEREDITH P., DENGATE H.N., MORRISON W.R.: The Lipids of Various Sizes of Wheat Starch Granules, *Stärke/Starch*, 30 (1978) 4, 119-125.
- MORRISON W.R., MANN D.L., SOON W., COVENTRY A.M.: Selective Extraction and Quantitative Analysis of Non-Starch and Starch Lipids from Wheat Flour, *J. Sci. Fd. Agric.* 26 (1975) 507-521.
- MORRISON W.R.: Cereal Lipids, Chapt. 4 in *Advances in Cereal Science and Technology II*, ed. by Y. Pomeranz, (1978a), AACC Inc. St. Paul Minn.
- MORRISON W.R.: Lipids in Cereal Starches: A Review, *Journal of Cereal Science*, 8 (1978b) 1-15.
- MORRISON W.R., TAN S.L., HARGIN K.D: Methods for the Quantitative Analysis of Lipids in Cereal Grains and Similar Tissues, *J. Sci. Food Agric.* 31 (1980) 329-340.
- MORRISON W.R., HARGIN K.D.: Distribution of Soft Wheat Kernel Lipids into Flour Milling Fractions, *J. Sci. Food Agric.* 32 (1981) 579-587.
- MORRISON W.R., COVENTRY A.M., BARNES P.J.: The Distribution of Acyl Lipids and Tocopherols in Flours Millstreams, *J. Sci Food Agric.* 33 (1982) 925-933.
- MORRISON W.R., COVENTRY A.M.: Extraction of Lipids from Cereal Starches with Hot Aqueous Alcohols, *Stärke/Starch*, 37 (1985) 3, 83-87.
- MORRISON W.R.: Lipids, In *Wheat: Chemistry and Technology Vol. I*, ed. by Y. Pomeranz, (1988) AACC Inc., St. Paul Minn.
- MORRISON W.R., LAW C.N., WYLIE L.J., COVENTRY A.M. SEEKINGS J.: The Effect of Group 5 Chromosomes on the Free Polar Lipids and Breadmaking Quality of Wheat, *J. Cereal Sci.* 9 (1989).
- MORRISON W.R. Wheat Lipids: Structure and Functionality. Chapt. 9 in *Wheat, Production, Properties and Quality*, ed.
-

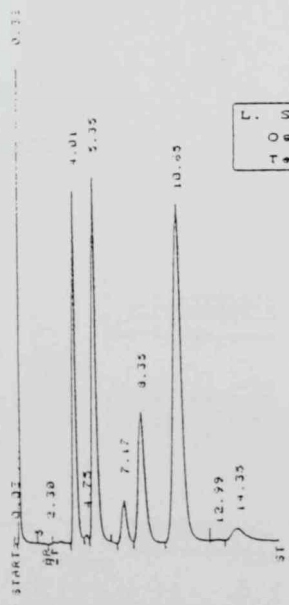
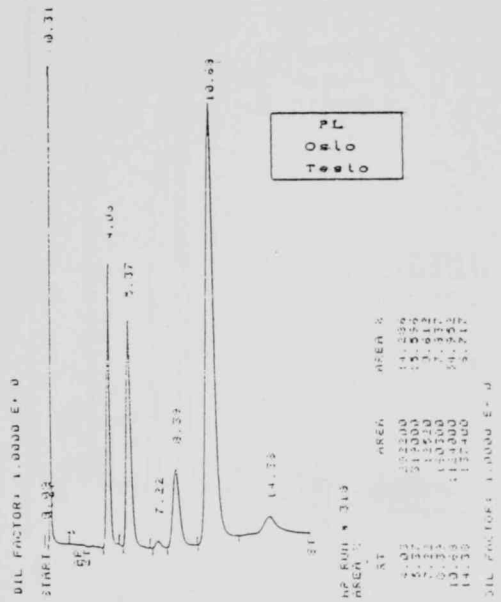
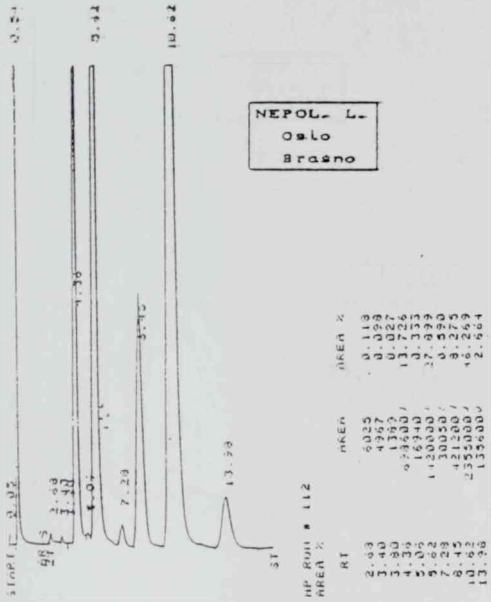
by W. Bushuk and V.F. Rasper (1994), Chapman & Hall, Glasgow.

- NEČAEV A.P., SANDLER Ž.Q.: *Lipidi zerna*, (1975), Kolos, Moskva.
- NICOLAS J., DRAPRON R.: Lipoxygenase and Some Related Enzymes in Breadmaking, Chapt. 10, in *Lipids in Cereal Technology*, ed. by P.J. Barnes, (1983) Academic Press, London.
- NIMMO C.C., O'SULLIVAN M.T., BERNARDIN J.E.: The Relation of a "Globulin" Component of Wheat Flour to Purothionin, *Cereal Chem.* 45 (1968) 1, 28-36.
- NIERLE W., ELBAYA A.W.: Lipoproteini u brašnu i testu, *Žito-hleb*, 12 (1985) 5-6, 183-189.
- OŠTRIĆ MATIJAŠEVIĆ B., TURKULOV J.: *Tehnologija ulja i masti, I deo*, (1980) Tehnološki Fakultet Novi Sad.
- PRICE P.B., PARSON J.: Distribution of Lipids in embryonic axis, bran-endosperm and hull fractions of hullless barley and hullless oat grain, *J. Agric. Food Chem.* 27 (1979) 813-815.
- PRIETO J.A., EBRI A., COLLAR C.: Optimized Separation of Nonpolar and Polar Lipids Classes from Wheat Flour by Solid - Phase Extraction, *JAACS*, 69 (1992) 4, 387-391.
- POMERANZ Y., SHOGREN M., FINNEY K.F.: Functional Bread-Making Properties of Wheat Flour Lipids, 1. Reconstitution Studies and Properties of Deffated Flours, *Food Technology*, 22 (1968) 3, 76-79.
- POMERANZ Y.: Glycolipid-Protein Interaction in Breadmaking, *Baker's Dig.* (1971) 1, 26-31, 58.
- POMERANZ Y., CHUNG OK.: Interaction of Lipids with Proteins and Carbohydrates in Breadmaking, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 55 (1978) Feb., 285-289.
- POMERANZ Y.: What? How Much? Where? What Function in Bread Making, *Cereal Food World*, 25 (1980) 10, 656-662.
- POMERANZ Y.: Wrap-Up of Symposium on Theory and Application of Lipid-Related Materials in Breadmaking: Today and Tomorrow (Not Yesterday), *Cereal Chem.* 58 (1981) 3, 190-193.
- POMERANZ Y.: Molecular Approach to Breadmaking: An Update and New Perspectives, *Baker's Digest*, 57 (1983) 4, 72-86.
- POMERANZ Y.: Wheat Flour Lipids - What They Can and Cannot Do in Bread, *Cereal Foods World*, 30 (1985) 7 443-446.
- PRAVILNIK O METODAMA FIZIČKIH I HEMIJSKIH ANALIZA ZA KONTROLU KVALITETA ŽITA, MILINSKI I PEKARSKIH PROIZVODA, TESTENINA I BRZO SMRZNUTIH TESTA, Sl. list SFRJ 41,

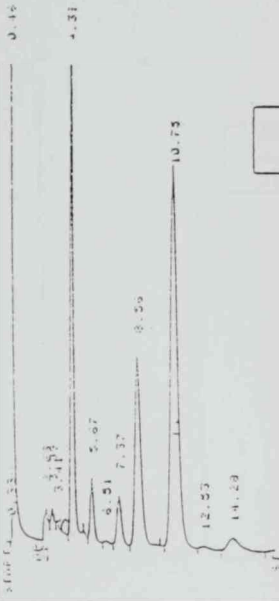
(1987).

- PYLER E.J.: *Baking Science and Technology*, (1983), Siebel Publishing Company, Chicago Ill.
- RAPHAELIDES S.N.: Flow Behaviour of Starch-Fatty Acid Systems in Solution, *Lebensm. Wiss. u. Technol.*, 25 (1992) 1-7.
- ROSE S.P.: Bakery Utilisation of Polyglycerol Esters, *European Food & Drink Review*, (1990) 3, 57-58.
- SHIIBA K., NEGISHI Y., OKADA K., NAGAO S.: Purification and Characterization of Lipoxygenase Isoenzymes from Wheat germ, *Cereal Chem.* 68 (1991) 115-122.
- SCHUSTER G., ADAMS W.F.: Emulsifiers as Additives in Bread and Fine Products, Chapt. 4 in *Advances in Cereal Science and Technology*, Vol. VI, (1984), AACC Inc. St. Paul Minn.
- SKARSAUNE S.K., YOUNGS V.L., GILLES K.A.: Changes in Wheat Lipids during Seed Maturation. II Changes in Lipid Composition, *Cereal Chem.* 47 (1970) 533-544.
- STAUFFER C.E.: *Fats and Oils*, (1996) Eagan Press, St. Paul Minn.
- ŠARIĆ M., GRUBOR M., MILUTINović N., GNIP M., FILIPOVIĆ N.: Tehnološki kvalitet novih jugoslovenskih sorti pšenice, *Žito-hleb*, 22 (1995) 5, 93-100.
- TESTER R.F., MORRISON W.R.: Swelling and Gelatinization of Cereal Starches. I Effects of Amylopectin, Amylose and Lipids, *Cereal Chem.*, 67 (1990) 551-557.
- TESTER R.F., SOUTH J.B., MORRISON W.R., ELLIS R.P.: The Effects of Ambient Temperature during the Grain Filling Period on Composition and Properties of Starches from Four Barley Genotypes, *J. Cereal Sci.* 13 (1991) 113-127.
- WEHRLI H.P., POMERANZ Y.: A Note on the Interaction between Glycolipids and Wheat Flour Macromolecules, *Cereal Chem.* 47 (1970) 2, 159-169.
- WOOTTON M.: Binding and Extractability of Wheat Flour Lipid after Dough Formation, *J. Sci. Fd. Agric.* 17 (1966) 297-300.
- ZAWISTOWSKA U., BÉKÉS F., BUSHUK W.: Intercultivar Variations in Lipid Content, Composition and Distribution and Their Relation to Baking Quality, *Cereal Chem.* 61 (1984) 6, 527-531.

6.0.0.0 PRILOZI



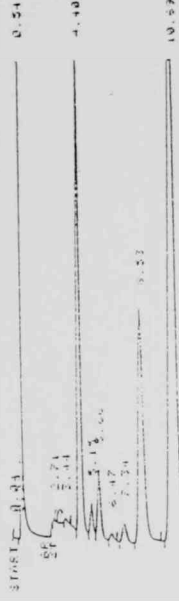
Sl. 35 - Karakteristični hromatogrami masnih kiselina osnovnih vrsta lipida.



HP RUN # 7
AREA %

RT	AREA	AREA %
0.33	175.00	0.027
3.21	151.00	0.024
3.41	387.00	0.061
4.31	1250.00	2.031
5.74	154.00	0.025
6.51	154.00	0.025
7.37	154.00	0.025
8.59	154.00	0.025
10.73	154.00	0.025
12.33	154.00	0.025
14.23	154.00	0.025

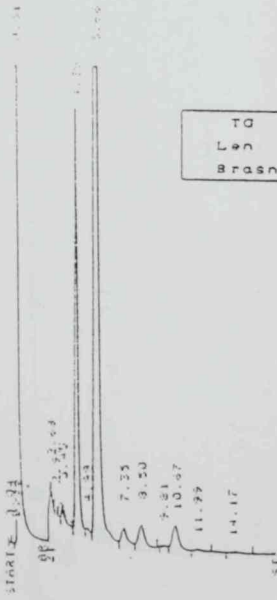
DIL FACTOR: 1.0000 E+3



HP RUN # 72
AREA %

RT	AREA	AREA %
0.34	175.00	0.027
3.21	151.00	0.024
3.41	387.00	0.061
4.31	1250.00	2.031
5.74	154.00	0.025
6.51	154.00	0.025
7.37	154.00	0.025
8.59	154.00	0.025
10.73	154.00	0.025
12.33	154.00	0.025
14.23	154.00	0.025

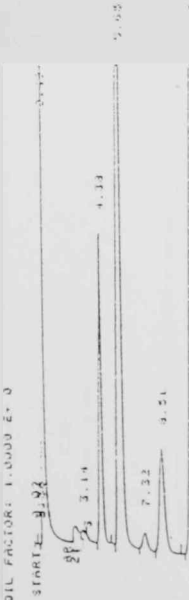
DIL FACTOR: 1.0000 E+3



HP RUN # 74
AREA %

RT	AREA	AREA %
0.34	175.00	0.027
3.21	151.00	0.024
3.41	387.00	0.061
4.31	1250.00	2.031
5.74	154.00	0.025
6.51	154.00	0.025
7.37	154.00	0.025
8.59	154.00	0.025
10.73	154.00	0.025
12.33	154.00	0.025
14.23	154.00	0.025

DIL FACTOR: 1.0000 E+3

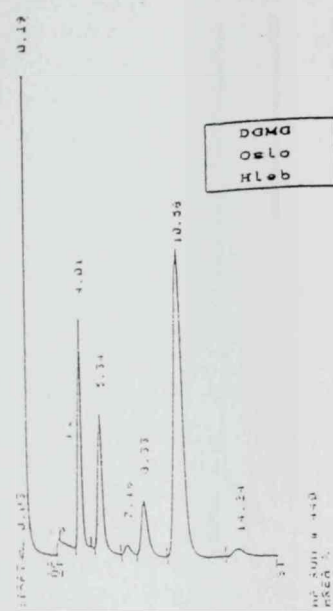


HP RUN # 55
AREA %

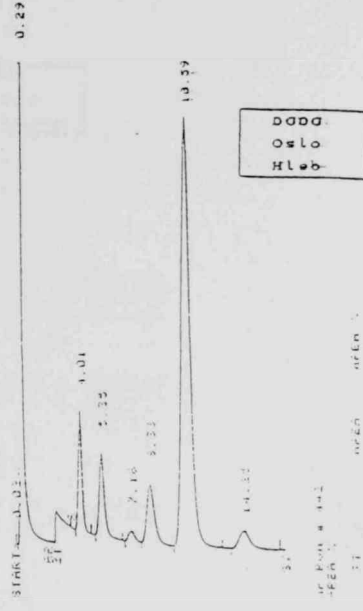
RT	AREA	AREA %
0.34	175.00	0.027
3.21	151.00	0.024
3.41	387.00	0.061
4.31	1250.00	2.031
5.74	154.00	0.025
6.51	154.00	0.025
7.37	154.00	0.025
8.59	154.00	0.025
10.73	154.00	0.025
12.33	154.00	0.025
14.23	154.00	0.025

DIL FACTOR: 1.0000 E+3

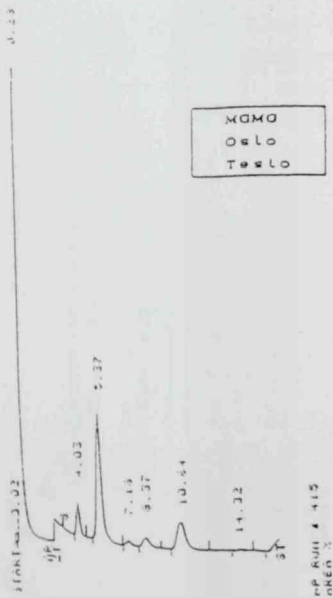
Sl. 36 - Karakteristični hromatogrami masnih kiselina frakcija nepolarnih lipida



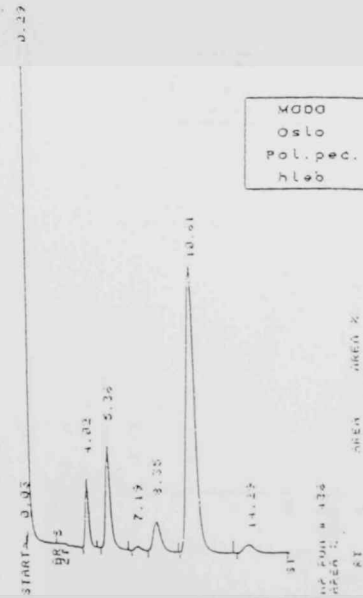
RT	AREA	AREA %
4.03	343000	17.217
5.34	151100	7.629
7.19	181100	9.192
9.33	121100	6.129
10.39	121100	6.129
14.34	121100	6.129



RT	AREA	AREA %
4.01	121100	6.129
5.33	121100	6.129
7.18	121100	6.129
9.33	121100	6.129
10.39	121100	6.129
14.32	121100	6.129

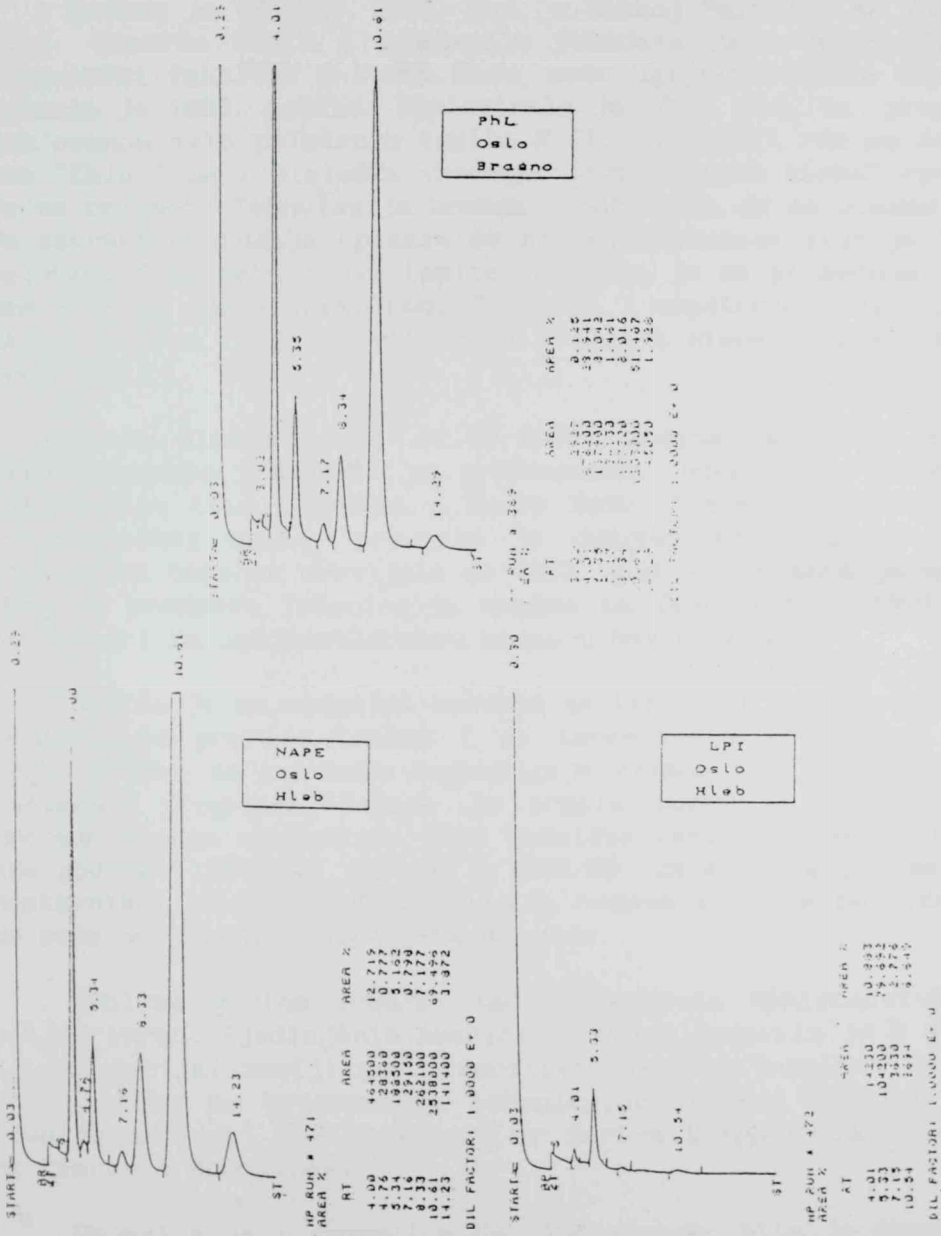


RT	AREA	AREA %
4.03	315200	16.173
5.37	132200	6.724
7.19	2126	0.108
9.37	20840	1.049
10.64	70200	3.537
14.32	2074	0.103



RT	AREA	AREA %
4.02	23200	1.159
5.35	15200	0.741
7.19	2126	0.104
9.35	20840	1.029
10.61	70200	3.436
14.32	2126	0.104

Sl. 37 - Karakteristični hromatogrami masnih kiselina glikolipida ekstrahovanih polarnim rastvaračem



Sl. 38 - Karakteristični hromatogrami masnih kiselina fosfolipida ekstrahovanih polarnim rastvaračem i lipida iz skrobne granule

7.0.0.0 BIOGRAFIJA

Rođena je 16. 06. 1949. god. u Bačkoj Palanci, AP Vojvodina. Osnovnu školu i gimnaziju pohađala je u Novom Sadu. Tehnološki fakultet u Novom Sadu, smer ugljenohidratne hrane, upisala je 1968. godine. Diplomirala je 1973. god. sa prosečnom ocenom svih položenih ispita 8,51. Diplomski rad sa nazivom "Kalorična i biološka vrednost raznih vrsta hleba" radila je na predmetu Tehnologija brašna i odbranila ga sa ocenom 10. Po završetku studija upisala se na postdiplomske studije Tehnološkog fakulteta i sve ispite položila je sa prosečnom ocenom 9,17, a magistarski rad: "Polarni i nepolarni lipidi pšenice i brašna i njihov uticaj na kvalitet hleba" odbranila je 1984. god.

Nakon diplomiranja, 01.02.1974. godine zaposlila se u Jugoslovenskom institutu za prehrambenu industriju, Zavod za tehnologiju žita i brašna u Novom Sadu. Posle jednogodišnjeg pripravničkog staža, preuzela je dužnost šefa laboratorije koji je sa uspehom obavljala do 1982. godine, od kada je asistent na predmetu Tehnologija brašna na Tehnološkom fakultetu na Katedri za ugljenohidratnu hranu u Novom Sadu.

Radila je na zadacima vezanim za ispitivanje sirovina, za tehnologiju prerade brašna i za tehnologiju mlinarstva. Od 1982. godine na predmetu tehnologija brašna vodi vežbe prema nastavnom programu. Takođe je držala vežbe iz Tehnologije prerade brašna studentima Više tehničke škole u Vrbasu, školske godine: 1983/84, 1984/85 i 1985/86. Zajedno sa predmetnim nastavnikom vodi izradu diplomskih radova i u tom periodu je do sada su uspešno odbranjena 42 rada.

Školske godine 1986/87 kao stipendista Ministarstva za poljoprivredu Sjedinjenih Američkih Država boravila je 6 meseci na specijalizaciji na Univerzitetu Severne Dakote u Fargou u Institutu za prehrambenu tehnologiju (Cereal Science and Food Technology) kod profesora dr Bert-a D'Appolonia i prof. dr Clarence McDonald-a.

Objavila je i saopštila 64 naučna rada, bila je saradnik pri izradi 13 elaborata, koautor je knjige "Metode ispitivanja kvaliteta brašna, pekarskih i testeničarskih proizvoda" i ima dva realizovana patentna rešenja.

