

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Matejka FAJS

**UPORABA EMULGATORJEV NA OSNOVI MONOGLICERIDOV V
PEKARSTVU**

DIPLOMSKA NALOGA
Univerzitetni študij

USE OF EMULSIFIER MONOGLYCERIDES IN BREADMAKING

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2006

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija živilske tehnologije.
Opravljeno je bilo na Katedri za tehnologije rastlinskih živil, Oddelek za živilstvo
Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za živilstvo je za mentorja diplomskega dela imenovala doc.
dr. Andreja Plestenjaka in za recenzenta prof. dr. Marjana Simčiča

Mentor: doc. dr. Andrej Plestenjak

Recenzent: prof. dr. Marjan Simčič

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Matejka Fajs

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Dn
- DK UDK 664.661.002.3 : 544 (043) = 863
- KG pekovski izdelki / kruh / pšenični kruh / aditivi / pekovski aditivi / emulgatorji / monogliceridi / E471 / staranje kruha / specifični volumen kruha
- AV FAJS, Matejka
- SA PLESTENJAK, Andrej (mentor) / SIMČIČ, Marjan (recenzent)
- KZ 1000 Ljubljana, SLO, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo
- LI 2006
- IN UPORABA EMULGATORJEV NA OSNOVI MONOGLICERIDOV V PEKARSTVU
- TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)
- OP XI, 51 str., 9 pregl., 10 sl., 5 pril., 37 vir.
- IJ sl
- JI sl / an
- AI Namen diplomske naloge je bil ugotoviti, kako različne koncentracije emulgatorja na osnovi monogliceridov vplivajo na hitrost staranja sredice in na volumen belega pšeničnega kruha. Poskus smo opravili v štirih paralelkah, s tremi različnimi koncentracijami že pripravljenega aditiva monogliceridov, E471, in sicer 0.2 %, 0.4 % in 0.6 %. Za primerjavo smo spekli tudi kontrolni vzorec in vzorec z dodanim 0.005 % askorbinske kisline. Testo smo pripravili iz moke T500 po direktni metodi. Testo smo po počivanju in fermentaciji pekli v modelih 29 min pri temperaturi 230 °C. Ko se je kruh ohladil smo izmerili njegovo maso in volumen ter izračunali njegov specifični volumen. Z analizatorjem teksture po metodi AACC št. 74-09 smo izmerili trdoto sredice. Ostale štruce smo zapakirali v PE vrečke in jih pri sobni temperaturi hranili do naslednjih analiz. Specifični volumen smo določali svežemu kruhu (3 h po peki), trdoto sredice pa 4 h, 28 h in 52 h po peki. Iz statistično obdelanih rezultatov meritev smo ugotovili, da se trdota sredice povečuje s staranjem kruha pri vseh vzorcih, ne glede na vrsto in količino dodatka. Meritve trdote sredice potrjujejo statistično značilen vpliv dodatkov, tako askorbinske kisline kot emulgatorja in kažejo, da je kljub majhnim razlikam dodatek 0.4 % E471 optimalna koncentracija. Specifični volumen kontrole se statistično razlikuje od ostalih. Je bistveno manjši, kar kaže, da tako dodatek askorbinske kisline kot dodatek monoglicerida pozitivno vplivata na volumen kruha. Kljub temu, da se vzorci z dodatkom med seboj statistično ne razlikujejo, je največji specifični volumen kruha pri dodatku 0.6 % že pripravljenega aditiva monogliceridov, E471.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Dn
- DC UDC 664.661.002.3 : 544 (043) = 863
- CX bakery products / bread / wheat bread / additives / bakery additives / emulsifiers / monoglycerides / E471 / bread staling / specific volume of bread
- AU FAJS, Matejka
- AA PLESTENJAK, Andrej (supervisor) / SIMČIČ, Marjan (reviewer)
- PP 1000 Ljubljana, SLO, Jamnikarjeva 101
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Food Science and Technology
- PY 2006
- TI USE OF EMULSIFIER MONOGLYCERIDES IN BREADMAKING
- DT Graduation thesis (University studies)
- NO XI, 51 p., 9 tab., 10 fig., 5 ann., 37 ref.
- LA sl
- AL sl / en
- AB The purpose of the diploma thesis was to find out the influence of different concentrations of monoglycerides on wheat bread freshness and volume. The experiment has been repeated for four times with three different already prepared concentrations of additive monoglycerides, E471, namely 0.2 %, 0.4 % and 0.6 %. For comparison we also baked a control sample and a sample with added 0.005 % ascorbic acid. We prepared dough from flour T500 using direct method. After resting and fermentation we baked dough in models for 29 min at the temperature 230 °C. When bread had cooled off, we measured its weight and volume and calculated specific volume. We measured the firmness of bread crumb by texture analyzer (AACC methods, number 74-09). We packed the remaining loaves in PE bags and stored them at the room temperature for further analyses. The specific volume was determined on fresh baked bread (3 hours after baking), while the crumb firmness after 4, 28 and 52 hours.. Regarding the statistic data we found out that crumb firmness increases in all samples with ageing, in spite of type and amount of additive. Additives as ascorbic acid and monoglycerides influenced the firmness of wheat bread crumb significantly. In spite of small differences, the most optimal concentration of supplement E471 is 0.4 %. Specific volume of control sample differs from others significantly. It is essentially smaller. We conclude that such supplement of ascorbic acid as well as monoglycerid has a positive influence on the volume of wheat bread. Although the samples with additives don't differ statistically, the bread's maximum specific volume is when using 0.6 % of already prepared additive, E471.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI)	III
KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD)	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG	IX
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	X
1 UVOD	1
1.1 NAMEN DELA	2
2 PREGLED OBJAV	4
2.1 OSNOVNE SUROVINE TESTA	4
2.1.1 Moka	4
2.1.2 Kvas	4
2.1.3 Voda	4
2.1.4 Sol	5
2.1.5 Mleko	5
2.1.6 Jajca	5
2.1.7 Maščoba	5
2.1.8 Sladkor	6
2.1.9 Aditivi (Dodatki)	6
2.1.9.1 Askorbinska kislina	7
2.1.9.2 Emulgatorji	8
2.1.9.3 Encimi	11
2.1.10 Začimbe	13
2.2 TEHNOLOŠKI POSTOPKI PRIPRAVE TESTA	14
2.2.1 Zames testa	14
2.2.1.1 Direktni način mesitve	15
2.2.1.2 Indirektni način mesitve	15
2.2.2 Fermentacija testa	15
2.2.3 Peka testa	16
2.3 STARANJE KRUHA	17
2.3.1 Škrob	17
2.3.1.1 Amiloza in amilopektin	18
2.3.1.2 Želiranje škroba	19
2.3.1.3 Retrogradacija škroba	20
2.3.2 Beljakovine	22
2.4 VOLUMEN KRUHA	23
2.5 MONOGLICERIDI	24
2.5.1 Monogliceridi in digliceridi	24
3 MATERIAL IN METODE	29

3.1	MATERIAL	29
3.2	METODE	30
3.2.1	Recepture za pripravo belih pšeničnih kruhov.....	30
3.2.2	Priprava in peka testa	32
3.2.3	Instrumentalne metode	33
3.2.3.1	Merjenje volumna in specifičnega volumna belih pšeničnih kruhov	33
3.2.3.2	Merjenje trdote sredice belih pšeničnih kruhov	33
3.2.4	Statistična analiza	34
4	REZULTATI.....	35
4.1	MERJENJE VOLUMNA IN SPECIFIČNEGA VOLUMNA BELIH PŠENIČNIH	35
4.2	MERJENJE TRDOTE SREDICE BELIH PŠENIČNIH KRUHOV	39
5	RAZPRAVA IN SKLEPI.....	42
5.1	RAZPRAVA.....	42
5.2	SKLEPI.....	44
6	POVZETEK	46
7	VIRI	48

ZAHVALA

PRILOGE

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Meritve volumna in mase belih pšeničnih kruhov.....	35
Preglednica 2: Izračunani specifični volumni belih pšeničnih kruhov.....	36
Preglednica 3: Rezultat specifičnega volumna belih pšeničnih kruhov z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri.....	36
Preglednica 4: Viri variabilnosti in statistične značilnosti njihovega vpliva na specifični volumen belih pšeničnih kruhov.....	37
Preglednica 5: Vpliv vrste in količine dodatka na specifični volumen belega pšeničnega kruha (model 2, Duncanov test, $\alpha = 5\%$).....	38
Preglednica 6: Meritve trdote sredice belih pšeničnih kruhov, z različno vrsto in količino dodatka, 4 ure, 28 ur in 52 ur po peki.....	39
Preglednica 7: Rezultat merjenja trdote sredice belih pšeničnih kruhov z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri.....	40
Preglednica 8: Viri variabilnosti in statistične značilnosti njihovega vpliva na trdoto sredice belih pšeničnih kruhov.....	40
Preglednica 9: Vpliv vrste in količine dodatka na trdoto sredice belih pšeničnih kruhov (model 1, Duncanov test, $\alpha = 5\%$).....	41

KAZALO SLIK

Slika 1: Amorfnih in kristalnih delov škrobnega zrna (Goesaert in sod., 2005).....	18
Slika 2: Amiloza in amilopektin (Amylose and amylopectin, 2006).....	19
Slika 3: Shematski prikaz sprememb v škrobnem zrnju med segrevanjem, ohlajanjem in staranjem (Goesaert in sod., 2005).....	22
Slika 4: Model staranja sredice, ki prikazuje spremembe molekularnih struktur v testu, svežem, starem in pogretem kruhu (Zobel in Kulp, 1996).....	21
Slika 5: Interakcije škrob-gluten (Zobel in Kulp, 1996).....	23
Slika 6: Glicerol (Glicerol in monoglicerid, 2006).....	25
Slika 7: Monoglicerid, diglicerid in triglicerid (Glicerol in monoglicerid, 2006).....	26
Slika 8: Tvorba kompleksa amiloza-lipid (Knightly, 1996).....	27

KAZALO PRILOG

Priloga A. Vpliv vrste in količine dodatka na trdoto sredice belih pšeničnih kruhov

Priloga B. Vpliv vrste in količine dodatka na specifični volumen kruhov

Priloga C1. Analiza moke (ŽITO d. d., Ljubljana, 2005)

Priloga C2. Analiza moke (ŽITO d. d., Ljubljana, 2005)

Priloga C3. Analiza moke (ŽITO d. d., Ljubljana, 2005)

Priloga D1. Primerjava kontrolnega vzorca in kruhov z dodatkom askorbinske kisline ter tremi različnimi koncentracijami emulgatorja E471, in sicer 0.2 %, 0.4 % in 0.6 %

Priloga D2. Primerjava kontrolnega vzorca in kruhov s tremi različnimi koncentracijami emulgatorja E471, in sicer 0.2 %, 0.4 % in 0.6 %

Priloga D3. Primerjava kontrolnega vzorca in kruha z dodatkom askorbinske kisline

Priloga D4. Primerjava kruhov s tremi različnimi koncentracijami emulgatorja E471, in sicer 0.2 %, 0.4 % in 0.6 %

Priloga D5. Primerjava kruha z dodatkom askorbinske kisline in kruhov s tremi različnimi koncentracijami emulgatorja E471, in sicer 0.2 %, 0.4 % in 0.6 %

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

AACC	American Association of Cereal Chemists
DSC metoda	Differential scanning calorimetry
E	dodatek
FAO	Food and Agricultural Organization
GLM	General Linear Models
GRAS	generally recognized as safe
HLB	Hydrophilic / Lipophilic Balance
J	Joul
KV	koeficient variabilnosti
N	Newton
PE	polietilen
T	tip moke
V	vir variabilnosti
WHO	World Health Organization

1 UVOD

Kruh je zelo staro živilo, ki so ga začeli proizvajati že v starem Egiptu 4000 let p. n. št.. V dolini Nila se je pojavila pšenica, iz katere so kuhali kašo in pekli nekakšne mlince. Kasneje so ugotovili, da testo, ki dalj časa stoji, postane bolj mehko in luknjičavo, zaradi spontanega vrenja. Tako je človek pričel uporabljati za pripravo kruha staro testo. Čeprav je sama proizvodnja kruha stara že skoraj 6000 let, je ljudem šele pred 300 leti uspelo pri meljavi ločiti luskno od ostalega žitnega zrna in takrat se je poleg črne pojavila še bela moka. Proizvodnja pekarskega kvasa pa se je pojavila še kasneje, in sicer šele v dvajsetem stoletju (Štiglic, 2004).

Osnovne surovine, ki so jih uporabljali pri pripravi kruha so moka, kvas, sol in voda. Kmalu so ugotovili, da se da kruh izboljšati z dodatki, ki izboljšajo senzorične lastnosti in obstojnost. Najprej so uporabljali naravne dodatke, kot so mast, rastlinske maščobe in jajca... Z razmahom pekarske industrije so bile zahteve po visoki kakovosti, podaljšani obstojnosti in lažjem skladiščenju, vedno večje. Tudi trend bolj naravne in zdrave prehrane z manj maščob so prispevali k razvoju bolj funkcionalnih aditivov, ki bi nadomestili maščobe.

Emulgatorji so površinsko aktivne snovi, ki zaradi svojih strukturnih lastnosti omogočajo nastanek emulzij. Te molekule tvorijo na mejni fazi med lipidi in vodo plast na katero se hidrofilno vežejo molekule vode in hidrofobno molekule lipidov. Zaradi nastanka omenjene plasti se močno zmanjša medfazna površinska napetost med omenjenima fazama. (Klofutar, 1994).

V pekarstvu je njihova vloga nekoliko drugačna. Kot polarne molekule s hidrofilnim in hidrofobnim delom se vgrajujejo v helikse amiloze in najverjetneje tudi v razvejane dele amilopektina, ter tako upočasnijo procese staranja. Tvorijo tudi komplekse s proteini v testu, kar vpliva na volumen pekarskih izdelkov (Zobel in Kulp, 1996).

Monogliceridi so danes najpogosteje uporabljeni emulgatorji v pekarstvu, saj predstavljajo kar 75 % celotne produkcije emulgatorjev. Nosijo status GRAS, ki označuje varna živila (Kamel in Ponte Jr, 1995).

Prva uporaba monogliceridov je bila zabeležena v Angliji, leta 1921. Dodali so jih margaritam in s tem stabilizirali emulzijo vode v olju.

V Ameriki so prvo uporabo monogliceridov zasledili leta 1929. Američani so začeli dodajati k biskvitnim testom super-gliceridne »shorteninge« in s tem dosegli boljšo kvaliteto izdelka. Prvi »shorteningi« so vsebovali 3-4 % monogliceridov. Pridobili so jih tako, da so glicerol dodali maščobam in ob prisotnosti male količine alkalnega katalizatorja mešanico segrevali. S segrevanjem so dosegli esterifikacijo glicerola in maščobnih kislin in dobili monogliceride (Knightly, 1996). Katalizator so odstranili z nevtralizacijo in vodnim izpiranjem.

Z dodatkom večje količine glicerola so pridobili bolj koncentrirane »shorteninge«, z uvedbo industrijske molekulske destilacije pa so uspeli pripraviti izdelek s 95 % deležem monogliceridov (Stauffer, 1999).

Z uporabo monogliceridov v pekarstvu so dosegli boljšo kvaliteto izdelkov, brez dodajanja maščob. Ker reagirajo s škrobnimi in beljakovinskimi komponentami v testu, upočasnijo procese staranja sredice in vplivajo na volumen kruha. S temi učinki vplivajo na boljšo kakovost končnih izdelkov, ki je za današnjega zahtevnega potrošnika izjemno pomembna.

1.1 NAMEN DELA

V diplomskem delu smo želeli ugotoviti, kako različne koncentracije emulgatorja na osnovi monogliceridov, vplivajo na hitrost staranja in na volumen pšeničnega belega kruha. Poskus smo naredili s tremi različnimi koncentracijami že pripravljenega aditiva

E471, in sicer 0.2 %, 0.4 % in 0.6 %, glede na uporabljeno količino moke. Za primerjavo smo pekli tudi kontrolni vzorec in vzorec z dodanim 0.005 % askorbinske kisline. Kakovost pečenih kruhov smo določali s pomočjo določanja specifičnega volumna in s pomočjo merjenja trdote sredice. Volumen in maso kruhov smo merili 3 ure po peki in nato izračunali specifični volumen, ki je tudi pokazatelj poroznosti sredice. Trdoto sredice smo merili 4 ure, 28 ur in 52 ur po peki in tako posredno določili hitrost staranja kruha.

2 PREGLED OBJAV

2.1 OSNOVNE SUROVINE TESTA

Osnovne surovine, ki jih uporabljamo pri peki kruha so moka, voda, kvas, sol in aditivi. Pri proizvodnji posebnih vrst kruha je možno dodajati tudi pomožne sestavine, ki še dodatno obogatijo okus in kvaliteto kruhov in peciva.

2.1.1 Moka

Moka predstavlja glavno sestavino pekarskih izdelkov. Njene lastnosti so odvisne od vrste in kvalitete žita iz katerega je zmlata ter od lokacije in pogojev rasti žita. Na kvaliteto moke vpliva količina in moč proteinov (lepek). Lepek mora dobro vezati vodo in zadržati med vzhajanjem nastale pline. Pri izbiri moke moramo poleg kakovosti lepka upoštevati tudi kvaliteto in način zaklejitve škroba (Lai in Lin, 2006).

2.1.2 Kvas

Kvas je aktivna organska biomasa. Kvasovke *Saccharomyces cerevisiae* v procesu fermentacije pretvarjajo enostavne sladkorje v ogljikov dioksid in alkohol.

Sproščanje plina v testu rahlja sredico in vpliva na volumen končnega izdelka. Ostale komponente, ki nastajajo pri procesu fermentacije pa vplivajo na aromo in okus pekarskih izdelkov.

V pekarski industriji je kvas na voljo v dveh oblikah, svež in suh, izbira pa je odvisna od procesa, cene in želenih lastnosti končnega izdelka (Lai in Lin, 2006).

2.1.3 Voda

Voda mora biti mikrobiološko neoporečna in čista. Najprimernejša je srednje trda voda, ki zaradi vsebnosti mineralov izboljša reološke lastnosti testa in kasneje kruha (Eršte, 1994).

Tekočina je pomembna sestavina testa, saj pospešuje nabrekanje beljakovin in zaklejitve škroba. V njej se raztopijo razne druge sestavine, kot sta npr. sol in sladkor (Hrovat, 2000). Zaradi izparevanja med peko vpliva na rahlost sredice.

2.1.4 Sol

Sol igra v pekarstvu izredno pomembno vlogo, saj ne vpliva le na aromo in okus ampak tudi na reološke lastnosti testa. Dodatek soli učvrsti gluten in naredi testo bolj elastično in voljno za obdelavo. Prevelika količina soli zavira razvoj kvasovk, premajhna pa pospešuje fermentacijo (Matičeto, 2005). To so razlogi, zaradi katerih mora biti količina soli natančno kontrolirana.

2.1.5 Mleko

Mleko je, poleg vode, najpomembnejša tekočina, ki se uporablja v pekarstvu, saj vsebuje 88-91 % vode. Vpliva na izboljšanje arome, okusa ter poveča prehransko vrednost pekovskih izdelkov. Na tehnološke lastnosti ne vpliva (Lai in Lin, 2006).

2.1.6 Jajca

V pekarstvu se uporabljajo jajca v treh oblikah; sveža, zmrznjena in v prahu (Lai in Lin, 2006). Kot emulgator vpliva na volumen in teksturo. Zaradi dodatka jajc imajo izdelki višjo prehransko vrednost in lepšo barvo, kar je posledica sestave rumenjaka (Pyler, 1992).

2.1.7 Maščoba

Maščobe vplivajo na organoleptične in tehnološke lastnosti. Zaradi zvišanja viskoznosti dobimo bolj plastično testo, ki se lepše oblikuje. Sama kemijska sestava ji omogoča, da se lahko vgradi v škrobni heliks, kar upočasni procese staranja. Kruhu se dodaja se v koncentraciji 1-5 %.

2.1.8 Sladkor

Sladkorji predstavljajo hrano za kvasovke, saj med pretvarjanjem le tega sproščajo ogljikov dioksid in etanol in s tem omogočajo vzhajanje testa. Hkrati sladkorji oblikujejo barvo skorje zaradi karamelizacije in reakcije s prostimi amino skupinami aminokislin, peptidov in proteinov (Poglajen, 2000).

2.1.9 Aditivi (Dodatki)

Kljub temu, da mehanizem staranja kruha še ni popolnoma raziskan, se celotna pekarska industrija trudi ta proces čim bolj upočasniti, in sicer z dodajanjem sestavin kot so encimi, lipidi, emulgatorji, sladila in ostale kemične snovi (Lai in Lin, 2006). Tem sestavinam s skupno besedo rečemo aditivi in so substance, ki se običajno ne konzumirajo, niti niso tipičen sestavni del živila, ne glede na prehrambeno vrednost, dodajajo pa se namerno zaradi tehnoloških in organoleptičnih lastnosti. Živilom se dodajo v tehnološkem postopku proizvodnje, med pripravo, obdelavo, predelavo, oblikovanjem, pakiranjem, transportom in hranjenjem. Nekateri aditivi imajo naraven izvor, kot recimo vitamin C, β -karoten, pektin, encimi, nekatere arome itd., medtem ko so drugi aditivi sintetizirane kemične spojine s točno znano sestavo (Katalenič, 1998). Pozornost potrošnika do sestavin hrane, še zlasti do nekaterih tehnoloških dodatkov, raste (Kovač in Raspor, 1994). Zato so podana pravila in pogoji, pod katerimi se aditivi lahko dodajajo.

Aditive ali njihove mešanice lahko dodajamo živilom pod naslednjimi pogoji:

- Da so vključeni v pozitivne liste Pravilnika o prehrabnih aditivih
- Da je njihova uporaba tehnološko upravičena
- Da se živilom dodajajo v skladu s posebnimi predpisi, v omejenih ali neomejenih količinah
- Da njihovo dodajanje ne zmanjša prehrabne vrednosti izdelka

- Da dodajanje aditivov ne povzroči tvorjenja toksičnih snovi med predelavo, hranjenjem in uporabo
- Da se lahko v živilu identificirajo in količinsko določijo, če v tehnološkem postopku niso izločeni ali razgrajeni (Katalenič, 1998)

Mnenje o uporabi aditivov je podala tudi Svetovna zdravstvena organizacija (WHO), kot tudi Organizacija za hrano in poljedelstvo (FAO), ki sta podala temeljna načela uporabe aditivov:

- Aditivov na smemo dodajati, da bi se prekrile napake v procesu proizvodnje, ali za ponarejanje kvalitete z namenom zavajanja kupca
- Uporaba aditivov v proizvodnji osnovnih živil, ki se uživajo sezonsko, mora biti omejena
- Aditivi ne smejo negativno vplivati na prehrabeno vrednost živil in njihovih sestavin
- Aditivi ne smejo negativno delovati na zdravje potrošnikov (Katalenič, 1998)

Danes se najbolj pogosto uporabljeni aditivi oksidanti (askorbinska kislina), površinsko aktivne snovi (mono- in digliceridi), in encimi (Kovač in Raspor, 1994)

2.1.9.1 Askorbinska kislina

Askorbinska kislina ima v pekarstvu izključno tehnološko funkcijo in ne gre za vitaminsko obogatitev. Je kristalni, v vodi topni, prah brez vonja in kiselkastega okusa. Za ustrezno kakovost kruha je dodatek askorbinske kisline še posebej potreben pri moki, ki vsebujejo nižjo količino glutena.

Njeno delovanje je pogojeno z vsebnostjo biološko aktivnih komponent, zato je njen učinek odvisen od kvalitete in vrste moke. Mair in Grosch (1979) sta ugotovila, da ima askorbinska kislina večji vpliv na izboljšanje pri mokah z nižjo vsebnostjo glutena, kot pri glutensko bogatih mokah. Tehnološko aktivna oblika askorbinske kisline je dehidroksi askorbinska kislina. Ker je to nestabilna oblika, je ne moremo uporabiti direktno, ampak nastane v testu posredno. Askorbinska kislina se v testu oksidira ter pri tem porablja kisik

iz testa. Količino kisika v testu lahko povečamo z dodatnim vpihovanjem s kisikom bogate mešanice v prostor nad testom v mikserju. Večja količina kisika pomeni večjo učinkovitost dodatka kisline (Kovač in Raspor, 1994). Aktivna oblika askorbinske kisline iz dveh sosednjih sulfhidrilnih skupin proteinov moke pritegne vodikov atom, kar povzroči tvorbo disulfidnih mostičkov. S tem se veriga proteina daljša, lepek se učvrsti, kar poveča stabilnost testa pri fermentaciji. Testo je sposobno zadržati večjo količino plinov, kar poveča volumen izdelka. Skorja je bolj kvalitetna ter sredica bolj enakomerno luknjičava in bolj prožna (Eršte, 1994). Askorbinska kislina je zdravstveno neoporečna in ni nevarnosti predoziranja. Le ta med peko razpade in jo v kruhu najdemo manj kot 10% dodane količine.

2.1.9.2 Emulgatorji

Industrializacija prehranske industrije, vključno s pekarskimi izdelki, je posledica vedno večjih zahtev potrošnika po visoki kvaliteti, daljšem roku trajanja, lažjemu hranjenju in lepemu izgledu, vonju in okusu izdelkov. Tudi trend zdrave prehrane, ki naj bi vsebovala manj kalorij, manj holesterola, več prehranskih snovi in vlaknin ter nižjo vsebnost rafiniranega sladkorja je razlog za razvoj sintetičnih emulgatorjev.

Emulgatorji, ki so se uporabljali v prehrabeni industriji so bili naravni materiali, kot so gume, polisaharidi, saponini, lecitin, lipoproteini žolčne soli, voski in kazeinski proteini. Kljub temu, da te snovi imajo določene funkcije, za današnjo industrijo niso več zadostni. Še vedno je v uporabi lecitin in njegovi modificirani produkti vendar jih vedno pogosteje zamenjajo sintetični prehranski emulgatorji (Kamel in Ponte Jr, 1995).

Emulgatorji so površinsko aktivne substance, ki se vedno absorbirajo na mejno ploskev med dvema fazama in tako med njima znižajo površinsko napetost. Bistvena je kemijska zgradba molekule emulgatorja, ki je ambifilna. Lipofilni oz. hidrofobni del molekule ima močno afiniteto do nepolarnih snovi in sestavin testa, medtem ko se hidrofilni del molekule veže na polarne snovi. Dvojna narava emulgatorja omogoča hkratno interakcijo tako z polarnimi, kot tudi z nepolarnimi sestavinami testa. Takšna orientiranost molekule znižava

prosto energijo v celotnem sistemu in zniža površinsko napetost, kar privede do stabilne emulzije (Stauffer, 1999).

Izbira primerne emulgatorja običajno temelji na izkušnjah, poskusih in napakah. Izbira je pomembna, saj le prava kombinacija in količina dajeta optimalne rezultate. Glavne funkcije emulgatorjev v živilih so:

- tvorba emulzije in stabilizacija vode v olju (margarina, maslo) ter olja v vodi (solatni preliv)
- tvorba kompleksov s škrobom
- interakcije s proteini
- regulacija viskoznosti
- penjenje in aeracija
- mazanje
- modifikacija kristalov
- močljivost
- raztapljanje
- razgradnja emulzij
- izboljšanje senzoričnih lastnosti
- suspendiranje
- dispergiranje (Kamel in Ponte Jr, 1995)

Pri proizvodnji kvašenih in nekvašenih pekarskih izdelkov je tvorba emulzije sekundarnega pomena. Glavna naloga emulgatorjev je tvorba kompleksov z ogljikovimi hidrati, povečati moč proteina in aeracija. Tvorba kompleksov s proteini učvrsti glutensko mrežo in s tem poveča stabilnost testa. Kruhu se zato izboljša volumen in struktura sredice. Tudi s škrobom tvorijo komplekse, kar se posledično kaže v mehkejši in bolj enakomerni poroznosti sredice ter v upočasnjem staranju kruha (Poglajen, 2000). Na upočasnjeno staranje vpliva predvsem interakcija z amilozo, lahko pa tudi kompleks z amilopektinom. Pri kruhu se začne staranje takoj po končani peki in narašča s časom. Ob dodatku emulgatorja se začnejo znaki staranja bistveno kasneje.

Emulgatorje lahko razdelimo glede na:

- Naboj:
 - Anionski, ki nosijo negativni naboj na aktivnem delu molekule. So občutljivi na pH
 - Kationski, ki nosijo pozitivni naboj na aktivnem delu molekule
 - Neionski, ki imajo lipofilni in hidrofilni del molekule in so neobčutljivi na pH
 - Amfoterni, katerih naboj je odvisen od pH
 - Dvoionski, ki lahko imajo prisoten pozitivni in negativni naboj na aktivnem delu
- Hidrofilno – lipofilno razmerje (HLB). To razmerje nam pove, kaj ima emulgator rajši, vodo ali olje
- Topnost:
 - v vodi topni
 - v maščobi topni
 - amfolitični, ki so v vodi netopni
- Funkcionalne skupine: nasičena/nenasičena veriga maščobnih kislin, kisline, alkoholi, etilen oksidi, amini, itd. (Kamel in Ponte Jr, 1995)

Testo je koloidna disperzija iz več dispergiranih faz, kot so zračni mehurčki, lipidni delci, kvasne celice, škrobna zrna in druge trdne snovi v kontinuirni fazi, kar je v primeru testa koncentrirana, vodna, lamelarna faza z različnimi pšeničnimi proteini (Eršte, 1994).

Struktura testa je opisana kot pena, v kateri so posamezne plinske celice popolnoma ločene s kontinuirnim filmom glutenskega matriksa. Plinski mehurčki nastanejo med mešanjem, nekateri pa so ujeti že med samimi delčki moke. V mehurčke zraka lahko prehaja ogljikov dioksid. Mehurčki morajo, med obdelavo testa in kasnejšimi procesi pečenja, ostati nedotaknjeni, saj to prinese kruh z večjim volumnom in boljšo strukturo sredice. Združitev mehurčkov, kot rezultat pretrgane glutenske mreže, zaradi nestabilnosti privede do grobe sredice in majhnega volumna. Z dodatkom emulgatorja se plinsko-tekoča faza v testu stabilizira, saj se med fazama zmanjša površinska napetost in tako omogoča, da plinski mehurčki ostanejo nepoškodovani in hkrati, da se poveča količina zadržanih mehurčkov v testu (Sahi, 2003). Dodatek emulgatorja ima čim večji učinek, čim bolj je razpršen v testu. Med procesom zamesa, emulgator močno veže na gluten. Med peko pride do translokacije emulgatorja iz glutena na škrob. Tvorba kompleksa amiloza-emulgator je razlog, zakaj

emulgatorje štejemo med zaviralce staranja. Po teorijah tvorba kompleksov zavira staranje direktno, tako da prepreči retrogradacijo amiloze in amilopektina ali posredno, tako da se tvori manjše število jeder tipa B, ki pospešujejo retrogradacijo in tvorbo kristalinične strukture (Zobel in Kulp, 1996). Krog (1979) je podal teorijo, da se kompleks med emulgatorjem in amilozo tvori med procesom pečenja. Kompleks z amilopektinom, ki zavira retrogradacijo pa se tvori po tem, ko je kruh že pečen. Tudi Kamel in Ponte Jr (1995) sta razvila podobno teorijo, po kateri naj bi bil za mehčanje sredice odgovoren kompleks emulgatorja z linearno molekulo amiloze. Na upočasnitev retrogradacije pa vpliva kompleks z amilopektinom.

2.1.9.3 Encimi

Encimi so proteini, ki so naravno prisotni v vseh živih celicah. Njihova funkcija je kataliziranje naravnih kemičnih reakcij. So močno selektivni. Vsak encim katalizira samo eno specifično reakcijo. Pri razvoju testa in vzhajanju lahko sodeluje več encimov (Pogljajen, 2000). Njihovi vplivi na testo so različni, in sicer:

- razgrajujejo škrob do fermentabilnih sladkorjev in s tem izboljšajo fermentacijo. V tem primeru govorimo o AMILAZAH
- skrajšajo čas mešanja oz. zamesa testa. To so PROTEAZE
- povečajo ali zmanjšajo stabilnost testa. To so OKSIDAZE in PROTEAZE
- vplivajo na elastičnost testa, kar je pomembno pri ročnem in strojnem obdelovanju testa. PROTEAZE izboljšajo njegovo viskoznost, medtem ko OKSIDAZE naredijo testo bolj suho in manj elastično
- vplivajo na konsistenco testa med celotnim procesom z delovanjem AMILAZ na škrob, PROTEAZ na gluten in PENTOZANAS na pentozane

Spremembe testa in njegove fizične lastnosti morajo biti optimalne, za vsake proizvodne pogoje. To dosežemo z dodatkom pravega encima ali mešanico več encimov (Kulp, 1995).

Oksidaze

S svojim oksidativnim delovanjem vplivajo na proteine v testu. Oksidacija povzroči tvorbo disulfidnih vezi, med dvema cisteinskima ostankoma, ki sta si priležna v proteinskem matriksu. Nastanejo tudi ditirozinske vezi, česar posledica so kovalentne povezave med proteini. Ta reakcija v testu povzroči nastanek mreže proteinov s spremenjeno viskoelastičnostjo in strukturnimi lastnostmi, kar omogoča lažjo obdelavo testa. Uporaba encimov, namesto kemičnih oksidantov, je velik napredek v prehrambeni industriji, saj so obravnavani kot naravni in netoksični dodatki. Zato se vedno pogosteje uporabljajo tudi v pekarstvu. Sposobni so delovati v blagih pogojih pH-vrednosti in temperature (Bonet in sod., 2006).

Amilaze

Amilaze katalizirajo razgradnjo škroba v sladkorje, dostopne kvasovkam (Pogljajen, 2000). Prvi viri o uporabi teh encimov, kot zaviralcev staranja kruha, so v 50-ih letih. Največ raziskav je bilo narejenih na alfa amilazah pridobljenih iz žit, plesni in bakterij. Vsi trije tipi alfa amilaz napadajo želiran škrob, razlikujejo pa se v dveh značilnostih, in sicer v toplotni stabilnosti in v nastalih oligosaharidih. Toplotna stabilnost je bistvenega pomena, saj ima vsaka vrsta encimov svoj okvir delovanja na škrob. Amilaze iz plesni so najmanj toplotno stabilne, sledijo jim žitne amilaze, najbolj stabilne pa so bakterijske amilaze. Glede na to, da je večina amilaz iz plesni uničena med peko, je njihovo delovanje omejeno predvsem na poškodovan škrob v moki. Tudi žitne amilaze ne preživijo pečenja, lahko pa delujejo v začetnih fazah pečenja. Bakterijske alfa amilaze so najbolj stabilne in nekatere ostanejo aktivne tudi po peki kruha. Le te lahko med shranjevanjem kruha povzročilo nastanek mokre sredice (Zobel in Kulp, 1996).

Alfa amilaze sodijo med endoamilaze, ki cepijo α -1,4 vezi, in sicer tiste, ki so v notranjosti amilozne in amilopektinske molekule. Končni produkti so oligosaharidi z različnimi dolžinami verig. Poleg endoamilaz imamo tudi eksoamilaze. Le te cepijo zunanje α -1,4 vezi in α -1,6 vezi v amilozi in amilopektinu. Njihov končni produkt sta lahko le glukoza ali maltoza (Van der Maarel in sod., 2002).

Proteaze

Ti encimi se pridobivajo iz plesni, bakterij in žit. Proteaze razdelimo na tiste, ki molekule proteinov napadajo od znotraj in tiste, ki verigo cepijo na zunanji strani molekule. Ta razlika je pomembna zaradi izbire primerne encima. Če želimo skrajšati čas mešanja, moramo uporabiti endo-aktivne encime. Ekso-encimi cepijo končne amino kisline peptidnih verig, le te pa vstopajo v Maillardovo reakcijo in s tem vplivajo na barvo, vonj in okus končnega izdelka (Kulp, 1995).

Pentozanaze

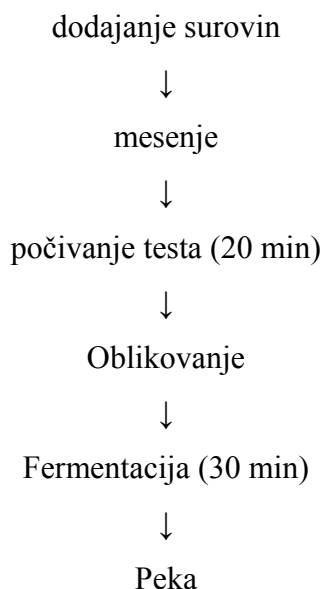
Najpomembnejša funkcija teh encimov je vpliv na absorpcijo in mehkobo testa. Razgradnja pentozanov zmanjša absorpcijo vode v testu z zmanjšanjem vodikovih vezi. To povzroči bolj mehko, vendar ne lepljivo testo, ki se lažje obdeluje (Kulp, 1995).

2.1.10 Začimbe

Začimbe se v pekarstvu uporabljajo samo za izboljšanje arome in okusa. Uporabljajo se semena, cvetni listi, korenine ali lubje rastlin, ki so zaradi svoje barve, vonja in okusa za to primerni. V pekarsvu so najbolj pogosto uporabljene začimbe piment, kumina, janež, cimet, nageljnovc žbice, ingver, muškadni orešek, mak, sezamova semena ter izvlečki limone in pomaranče.

2.2 TEHNOLOŠKI POSTOPKI PRIPRAVE TESTA

Shema proizvodnje pšeničnega kruha



2.2.1 Zames testa

Med mešanjem se vse sestavine testa enakomerno razporedijo. Fizikalni in koloidni procesi se začnejo z mešanjem testa in trajajo še med fermentacijo. Tečejo procesi absorpcijskega vezanja vode na beljakovine in škrob. Proteinaze razgrajujejo beljakovine in tako povečujejo površino, ki sodeluje pri absorpcijske vezanju vode. Nabrekanje beljakovin testa zmanjša količino tekoče faze v testu, ob tem pa se izboljšajo njegove reološke lastnosti. Med zamesom nastane v testu trdna faza, ki jo sestavljajo beljakovine, škrob, celuloza in pentozani ter tekoča faza, ki je sestavljena iz vode in v njej topnih beljakovin, dekstrinov, sladkorjev, soli in mineralov (Uhan, 2005). Mešanje, zračenje in reologija so tesno povezani. Oblika in delovanje mešalca razvijeta teksturo, zračenje in reološke lastnosti do določenega obsega, ki sta potrebna za optimalen zames. Največ študij je bilo narejenih na povezavi mešanja, reoloških lastnosti testa in pečenja, zaradi reoloških

sprememb, ki se zgodijo v glutenki viskoelastični mreži med mešanjem in vpliva le tega na kvaliteto produkta (Dobraszczyk in Morgenstern, 2003).

2.2.1.1 Direktni način mesitve

Direktni način poteka tako, da vse sestavine naenkrat zamesimo v testo. Sestavine so voda, moka, sol in kvas brez kislega testa. Testo pustimo počivati nekaj časa, nato ga preoblikujemo, tako oblikovanega pustimo še enkrat vzhajati. Pri tem načinu mesitve izkoristimo rast kvasovk.

2.2.1.2 Indirektni način mesitve

Pri tem načinu pripravimo kvasni nastavek, ki temelji na principu namnožitve kvasovk. Uporabimo ga takrat, kadar hočemo za isto količino testa porabiti manj kvasa ali če hočemo dobiti izdelke značilnega okusa. Na ta način zamesimo testo iz moke, iz katere se testo počasi in težko oblikuje. To je značilno za preostro moko, ki ima žilav lepek, in za moko s poškodovanim škrobom (Hrovat, 2000).

2.2.2 Fermentacija testa

Brown (1995) pravi, da v primeru, če testo takoj po zamesu razdelimo, oblikujemo in spečemo, dobimo kruh zelo slabe kvalitete. Preden damo testo v pečico mora poteči proces fermentacije. V tem času kvasovke pretvarjajo enostavne ogljikove hidrate v alkohol in ogljikov dioksid. V praksi se testo iz mešalca preloži v pomaščeno korito, v katerem poteka fermentacija pod kontroliranimi pogoji. Glavni trije cilji fermentacije so:

- tvorba čim večje količine plina
- zorenje testa
- razvijanje arome

Kvasovke, kot vsa živa bitja, za svoje delovanje potrebujejo primerne pogoje, in to so ustrezna količina vlage, primerna temperatura, pH-vrednost ter zadostna količina enostavnih sladkorjev in esencialnih mineralov. Med fermentacijo kvasovke tvorijo ogljikov dioksid, etanol in druge alkohole ter kisline in estre, ki spremenijo pogoje v testu. pH-vrednost se zniža, kar povzroči mehčanje glutenskega matriksa. Največja fizikalna sprememba med fermentacijo je porast volumna testa. Zaradi teh sprememb testo dozori. Tako dobimo testo s primerno mehko in elastičnostjo ter optimalnimi lastnostmi za obdelavo, po peki pa kruh z lepo aromo (Pyler, 1992).

2.2.3 Peka testa

Zadnji korak pri pripravi kruha je proces pečenja, ki pod vplivom temperature spremeni testo v lahkoten, porozen in aromatičen produkt. Med peko pride do številnih fizikalnih, kemijskih in biokemijskih reakcij (Pyler, 1992). Glavne spremembe, ki se zgodijo med peko so:

- Temperatura v porah se začne zviševati. V prvih 10-ih minutah zaradi delovanja kvasovk (njihov optimum delovanja je 50 °C) in zaradi uplinjanja etanola naraste volumen.
- Pri 50 °C propadejo kvasovke in mlečno kislinske bakterije testa.
- Volumen narašča do temperature 60 °C. Pri tej temperaturi se začne želiranje škroba in delovanje encimov, saj jim z zaklejitvijo škrob postane dostopen.
- Pri 75 °C denaturirajo beljakovine. Posledica je odpuščanje vode, ki jo mora vezati želirani škrob, sicer dobimo moker kruh.
- Ko je kruh pečen, je temperatura v notranjosti štruce 95 °C.
- Na površini kruha pride do izsušitve in Maillarove reakcije. Nastanejo produkti reakcije, ki prispevajo k aromatičnosti končnega izdelka (Plestenjak, 2003).

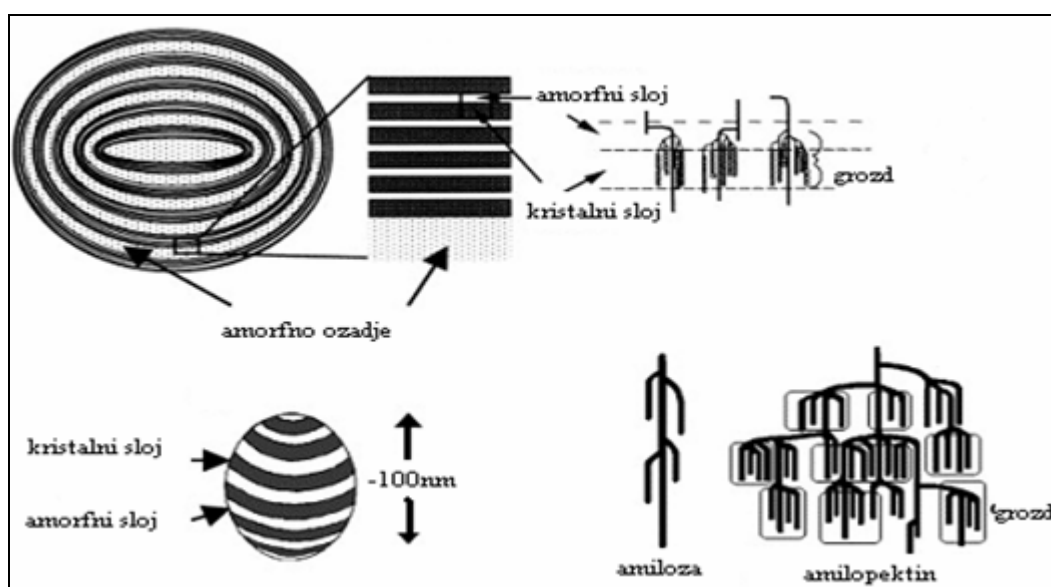
2.3 STARANJE KRUHA

Staranje kruha je proces, ki zajema vse spremembe, ki se dogajajo v kruhu po peki in niso posledica mikrobiološkega kvara. Staranje kruha povzroča spremembe v skorji in v sredici. Skorja, ki je takoj po peki suha, krhka in hrustljava, postane mehka in usnjava zaradi migracije vlage iz sredice ali absorpcije vode iz atmosfere pri povišani relativni vlagi. Ta sprememba je povezana s steklastim prehodom amorfnih snovi in poteka že pri minimalnem povečanju vsebnosti vode. Mehčanje skorje bi bilo lahko povezano z izgubo togosti glutena, ki se nad točko steklastega prehoda obnaša kot guma. Povečanje vlage v skorji spremlja tudi izguba aromatičnosti (Primo-Martin in sod., 2006). Spremembe, ki se pojavijo med staranjem v sredici so posledica veliko bolj kompleksnega procesa. Povečanje trdote sredice in istočasno povečanje drobljivosti in grobosti teksture, splošna izguba arome, zmanjšana kapaciteta za vpijanje vode, zmanjšana količina topnega škroba za encime ter povečana kristaliničnost škroba so posledica sprememb v strukturnih interakcijah škrobnih molekul amiloze in amilopektina. Poglavitni proces odigra rekristalizacija amilopektina, ki se začne takoj po peki, nadaljni procesi pa so zelo odvisni od temperature, saj pri nižji temperaturi potekajo hitreje (Cenčič, 1997). Na staranje kruha vpliva tudi količina vode, saj škrob ne želira popolnoma dokler vode ni dovolj. Velik delež vode se veže z ostalimi komponentami v testu, kot so proteini, sladkorji ter pentozani in je zato le delno na voljo za želatinizacijo med peko (Fessas in Schiraldi, 1998). To je razlog, da se kruh z nižjo vsebnostjo vode stara hitreje. Hitrost in potek staranja sta torej odvisna od več dejavnikov, npr. kemične sestave moke in njenih reoloških značilnosti, dodatka aditivov, kot so mono- in digliceridi, od tehnološkega procesa in skladiščnih razmer.

2.3.1 Škrob

Škrob je produkt fotosinteze. To je proces, pri katerem rastline spreminjajo sončno energijo v kemično energijo. Sinteza škroba poteka v celicah rastlin, in sicer v plastidih in predstavlja rezervno hrano za čas, ko rastlina ni izpostavljena sončnim žarkom. Škrob najdemo tudi v amiloplastih, ki se nahajajo v gomoljih, semenih in koreninah. V amiloplastih se velika količina škroba akumulira v vodi netopne zrna. Oblika in premer teh

zrn je največ odvisna od botanične vrste (Plestenjak, 2003). Škrob je polimer glukoze, povezane med sabo z glikozidnimi vezmi. Te vezi so stabilne pri visokem pH, pri nizkem pH pa hidrolizirajo. Na koncu polimerne verige je aldehidna skupina, ki ji pravimo reducirajoči konec molekule. V škrobu sta prisotni dve skupini škrobnih molekul, in sicer amiloza in amilopektin (Van der Maarel in sod., 2002). Škrob predstavlja 70-80 % pšeničnega zrna in mu nudi pomemben vir energije (Stauffer, 2000).



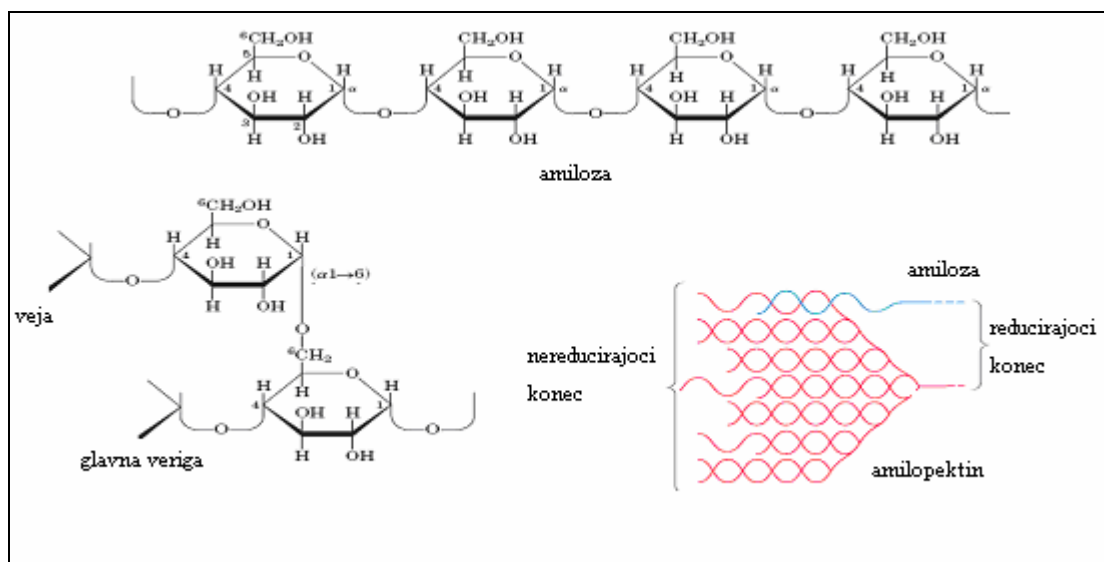
Slika 1: Amorfnu in kristalni deli škrobnega zrna (Goesaert in sod., 2005)

2.3.1.1 Amiloza in amilopektin

Nativna škrobna zrna so urejene kristalinične strukture, sestavljene iz dveh poliglikozidnih enot: amiloze, katere monomeri so povezani z α -1,4 glikozidnimi vezmi, in amilopektina, katerega monomeri so povezani z α -1,4 in α -1,6 glikozidnimi vezmi (Stauffer, 2000).

Pšenični škrob vsebuje približno 25 % amiloze, ki predstavlja linearno verigo, sestavljeno iz 1000-2000 glukoznih enot. Tvori levo sučno vijačnico ali bolj togo levo sučno dvojno vijačnico. Amilopektina je v pšeničnem škrobu približno 75 %. Je razvejan polimer.

Poskusi so pokazali, da ima pri staranju in trdenju sredice kruha amilopektin precej pomembno vlogo, za amilozno frakcijo pa velja ravno obratno, saj v prvih 24-ih urah topnost le te hitro pade, kasneje pa večjih sprememb ni opaziti. Obratno velja za amilopektin. Izvedli so proces ponovne osvežitve kruha, tako da so star kruh v vlažni atmosferi segreti na 80-95 °C. Po narejenih meritvah je bilo ugotovljeno, da se kažejo spremembe in želiranje le pri amilopektinu, s tem ko sta ostala amiloza in gluten nespremenjena.

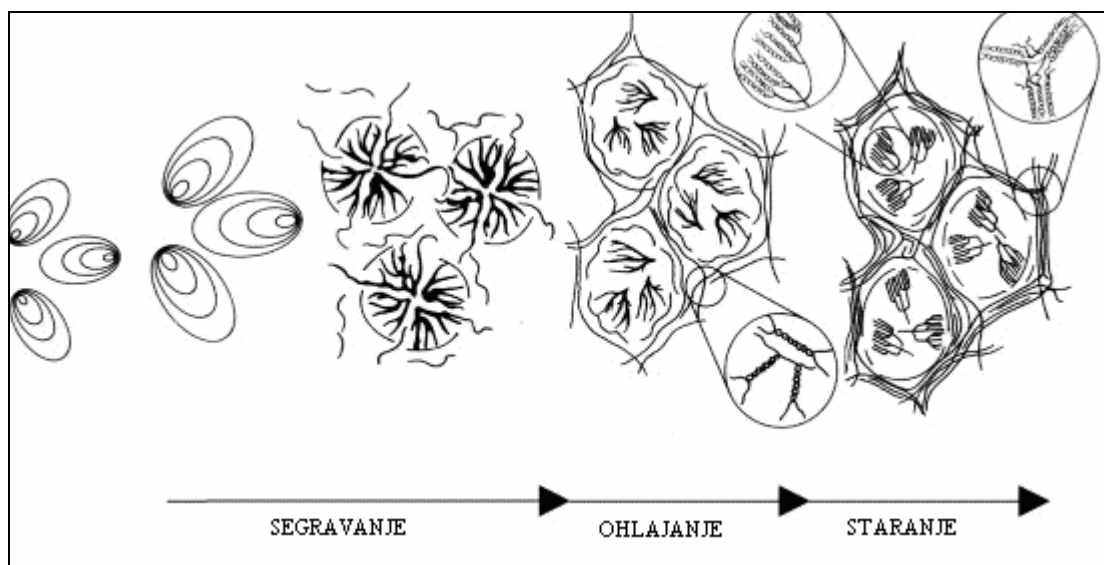


Slika 2: Amiloza in amilopektin (Amylose and amylopectin, 2006)

2.3.1.2 Želiranje škroba

Nativna škrobna zrnca v moki so zaradi vodikovih vezi, ki se tvorijo med hidrosilnimi skupinami v škrobu, v hladni vodi netopna. Pod polarizirano svetlobo je v škrobnem zrnju vidna posebna oblika, ki jo imenujejo malteški križ. Škrob s tako urejenostjo ima visoko stopnjo urejenosti (Matičetova, 2005). S segrevanjem škroba, ob prisotnosti vode, začne visoka stopnja urejenosti izginjati in škrob postaja vedno bolj topen. Temu procesu pravimo

želatinizacija (Stauffer, 2000). Na molekularni ravni lahko vidimo, da se vezi med škrobnimi molekulami pretrgajo, zrna nabreknejo, majhna količina škroba pa steče v medgranularno fazo (Zobel in Kulp, 1996). Tako v sveže pečenih izdelkih, kot je kruh, iz nabreklih škrobnih zrn nekaj amiloze steče v matriks, nekaj pa je ostane na površini granul, kot del amilopektinskih molekul (Stauffer, 2000).

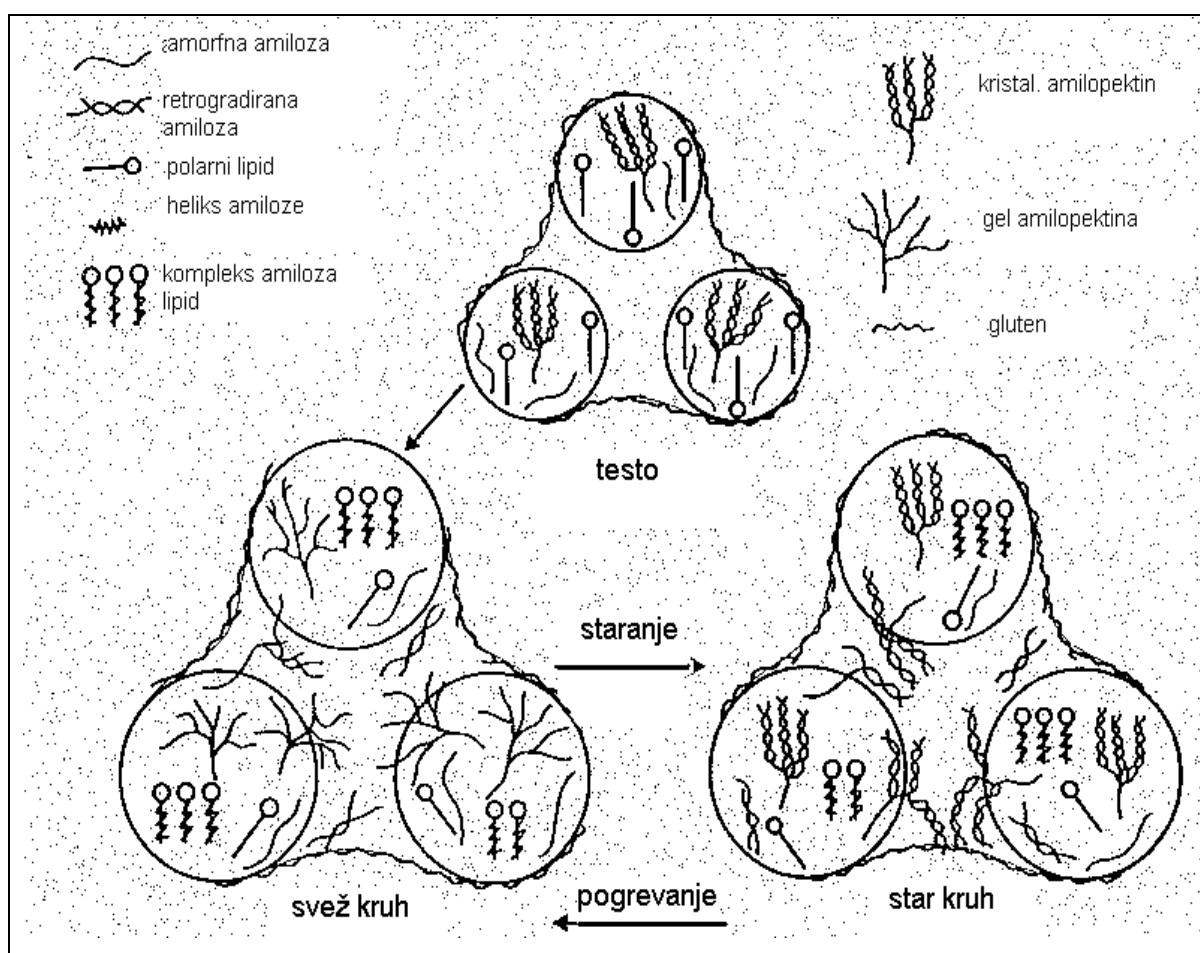


Slika 3: Shematski prikaz sprememb v škrobnem zrnju med segrevanjem, ohlajanjem in staranjem (Goesaert in sod., 2005)

2.3.1.3 Retrogradacija škroba

Takoj po peki se začne proces ohlajanja in staranja kruha, v katerem začne škrob ponovno tvoriti urejene strukture. Gre za proces, ki je obraten od želiranja in mu pravimo retrogradacija škroba. Retrogradacija se zgodi zaradi izpostavljenosti kruha temperaturam, ki so nižje od temperature želatinizacije (Lionetto in sod., 2006). Gre za proces, pri katerem se molekule škroba ponovno povežejo v urejeno strukturo. V začetni fazi dve ali več molekul tvorijo kritično točko, ki lahko kasneje preraste v še bolj razširjeno in urejeno strukturo. Torej molekule amiloze in amilopektina se začnejo ponovno združevati v helikse

in nastopi ponovna kristaliničnost (Zobel in Kulp, 1996). Amiloza formira v vodi netopne kristale ponavadi v nekaj urah. Amilopektin deluje popolnoma drugače, saj kristalizira veliko počasneje, več dni. Vzrok za te razlike se verjetno skriva v molekularni zgradbi (Stauffer, 2000). Nizka molekulska masa amiloze omogoča formiranje različnih struktur in boljše gibanje, kar povzroči hitrejšo kristalizacijo. Kljub temu amiloza nima pomembne vloge pri nadaljnjem staranju sredice kruha. Proces retrogradacije pri amilopektinu poteka počasneje, zato je pomemben pri kasnejših procesih staranja kruha.



Slika 4: Model staranja sredice, ki prikazuje spremembe molekularnih struktur v testu, svežem, starem in pogretem kruhu (Zobel in Kulp, 1996)

2.3.2 Beljakovine

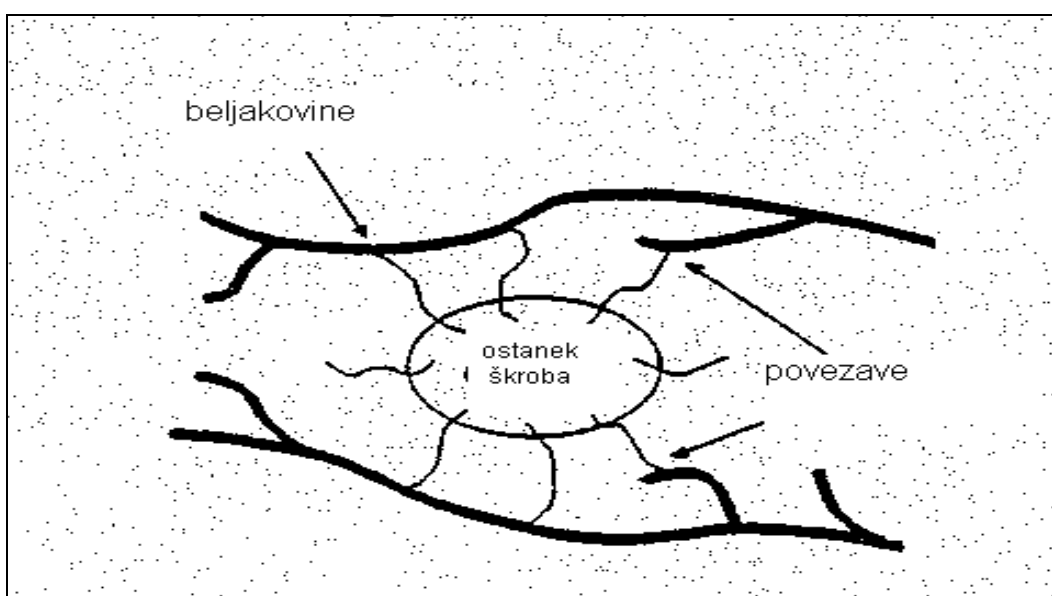
V pšenici imamo dve vrsti proteinov. Prva skupina so ne-glutenske beljakovine, ki nimajo pomembne vloge pri pripravi in kvaliteti kruha. Drugo skupino proteinov predstavlja gluten, ki pa močno vpliva na proizvodnjo in kakovost kruha.

Gluten predstavlja približno 80-85 % vseh pšeničnih proteinov. Nahaja se v endospermu zrelega zrna, kjer tvori kontinuirno mrežo okrog škrobnih granul. Je v vodi netopen. Poznamo dve funkcionalni skupini glutena, in sicer monomerne molekule gliadina in polimerne molekule glutenina (Goesaert in sod., 2005). Glutenin vpliva na moč testa s tem, ko tvori elastično mrežo, ki se nato povezuje z monomeri gliadina. Povezujeta se z nekovalentnimi vezmi, večinoma vodikovimi. Raziskave so pokazale, da so za proces izdelave in kvaliteto kruha bolj pomembni glutenini, saj tvorijo visokomolekularne polimere in s tem prispevajo k elastičnosti glutena (Falcão-Rodrigues in sod., 2005). Pomembno je tudi razmerje med gliadini in glutenini, saj gliadini, nasprotno kot glutenini, vplivajo na plastičnost testa. Za kvaliteten izdelek je potrebno tudi pravilno razmerje med elastičnostjo in plastičnostjo testa (Goesaert in sod., 2005).

Med mesenjem pride do hidracije moke in cepljenja vezi v glutenu. Le ta se pretvori v kontinuirno, viskoelastično mrežo, ki kasneje med fermentacijo in peko zadržuje nastali ogljikov dioksid. S tem vpliva na volumen kruha in na strukturo sredice (Goesaert in sod., 2005).

Dogajanje v testu med peko je zelo pomembno za kvaliteto končnih pekovskih izdelkov, saj obsega dva bistvena procesa: želatinizacijo škroba in denaturacijo beljakovin. Falcão-Rodrigues in sod. (2005) so denaturacijo proteinov definirali kot proces ali del procesa, v katerem se prostorna ureditev polipeptidne verige spremeni iz tipične oblike v bolj neurejene strukture. Večina proteinov denaturira med 50 °C in 80 °C. Poleg denaturacije je, med peko, pomembna funkcija proteinov tudi prehod vode iz glutena na škrobne komponente. Spremembo glutena spremlja vedno večja netopnost, ki vodi do točke, ko se stene plinskih mehurčkov fiksirajo. S tem se volumen kruhu ne povečuje več.

Funkcija glutena pri staranju kruha še ni popolnoma raziskana. Na trdenje sredice vplivajo interakcije škrob-gluten. Tvorba vodikovih vezi med želiranim škrobom in glutenom, poveže skupaj kontinuirno mrežo proteinov in ostanke škrobnih zrn (Goesaert in sod., 2005). Med glutenom slabše kakovosti in škrobnimi zrnji so interakcije močnejše med peko in po peki kot med glutenom boljše kakovosti. To ima pomemben vpliv na hitrejše staranje kruha (Matičetova, 2005).



Slika 5: Interakcije škrob-gluten (Zobel in Kulp, 1996)

2.4 VOLUMEN KRUHA

Pšenični kruh je edini kvašen kruh, katerega testo lahko zadrži med fermentacijo nastale pline. Pri tem imata veliko vlogo kvaliteta in kvantiteta beljakovine glutena, ki določa čvrstost testa (Azizi in Rao, 2004). Iz prekvalitetne moke dobimo testo, ki je preveč čvrsto in se plinske celice v kruhu ne širijo dovolj. Tak kruh nima primerne volumna, je preveč zbit. (Campbell in sod., 2001). Volumen kruha običajno računamo na količino moke, iz katere je bil kruh izdelan, tako da ugotavljamo, koliko cm^3 dobimo kruha iz 100 g moke.

Seveda lahko računamo volumen kruha tudi na osnovi njegove lastne mase ali njegove specifične teže.

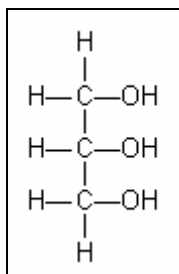
2.5 MONOGLICERIDI

2.5.1 Monogliceridi in digliceridi

Emulgatorji, ki danes prevladujejo v pekarski industriji, so mono- in digliceridi jedilnih maščobnih kislin. So površinsko aktivne snovi, ki znižujejo površinsko napetost in imajo sposobnost oblikovati emulzijo.

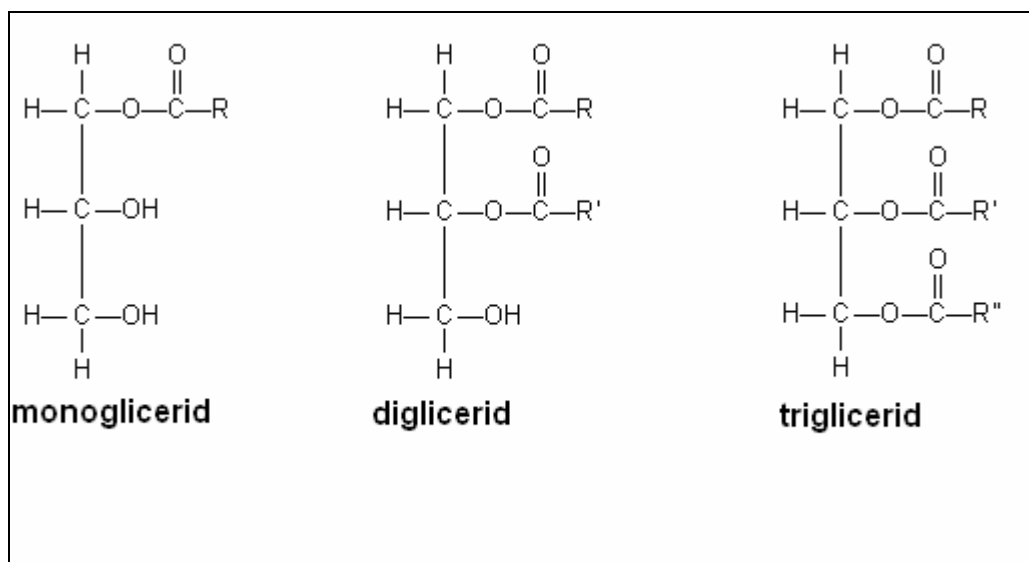
Monogliceridi in digliceridi so estri glicerola in maščobnih kislin. So najpogosteje uporabljeni emulgatorji v pekarski in slašičarski industriji ter pri izdelavi margarin. Imajo status GRAS, zato je njihova uporaba v živilstvu razširjena. Njihove splošne kemijske lastnosti izhajajo iz njihove kemijske sestave. Pridobivajo jih z esterifikacijo ali transesterifikacijo rastlinskih in živalskih maščob. Lahko jih pripravijo tudi iz delno ali popolnoma vodikoviranih maščob in olj ter glicerola. Reakcija poteka ob prisotnosti alkalnega katalizatorja, NaOH ali KOH. Rezultat je mešanica mono-, di- in trigliceridov ter glicerola. α -monoglicerid je primarni produkt pri reakciji, ki poteka pri sobni temperaturi. V reakcijah, ki tečejo pri temperaturi 210 °C- 250 °C se tvori največ β -monoglicerida. Po koncu reakcije je potrebno katalizator nevtralizirati, presežek glicerola odstraniti in nastali produkt čim prej ohladiti.

Glicerol je bolj topen v maščobah z nizko molekularno maso in malo bolj topen v nenasičenih kot nasičenih maščobah. Reakcija pri temperaturi nad 250 °C pripelje do deorganizacije in diskoloracije končnega produkta. Ker je nad to temperaturo glicerol najbolj topen, te reakcije izvajajo v prisotnosti dušika, CO₂, aktivnega oglja in drugih reagentov, ki preprečujejo diskoloracije.



Slika 6: Glicerol (Glicerol in monoglicerid, 2006)

Funkcionalnost mono- in digliceridov, narejenih iz živalskih in rastlinskih maščob se ne razlikuje. Katere materiale uporabimo, je odvisno od cene, dostopnosti in želje potrošnikov. Priprava mono- in digliceridov z izkoriščanjem maščobnih kislin je običajno dražji postopek kot proces transesterifikacije in se uporablja v večini takrat, ko potrebujemo monoglicerid pridobljen striktno in direktno iz maščobne kisline. Komercialni monogliceridi vsebujejo 50 % monoestrov, 40 % diestrov in 10 % trigliceridov. Sestavljeni so iz različnih vrst kot so 1 monoglicerid, 1,3 diglicerid, 2 monoglicerid in 1,2 diglicerid. Če je v monogliceridu maščobna kislina vezana na srednji C atom, je molekula simetrična in govorimo o β -monogliceridu. V primeru, da je vezana na enega izmed začetnih C atomov, dobimo nesimetrično molekulo, α -monoglicerid (Kamel in Ponte Jr, 1995). Pri visoki temperaturi je razmerje med β in α izomerama 82:18, pri sobni temperaturi pa je razmah še večji, in sicer 95:5. Obe izomeri sta enako učinkoviti pri zaviranju staranja sredice kruha. Glede na to, da so obojni, mono- in digliceridi, hidrofilni in lipofilni, so delno topni tako v vodi kot v maščobah. Absorbirajo se na površino vodne in maščobne faze in znižujejo površinsko napetost. Monogliceridi so pri tem uspešnejši, prisotnost digliceridov pa pripomore k lažji razpršitvi monogliceridov.

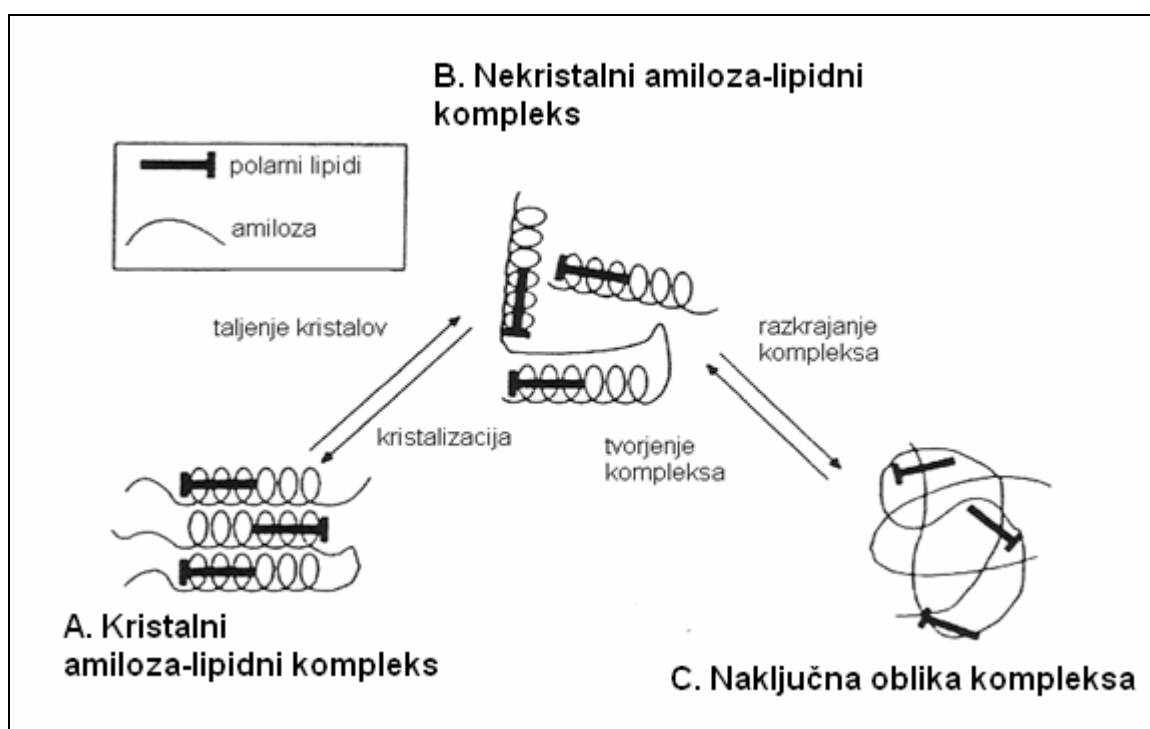


Slika 7: Monoglicerid, diglicerid in triglicerid (Glicerol in monoglicerid, 2006)

Destilirane monogliceride pridobivajo z molekularno destilacijo običajne mešanice mono- in digliceridov. Reakcija poteka v destilatorju pri temperaturi 200 °C-210 °C. Dobimo produkt, ki vsebuje 90-97 % monogliceridov. To je mogoče doseči z ekstremno tankimi filmi, prisotnostjo visokega tlaka v kombinaciji s kratko destilacijsko potjo. Vsebnost monoestra v končnem produktu varira med 25 in 90 % , ionska vrednost med 1 in 120 in je odvisna od vrste uporabljenega materiala s tališčem med 40 °C- 70 °C. Dostopni so v obliki pudra, kristalov, kosmičev, plastike, tekočine ali pa v hidratni obliki (Kamel in Ponte, 1995).

Knightly (1996) je preučeval vpliv monogliceridov na staranje sredice s spreminjanjem kemijske sestave emulgatorja. Monogliceridi z nasičeno maščobno kislino, npr. palmitat in stearat, so bili bolj uspešni pri zaviranju procesov staranja, kot tisti z nenasičeno maščobno kislino, npr. oleinsko in linolensko. Nasičeni monoester naredi testo bolj suho in močno, z izboljšano raztegljivostjo in večjim volumnom. Monoestri z nenasičeno maščobno kislino tvorijo bolj šibko in manj elastično testo, ki ima majhen volumen, nesimetrično obliko ter grobo strukturo.

Legendijk in Pennings sta delala poskuse s čistimi monogliceridi. Ugotovila sta, da se tvorijo kompleksi z amilozo in z amilopektinom, in da prevladujejo kompleksi z amilozo. Sposobnost tvorbe kompleksa z amilozo narašča z dolžino linearne verige maščobne kisline. Maksimalno sposobnost vezave ima monopalmitin, takoj za njim je monostearin in nato še monoarahidin. Tvorba kompleksov z amilopektinom pada z naraščanjem nenasičenosti, kar sta avtorja pripisala pomanjkanju togosti maščobno-kislinske verige (Knightly, 1996).



Slika 8: Tvorba kompleksa amiloza-lipid (Knightly, 1996)

Poskuse na kompleksih amilopektin-monogliceridi sta delala tudi Huang in White (1993). Meritve sta opravljala z DSC metodo (differential scanning calorimetry) in merjenjem iodne afinitete. Meritve sta izvajala z monogliceridi različnih maščobnih kislin, kot so monolaurin, monomiristicin, monopalmitin in monostearin. Nista zaznala bistvenih razlik med kompleksi oz. med strukturo škrobnih gelov, v katere so bili vključeni monogliceridi. V predhodnih raziskavah so z uporabo koruznega škroba in različnih vrst monogliceridov

našli razlike. Kruhi, ki so jim dodali monomiristicin in monopalmitin so se starali počasneje kot tisti z dodatkom monostearina. Vendar te razlike niso bile utemeljene in tudi pogoji priprave niso bili enakovredni (Zobel in Kulp, 1996).

Z DSC metodo je bilo narejenih še precej študij. Sledili so naraščajoči retrogradaciji amilopektina v pšeničnih škrobih z merjenjem toplotne energije, ki se sprošča med rekristalizacijo. Podatki meritev so pokazali velik porast retrogradacije v vzorcih brez dodanih monogliceridov. V vzorcih z monogliceridi je bilo, po sedmih dneh skladiščenja pri temperaturi 22 °C, potrebno 0,85 J/g energije za raztopitev. Za vzorec brez dodatka je bilo potrebno 1,35 J/g energije. To razliko so pripisali interakciji monogliceridov z amilopektinom, saj se ob dodatku več kot 1 % emulgatorja veže vsa prosta amiloza in več amilopektina, kar zmanjša retrogradacijo. Za optimalno kontrolo nad retrogradacijo amilopektina moramo torej dobro pretehtati koncentracijo, tip in možne mešanice monogliceridov (Zobel in Kulp, 1996).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 MATERIAL

Moka

Za zames smo uporabili pšenično moko tipa 500. Hrovat (2000) navaja, da tip moke pove, koliko pepela le ta vsebuje (v %). Moka tipa 500 je bela in vsebuje 0,5 % pepela. Dobimo jo z mletjem jedra žitnega zrna, ki vsebuje veliko škroba in malo beljakovin, maščob in celuloze. Moka ima kakovosten lepek, dobro pecilnost in encimsko aktivnost. Analizo moke so predhodno opravili v laboratoriju Žita (analiza moke je podana v prilogi).

Pekli smo pet vrst kruha in za vsako vrsto kruha smo uporabili 1 kg moke.

Kvas

Dodali smo 2 % instant suhega kvasa znamke Saf Instant, kar znaša 20 g na 1 kg moke. Suhi kvas se pridobiva z liofilizacijo. Vsebuje 6 – 10 % vlage, nastali granulati se pakirajo v nepropustno embalažo, ki ob hladnem in suhem skladiščenju ohranja svoje lastnosti tudi eno leto (Hrovat, 2000).

Sol

Uporabili smo morsko sol Droge Kolinska. Dodali smo je 2,1 %, oz. 21 g na 1 kg moke.

Sladkor

Na 1 kg moke smo dodali 20 g sladkorja. Uporabili smo 2 % belega kristalnega sladkorja na kg moke Tovarne sladkorja Ormož.

Olje

K testu smo dodali 25 ml / kg moke olja Zvezda. Gre za jedilno, rafinirano, sončnično olje.

Askorbinska kislina

Askorbinsko kislino smo dodali le enemu izmed petih kruhov, in sicer v koncentraciji 0,005 %. Za 1 kg moke smo je torej potrebovali 0,05 g.

Emulgator monoglicerid oz. E471

Emulgator E471 nam je priskrbela Kolinska. Dodajali smo ga v treh različnih koncentracijah, in sicer 0,2 %, 0,4 % in 0,6 %. To pomeni 2 g, 4 g in 6 g na 1 kg moke. Gre za monogliceride, pridobljene z esterifikacijo glicerola in maščobnih kislin.

Voda

Voda je imela temperaturo 29 °C do 30,5 °C. Dodali smo je 67 % glede na količino moke, kar je 670 ml na 1 kg moke.

3.2 METODE

Poskus smo opravljali v pekarni Biotehniške fakultete v Ljubljani. Poskus smo opravljali v štirih paralelkah. Pekli smo bele štruce kruha, v modelih, iz moke T 500, ki so pred peko tehtale 250 g. Tudi določanje specifičnega volumna in merjenje trdote sredice kruha smo opravili na Biotehniški fakulteti.

3.2.1 Recepture za pripravo belih pšeničnih kruhov

Na osnovi zastavljenega poskusa smo pripravljali beli pšenični kruh brez dodatkov (kontrolni vzorec), beli pšenični kruh z dodatkom askorbinske kisline ter bele pšenične kruhe s tremi različnimi koncentracijami emulgatorja monoglicerida.

Beli pšenični kruh brez dodatkov (kontrolni vzorec):

- 1 kg moke T500
- 21 g soli
- 20 g sladkorja
- 20 g kvasa
- 25 ml olja
- 670 ml vode

Beli pšenični kruh z dodatkom askorbinske kisline:

- 1 kg moke T500
- 21 g soli
- 20 g sladkorja
- 20 g kvasa
- 50 mg askorbinske kisline
- 25 ml olja
- 670 ml vode

Beli pšenični kruh z dodatkom 0,2 % E471

- 1 kg moke T500
- 21 g soli
- 20 g sladkorja
- 20 g kvasa
- 2 g E471
- 25 ml olja
- 670 ml vode

Beli pšenični kruh z dodatkom 0,4 % E471

- 1 kg moke T500
- 21 g soli
- 20 g sladkorja
- 20 g kvasa
- 4 g E471
- 25 ml olja
- 670 ml vode

Beli pšenični kruh z dodatkom 0,6 % E471

- 1 kg moke T500
- 21 g soli
- 20 g sladkorja
- 20 g kvasa
- 6 g E471
- 25 ml olja
- 670 ml vode

3.2.2 Priprava in peka testa

Testo smo pripravljali po direktni metodi. Vse surovine smo s pomočjo elektronske tehtnice znamke Soehne natehtali in jih zmešali s pomočjo spiralnega mešalca DIOSNA, in sicer 6 minut počasi in 3 minute hitro.

Po zamesu je testo v mešalcu počivalo 20 minut. V tem času smo spremljali njegovo temperaturo, ki se je gibala med 27 °C in 30 °C.

Po dvajsetih minutah smo testo razdelili na 250 g štručke in jih v modelih položili v vzhajalno komoro.

Fermentacija je potekala 30 minut. Med tem časom je temperatura v komori nekoliko nihala in se gibala med 27 °C in 31 °C. Tudi relativna vlaga ni bila ves čas enaka. Gibala se je med 75 % in 95 % vlažnostjo. Pogoje fermentacije smo merili z elektronskim termometrom Testo, katerega sonda je bila ves čas v komori.

Po fermentaciji smo testo pekli 29 minut pri temperaturi 230 °C. Pečene štručke smo iz pekačev položili v pletene košare in jih pustili 2-3 ure, da so se popolnoma ohladile. Ohlajene štručke smo stehali in jim izmerili volumen ter trdoto sredice. Štručke za kasnejše meritve smo zapakirali v PE vrečke.

3.2.3 Instrumentalne metode

3.2.3.1 Merjenje volumna in specifičnega volumna belih pšeničnih kruhov

Za merjenje volumna smo uporabili metodo z nasipom gorčičnih semen. Najprej smo veliko posodo nasuli do roba in z ravnilom poravnali površino ter odstranili odvečna semena. Nato smo skoraj vsa semena iz prve posode, pustili smo jih toliko da so pokrila dno, presuli v drugo posodo. V posodo, kjer smo pustili nekaj semen, smo položili stehtano štručko in na njo nasuli gorčična semena iz druge posode. Zopet smo semena z ravnilom poravnali do zgornjega roba. Tista semena, ki niso šla v posodo s štručko smo presuli v merilni valj na katerem smo nato odčitali volumen kruha v ml. Volumen smo merili 3 ure po peki, torej samo prvi dan. Iz izmerjenega volumna in teže kruha smo izračunali specifični volumen kruha po naslednji formuli:

Specifični volumen = [volumen kruha v ml / masa kruha v g]

3.2.3.2 Merjenje trdote sredice belih pšeničnih kruhov

Trdoto sredice smo merili z analizatorjem teksture TA-TXPlus po standardni metodi AACC 74-09, ki jo je razvilo združenje American Association of Cereal Chemists in je bila odobrena leta 1986 (Bourne, 1995). Iz sredine štruce smo z nožem odrezali 2 rezini debeline 25 mm. Rezine smo položili pod aluminijasti bat, premera 36 mm, ki je potoval s hitrostjo 10 mm/s in stisnil sredico kruha do višine 15 mm. Merili smo silo v newtonih (N), ki je bila potrebna za penetracijo bata v sredico. Bolj kot je bila sredica trda, večja sila je bila potrebna. Trdoto sredice smo merili vsem petim različicam kruha, in sicer 4 h po peki, 28 h po peki in 52 ur po peki. Iz dobljenih rezultatov smo lahko sklepali na hitrost staranja sredice.

3.2.4 Statistična analiza

V poskusu zbrane podatke smo pripravili in uredili s programom EXCEL XP. Tako urejene podatke smo statistično obdelali z računalniškim programom SAS (SAS Software, Version 8.01, 1999) z multiplo analizo variance - proceduro GLM (General Linear Models).

Statistični model za trdoto kruha je vključeval vpliv različnega dodatka (D) in časa metitve (C) (model 1), za volumen kruha pa samo vpliv različnega dodatka (D) (model 2).

$$y_{ijk} = \mu + D_i + C_j + e_{ijk} \text{ (model 1)}$$

$$y_{ij} = \mu + D_i + e_{ij} \text{ (model 2)}$$

kjer je y_{ijk} = ijk -to opazovanje, μ = povprečna vrednost, D_i – vpliv dodatka (kontrola, askorbinska kislina, 2g E471, 4g E471, 6g E471), C_j = vpliv časa meritve (4 ure po peki, 28 ur po peki, 52 ur po peki dan) in e_{ijk} = ostanek.

Srednje vrednosti za eksperimentalne skupine so bile izračunane z uporabo Duncanovega testa in so primerjane pri 5 % tveganju.

4 REZULTATI

4.1 MERJENJE VOLUMNA IN SPECIFIČNEGA VOLUMNA BELIH PŠENIČNIH KRUHOV

V preglednici 1 so meritve volumna in mase pšeničnih belih kruhov, ki smo jih izmerili tri ure po peki. Iz dobljenih meritev smo izračunali specifični volumen kruhov za posamezno vrsto kruha (preglednica 2).

Preglednica 1: Meritve volumna in mase belih pšeničnih kruhov

KONTROLA		DODATEK A		DODATEK B		DODATEK C		DODATEK D	
V (ml)	m (g)	V (ml)	m (g)	V (ml)	m (g)	V (ml)	m (g)	V (ml)	m (g)
1010	208	1080	208	1020	209	1100	211	1160	210
1020	209	1100	208	1020	208	1090	211	1130	208
1020	209	1090	210	1000	211	1090	208	1160	210
900	210	1070	207	1030	210	1070	208	1160	208
710	215	960	206	900	208	950	207	980	207
780	214	870	206	900	207	940	208	980	207
810	214	960	207	930	208	970	207	990	206
810	211	960	208	900	208	940	210	1000	208
800	211	890	209	800	212	900	210	910	211
810	211	930	210	820	211	920	209	930	210
790	212	950	211	840	210	940	208	940	211
800	211	930	208	840	209	910	210	900	209
840	211	920	209	920	214	900	212	950	207
830	213	920	209	890	209	920	214	980	207
840	212	960	211	880	214	930	214	1000	209
830	212	970	207	900	212	950	211	980	210

A - askorbinska kislina; B – 2 g E471; C – 4 g E471; D – 6 g E471

Preglednica 2: Izračunani specifični volumni belih pšeničnih kruhov glede na vrsto in količino dodatka

	Dodatek				
	kontrola	vit C	2g E471	4g E471	6g E471
Spec. Volumen (ml/g)	4,856	5,192	4,88	5,213	5,524
	4,88	5,288	4,904	5,166	5,433
	4,88	5,19	4,739	5,24	5,524
	4,286	5,169	4,905	5,144	5,577
	3,302	4,66	4,327	4,589	4,734
	3,645	4,223	4,348	4,519	4,734
	3,785	4,638	4,471	4,686	4,806
	3,839	4,615	4,39	4,476	4,808
	3,791	4,258	3,774	4,286	4,313
	3,839	4,429	3,886	4,402	4,429
	3,726	4,502	4	4,519	4,455
	3,981	4,402	4,299	4,245	4,589
	3,897	4,402	4,258	4,299	4,734
	3,962	4,55	4,112	4,346	4,785
	3,915	4,686	4,245	4,502	4,667
	3,791	4,471	4,019	4,333	4,306

Tako urejene podatke smo statistično obdelali z računalniškim programom SAS (SAS Software. Version 8.01, 1999) z multiplo analizo variance - proceduro GLM (General Linear Models). Dobljeni rezultati so v preglednici 3, 4, 5.

Preglednica 3: Rezultat specifičnega volumna belih pšeničnih kruhov z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri

parameter	n	\bar{x}	min	max	so	KV (%)
Spec. volumen (ml/g)	80	4,5	3,3	5,6	0,48	10,70

n - število obravnavanj; \bar{x} - povprečna vrednost; min - minimalna vrednost; max - maksimalna vrednost; so – standardni odklon deviacija; KV (%) - koeficient variabilnost

V preglednici 3 imamo zbrane podatke za specifični volumen belih pšeničnih kruhov, ne glede na vrsto in količino dodatka. Razvidno je da smo merili volumen in določali

specifični volumen 80-im vzorcem, katerega povprečna vrednost je 4,5 ml/g, minimalna vrednost je 3,3 ml/g in maksimalna vrednost 5,6 ml/g. Koefficient variabilnosti (KV) je 10,70 in je posledica določanja volumna vseh vrst, na glede na vrsto in količino dodatka.

Preglednica 4: Viri variabilnosti in statistične značilnosti njihovega vpliva na specifični volumen belih pšeničnih kruhov

parameter	vir variabilnosti (P vrednost)		
	dodatek	čas metitve	dodatek*čas metitve
prostostne stopnje	4	2	8
specifični volumen (ml/g)	<0,0001	-	-

P≤0,001 statistično zelo visoko značilen vpliv; **P≤0,01** statistično visoko značilen vpliv; **P≤0,05** statistično značilen vpliv; nz P>0,05 statistično neznačilen vpliv.

Iz preglednice 4 je razvidno, da na specifični volumen kruha statistično vpliva samo vrsta in količina dodatka, čas meritve pa ne. To je popolnoma razumljivo, saj smo volumen kruhov vedno merili ob istem času, in sicer 3 ure po peki. Dodatek pa ima statistično zelo visoko značilen vpliv.

Preglednica 5: Vpliv vrste in količine dodatka na specifični volumen belega pšeničnega kruha (model 2, Duncanov test, $\alpha = 5\%$)

parameter	dodatek					značilnost
	kontrola	Vitamin C	2g E471	4g E471	6g E471	
specifični volumen (ml/g)	4,0±0,5 ^c	4,7±0,4 ^a	4,4±0,4 ^b	4,6±4 ^{ab}	4,8±4 ^a	<0,0001

$P \leq 0,001$ statistično zelo visoko značilen vpliv; $P \leq 0,01$ statistično visoko značilen vpliv; $P \leq 0,05$ statistično značilen vpliv; nz – neznačilen vpliv ($P > 0,05$); skupine z enako črko v indeksu se med seboj statistično značilno ne razlikujejo.

V preglednici 5 vidimo, da ima vrsta in količina dodatka statistično zelo visoko značilen vpliv.

Specifični volumen belih pšeničnih kruhov z dodatkom vitamina C, 4 g E471 in 6 g E471 se med seboj statistično značilno ne razlikujejo. Tudi specifični volumni ob dodatku 2 g E471 in 4 g E471 se med seboj statistično značilno ne razlikujejo. Specifični volumen kontrole se od ostalih vzorcev edini statistično značilno razlikuje.

4.2 MERJENJE TRDOTE SREDICE BELIH PŠENIČNIH KRUHOV

Trdoto sredice smo merili 4 ure po peki in nato vsakih 24 ur, in sicer na dveh rezinah kruha vsake vrste. Rezultati teh meritev so prikazani v preglednici 6. Dobljene rezultate smo nato statistično ovrednotili in jih prikazali v preglednici 7, 8 in 9.

Preglednica 6: Meritve trdote sredice belih pšeničnih kruhov, z različno vrsto in količino dodatka, 4 ure, 28 ur in 52 ur po peki

KONTROLA									
Trdota sredice (N)	1. dan	3,653	3,629	5,540	5,624	4,023	4,143	3,679	4,221
	2. dan	5,897	6,726	11,596	10,560	10,801	8,385	7,523	8,806
	3. dan	10,110	10,878	17,001	15,354	14,566	12,784	12,092	15,776
DODATEK ASKORBINSKE KISLINE									
Trdota sredice (N)	1. dan	2,531	2,799	3,004	3,115	3,665	2,796	2,705	3,864
	2. dan	7,083	6,994	5,937	6,423	8,846	7,883	7,489	8,658
	3. dan	10,116	9,141	8,731	7,322	11,621	10,675	10,780	11,706
DODATEK 2 g E471									
Trdota sredice (N)	1. dan	3,378	2,800	4,675	4,011	4,023	3,178	3,312	4,665
	2. dan	6,299	5,863	6,912	7,959	10,257	7,722	7,696	9,616
	3. dan	8,051	8,483	10,689	11,202	14,953	14,093	11,179	14,218
DODATEK 4 g E471									
Trdota sredice (N)	1. dan	2,173	2,316	2,897	2,675	3,418	3,165	3,503	3,123
	2. dan	5,577	5,514	6,912	6,734	8,636	6,469	6,815	8,697
	3. dan	8,277	7,839	7,875	9,224	11,080	8,256	8,620	9,413
DODATEK 6 g E471									
Trdota sredice (N)	1. dan	2,89	2,240	3,326	3,282	3,965	3,512	2,784	3,406
	2. dan	6,053	4,888	5,858	6,074	8,884	5,607	5,701	8,238
	3. dan	8,003	7,786	7,579	6,670	12,691	9,363	8,858	12,693

Preglednica 7: Rezultat merjenja trdote sredice belih pšeničnih kruhov z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri

parameter	n	\bar{x}	min	max	so	KV (%)
sila (N)	120	7,2	2,2	17,0	3,48	48,47

n - število obravnavanj; \bar{x} - povprečna vrednost; min - minimalna vrednost; max - maksimalna vrednost; so – standardni odklon deviacija; KV (%) - koeficient variabilnost

V preglednici 7 imamo statistično obdelane rezultate trdote sredice belih pšeničnih kruhov, ne glede na vrsto in količino dodatka. Meritev smo opravili 120 krat in dobili povprečno vrednost 7,2 N. Ker so v te meritve zajeti rezultati meritev vseh kruhov, ne glede na vrsto in količino dodatka ter ne glede na čas, je koeficient variabilnosti 48,47 %.

Preglednica 8: Viri variabilnosti in statistične značilnosti njihovega vpliva na trdoto sredice belih pšeničnih kruhov

parameter	vir variabilnosti (P vrednost)		
	dodatek	čas metitve	dodatek*čas metitve
prostostne stopnje	4	2	8
trdota sredice (N)	<0,0001	<0,0001	0,0541

P≤0,001 statistično zelo visoko značilen vpliv; **P≤0,01** statistično visoko značilen vpliv; **P≤0,05** statistično značilen vpliv; **nz P>0,05** statistično neznačilen vpliv.

Vrsta in količina dodatka (vitamin C, 2 g E471, 4 g E471, 6 g E471) statistično zelo visoko značilno vpliva na trdoto sredice belih pšeničnih kruhov, kar je razvidno tudi iz preglednice 8.

Tudi čas meritev (4 ure, 28 ur in 52 ur po peki) statistično zelo visoko značilno vpliva na trdoto sredice oz. na staranje kruha.

Statistično neznačilen vpliv na trdoto sredice se kaže med paralelkami.

Preglednica 9: Vpliv vrste in količine dodatka na trdoto sredice belih pšeničnih kruhov (model 1, Duncanov test, $\alpha = 5\%$)

čas meritve	trdota sredice (N)					značilnost dodatka
	kontrola	vitamin C	2g E471	4g E471	6g E471	
1. dan (4 ure)	4,3±0,8 ^{za}	3,1±0,5 ^{zc}	3,8±0,7 ^{zab}	2,9±0,5 ^{zc}	3,2±0,5 ^{zbc}	0,0002
2. dan (28 ur)	8,8±2,0 ^{ya}	7,4±1,0 ^{yab}	7,8±1,5 ^{yab}	6,9±1,2 ^{yb}	6,4±1,4 ^{yb}	0,0321
3. dan (52 ur)	13,6±2,5 ^{xa}	10,0±1,5 ^{xbc}	11,6±2,6 ^{xab}	8,8±1,1 ^{xc}	9,2±2,3 ^{xc}	0,0003
značilnost čas meritve	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	

$P \leq 0,001$ statistično zelo visoko značilen vpliv; $P \leq 0,01$ statistično visoko značilen vpliv; $P \leq 0,05$ statistično značilen vpliv; $P > 0,05$ – neznačilen vpliv ($P > 0,05$); ^{x,y,z} skupine z enako črko v indeksu znotraj stolpca se med seboj statistično značilno ne razlikujejo; ^{a, b, c, d, e} skupine z enako črko v indeksu znotraj vrstice se med seboj statistično značilno ne razlikujejo.

Iz preglednici 9 lahko razberemo, kakšen statistični vpliv imajo vrsta in količina dodatka ter čas meritve na trdoto sredice belih pšeničnih kruhov.

Pri vseh vrstah kruha ima čas statistično zelo visoko značilen vpliv na trdoto sredice, saj je v vseh primerih $P < 0,0001$, kar nam pove, da se trdota sredice povečuje s časom ne glede na to ali vsebuje dodatek ali ne.

Meritve trdote sredice vseh vrst kruha, ki smo jih zabeležili 4 ure po peki, se statistično zelo visoko značilno razlikujejo. Pri meritvah 28 ur po peki je vpliv samo statistični značilen, kljub različni vrsti in količini dodatka. Pri meritvah 52 ur po peki je zopet zaznati statistično zelo visoko značilen vpliv dodatkov na trdoto sredice.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Pri proizvodnji kruha in peciva ob minimalnem dodatku aditivov, pa tudi encimov, če je to potrebno, dosežemo zelo dobre učinke tudi pri slabših vrstah moke. Moderna prehrabena industrija proizvaja živila, v katere mora dodajati prehrabene aditive, da bi bili izdelki oblikovani tako, da bi pritegnili in zadržali kupce (Katalenič, 1998). V pekarstvu so danes najpogosteje uporabljeni aditivi emulgatorji na osnovi monogliceridov, ki so jih začeli uporabljati v dvajsetih letih prejšnjega stoletja, v pekarstvu pa nekoliko pozneje, in sicer v šestdesetih letih prejšnjega stoletja. Le ti tvorijo komplekse z želiranim škrobom in tako vplivajo na upočasnjeno staranje sredice kruha. Ker se monogliceridi vgradijo v notranji, lipofilni del heliksov amiloze in kasneje tudi amilopektina, ne pride do tvorbe urejenih struktur in rekristalizacije škroba. Posledično je kruh po peki mehkejši in takšen tudi dlje časa ostane. Vplivajo tudi na volumen kruha, in sicer zaradi interakcij z glutenom.

Dodatek monogliceridov ima torej bistven vpliv na teksturne in reološke lastnosti pečenega kruha, kar se odraža v njegovi boljši kakovosti. V diplomski nalogi smo s pomočjo instrumentalnih metod spremljali vpliv monogliceridov na hitrost staranja sredice in specifični volumen pšeničnega belega kruha.

Ker s staranjem kruha postaja sredica vedno bolj trda, smo staranje kruha spremljali z merjenjem trdote sredice. Merili smo jo po standardni metodi AACC 74-09 s pomočjo analizatorja teksture (TA-XTplus). Merili smo silo, ki jo je potreboval aluminijski bat za stisk rezine kruha za 40 %. Merili smo trdoto sredice belim kruhom brez dodatkov, z dodatkom vitamina C in z dodatkom treh različnih količin dodatka monoglicerida (0.2 %, 0.4 % in 0.6 %). Vsem petim vrstam kruha smo merili trdoto 4 ure, 28 ur in 52 ur po peki. S tem smo želeli ugotoviti, kako vrsta in količina dodatka vpliva na strukturo in mehkobo sredice ter na hitrost staranja kruha. S tem so se ukvarjali in se še ukvarjajo tudi drugi znanstveniki in raziskovalci. Knightly (1996) je raziskoval vlogo monogliceridov pri staranju sredice in določil optimalno vrednost dodatka, to je 0.25-0.3 %. Ugotovil je tudi, da na učinkovitost le teh vpliva tudi količina dodane svinjske masti.

Na podlagi raziskav z DSC metodo in merjenjem toplotne energije, potrebne za želiranje škroba, je bilo ugotovljeno, da se ob dodatku več kot 1 % monogliceridov sigurno veže vsa amiloza. Ker se po tem začnejo monogliceridi vezati z amilopektinom, se s tem močno zmanjša retrogradacija (Zobel in Kulp, 1996).

Specifični volumen kruha smo izračunali na podlagi izmerjene mase in volumna pečenih štruc. Večji kot je bil volumen oz. specifični volumen, bolj je bila sredica porozna. Dodatek emulgatorjev utrdi glutensko mrežo, ki zadrži med mesenjem in fermentacijo nastale mehurčke (Poglajen, 2000). Več mehurčkov ostane nepoškodovanih, večji je končni volumen kruha in bolj porozna je sredica (Sahi, 2003).

Specifični volumen je bil najvišji pri kruhu z dodanim 0.6 % monoglicerida in najmanjši pri kontrolnem vzorcu. Ugotovili smo, da je dodatek askorbinske kisline zelo dobro vplival na volumen, saj je bil večji, kot pri dodatku 0.4 % monoglicerida.

V enem izmed vzorcev kruha je bila dodana tudi askorbinska kislina. Njen dodatek učvrsti glutensko mrežo. Oksidirana oblika askorbinske kisline povzroči tvorbo disulfidnih mostičkov, kar učvrsti lepek in poveča stabilnost testa pri fermentaciji. Testo je sposobno zadržati večjo količino plinov, kar poveča volumen izdelka (Kovač in Raspor, 1994).

Rezultati naših poskusov so pokazali, da trdota sredice s časom v vseh petih primerih narašča. Po 4-ih in 52-ih urah merjenja so bile razlike med vzorci precejšnje, s tem ko po 28-ih urah ni bilo opaziti velike razlike med vzorci. Vzorec z dodatkom 0.4 % emulgatorja je imel že prvi dan najbolj mehko sredico in se je kasneje tudi najpočasneje staral.

Poskuse smo opravili v štirih paralelkah, med katerimi so se rezultati precej razlikovali. Vzorci prve paralelke so imeli najvišji volumen pri vseh petih vrstah kruha. Tudi pri merjenju trdote sredice smo pri vzorcih prve paralelke zabeležili najmanjše sile. V ostalih treh paralelkah so bili rezultati bolj primerljivi. Razlogi za to so lahko v spremenjenem programu peči po prvi peki. Do razlik med paralelkami je lahko prišlo tudi zaradi neenakomernih pogojev priprave med paralelkami in tudi znotraj paralelk.

5.2 SKLEPI

Na podlagi instrumentalnih meritev in statistične analize rezultatov meritev belih pšeničnih kruhov, z dodanimi različnimi vrstami in količinami dodatkov, smo prišli do naslednjih zaključkov:

- Trdota sredice se povečuje s staranjem kruha pri vseh vzorcih, ne glede na vrsto in količino dodatka. Rezultati meritev po 4-ih, 28-ih in 52-ih urah se statistično zelo visoko razlikujejo med kontrolnim vzorcem in vzorci z dodatkom askorbinske kisline oz. emulgatorja.
- Trdota sredice je odvisna tudi od vrste in količine dodatka (askorbinska kislina, 0.2 % E471, 0.4 % E471 in 0.6 % E471). Meritve trdote sredice potrjujejo statistično značilen vpliv dodatkov, tako askorbinske kisline kot emulgatorja. Ta vpliv je prvi in tretji dan statistično visoko značilen, drugi dan pa statistično značilen.
- Prvi dan (4 ure po peki), se rezultati meritev med trdoto sredice kruha, z dodatkom askorbinske kisline, 4 g E471 in 6 g E471 statistično ne razlikujejo med seboj. Isto je po 28-ih in 52-ih urah. Tudi rezultati kontrole in dodatka 2 g E471 se, po meritvah vseh treh dni, statistično ne razlikujejo med seboj.
- Kljub majhnim razlikam, meritve kažejo, da je dodatek 0.4 % E471 optimalna koncentracija. Že pri meritvi po 4-ih urah je bila za ta vzorec potreba najmanjša sila za stisk, kar kaže, da ta koncentracija emulgatorja optimalno vpliva na poroznost, elastičnost in trdoto. Ker so tudi meritve po 28-ih in 52-ih urah pokazale pri dodatku 0.4 % E471 najnižjo trdoto sredice, lahko sklepamo, da se pri tej koncentraciji emulgatorja kruh tudi najpočasneje stara.
- Volumen in maso kruha smo določali samo 3 ure po peki, tako da lahko primerjamo specifične volumne med posameznimi vrstami kruhov. Vpliv vrste in količine dodatka ima statistično zelo visoko značilen vpliv na specifični volumen kruha. Kljub temu, da se vzorci z dodatkom askorbinske kisline, 4 g E471 in 6 g E471 statistično ne razlikujejo, je največji specifični volumen pri dodatku 6 g E471.

- Edini vzorec, ki se statistično razlikuje od vseh ostalih, je kontrola. Specifični volumen le te je bistveno manjši od ostalih vzorcev, tako da lahko sklepamo, da tako dodatek askorbinske kisline, kot monoglicerida, pozitivno vplivajo na volumen kruha.

6 POVZETEK

Mono in digliceridi so površinsko aktivne snovi, ki se dodajajo pekovskim izdelkom z namenom upočasnjevanja procesa staranja sredice. V pekarstvu so jih začeli uporabljati v šestdesetih letih. Sprva je veljalo prepričanje, da bodo imeli kruhi z dodatkom teh emulgatorjev mehkejšo sredico. Fenomen so povezovali z boljšo disperzijo posameznih komponent moke v testu. Pozneje je bilo ugotovljeno, da mono in digliceridi aktivno preprečujejo tudi retrogradacijo in tvorbo škrobnih kristalov (Kovač in Raspor, 1994).

Monogliceridi tvorijo komplekse s škrobno komponento, in sicer najprej z amilozo in nato z amilopektinom. Po vseh raziskavah, ki so jih znanstveniki naredili je za upočasnjeno staranje bolj zaslužen kompleks z amilopektinom, katerega retrogradacija tudi močnejše vpliva na trdenje sredice in staranje kruha. Krog je leta 1979 napisal, da se kompleksi monogliceridov z amilozo začnejo tvoriti že med peko, s tem ko se kompleksi z amilopektinom začnejo formirati šele po peki (Azizi in Rao, 2004).

Kompleks med monogliceridi in proteini se začne formirati že med zamesom. S tvorbo kompleksa se formira močna glutenska mreža, ki zadrži med fermentacijo in počivanjem nastali ogljikov dioksid v testu. Rezultat je lepša in bolj porozna sredica ter večji volumen pečenega kruha (Kamel in Ponte Jr, 1995).

Namen diplomske naloge je bil določiti optimalno koncentracijo monogliceridov pri peki belih pšeničnih kruhov. Uporabili smo tri koncentracije pripravljene dodatka E471, in sicer 0.2 %, 0.4 % in 0.6 %. Te vzorce smo primerjali s kruhom brez dodatka (kontrola) in kruhom, ki smo mu dodali 50 mg vit C/ kg moke. Poskus smo delali v štirih paralelkah, pri vseh pekah pa smo se trudili vzdrževati določene optimalne pogoje za zames, fermentacijo in peko kruha.

Po peki smo kruhom izmerili maso in volumen ter iz dobljenih podatkov izračunali specifični volumen. S tem smo posredno določili tudi poroznost kruhov. S pomočjo analizatorja teksture (TA-TXPlus) smo po metodi AACC 74-09 merili trdoto sredice 4 ure,

28 ur ter 52 ur po peki. S to metodo smo na posreden način določili hitrost staranja sredice kruha.

Rezultati so pokazali, da čas po peki statistično zelo značilno vpliva na trdenje sredice, kar kažejo tudi rezultati statistične analize ($P \leq 0,0001$ pri vseh petih vrstah kruha). Na trdoto sredice in hitrost staranja vpliva tudi vrsta in količina dodatka. Kontrolni vzorec kruha brez dodatka askorbinske kisline in emulgatorja ima najtršo sredico že prvi dan in se kasneje tudi najhitreje trdi. To kaže na to, da na hitrost staranja dobro vplivata oba dodatka, askorbinska kislina in monogliceridi. Med temi štirimi vzorci je najboljši in najbolj konstantne rezultate pokazal kruh z dodanimi 0.4 % E471. Pri dodatku 0.6 % E471 so bili rezultati delno primerljivi z vzorcem, kateremu je bila dodana askorbinska kislina in z vzorcem z dodanim 0.4 % E471. Vzorec s koncentracijo 0.2 % E471 kaže bistveno boljše rezultate kot kontrola, vendar je za optimalen učinek koncentracija emulgatorja prenizka.

Z določanjem specifičnega volumna smo določili tudi poroznost sredice. Večja kot sta volumen in specifični volumen, bolj je sredica rahla in porozna. Največji specifični volumen je imel kruh z dodatkom 6 g E471 in takoj za njim kruh z dodano askorbinsko kislino. Za askorbinsko kislino nam je že iz literature znano, da krepi elastičnost lepka in ima zato močan vpliv na volumen (Eršte, 1994).

7 VIRI

AACC method 74-09. 1983. V: Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. 8th ed. First approved 10/8/86, revised 11/4/87. St. Paul, American Association of Cereal Chemists. Cit. po: Bourne M. C. 1995. Teksture measurements on finished baked goods. V: Advances in baking technology. Kamel B.S., Stauffer C. E. (eds.). London, New York, Blackie Academic-Professional: 135-149

Amylose and amylopectin. 2006. Rochester, University of Rochester, Information Technology Center (19. jan. 2006)

www.courses.rochester.edu/platt/BIO250-Spr06/S06-BIO250-14.ppt (30. maj 2006): 1 str.

Azizi M. H., Rao G. U. 2004. Dough rheological properties and effect of surfactant gels on bread making characteristic of wheat flours of different qualities. *Journal of Texture Studies*, 35: 75-91

Bonet A., Rosell C.M., Caballero P.A., Gomez M., Pérez-Munuera I., Lluch M.A. 2006. Glucose oksidase effect on dough rheology and bread quality: a study from macroscopic to molekular level. *Food Chemistry*, 99, 2: 408-415

Bourne M. C. 1995. Teksture measurements on finished baked goods. V: Advances in baking technology. Kamel B.S., Stauffer C. E. (eds.). London, New York, Blackie Academic-Professional: 135-149

Brown J. 1995. Advances in breadmaking technology. V: Advances in baking technology. Kamel B.S., Stauffer C.E. (eds.). London, New York, Blackie Academic-Professional: 38-49

Campbell G. M., Herrero-Sanchez R., Payo-Rodrigues R., Merchan M. L. 2001. Measurement of dynamic dough density and effect of surfactants and flour type on aeration during mixing and gas retention during proofing. *Cereal Chemistry*, 78, 3: 272-277

Cenčič L. 1997. Vpliv modificirane atmosfere na nekatere reološke in fizikalno-kemične lastnosti kruha. *Sodobno kmetijstvo*, 11: 458-463

Dobraszczyk B. J., Morgenstern M. P. 2003. Rheology and the breadmaking process. *Journal of Cereal Science*, 38, 3:229-245

Eršte A. 1994. Vpliv aditivov na kakovost belega kruha. Diplomsko naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo:1-33

Falcão-Rodrigues M. M., Moldao-Martins M., Beirão-da-Costa M. L. 2005. Thermal properties of gluten proteins of two soft wheat varieties. *Food Chemistry*, 93, 3: 459-465

Fessas D., Schiraldi A. 1998. Texture and staling of wheat bread crumb: effect of water extractable proteins and pentosans. *Thermochimica Acta*, 323, 1-2: 17-26

Glicerol in monoglicerid. 2006. Milano, Energia e Ambiente, Ufficio centrale CTI – Energia Ambiente

www.cti2000.it/biodiesel/chimica_oli.htm (30. maj 2006):1 str.

Goesaert H., Brijs K., Veraverbeke W. S., Courtin C. M., Gebruers K., Delcour J. A. 2005. Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends in Food Science & Technology*, 16, 1-3: 12-30

Hrovat M. 2000. Tehnološke osnove proizvodnje kruha. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 7, 55-57, 10-12

Huang J. J., White P. J. 1993. Waxy corn starch – monoglyceride interaction in a model system. *Cereal Chemistry*, 70, 1: 42-47

Kamel B. S., Ponte J. G. Jr. 1995. Emulsifier in baking. V: *Advances in baking technology*.

Kamel B. S., Stauffer C. E. (eds.). London, New York, Blackie Academic-Professional: 179-217

Katalenič M. 1998. Kam aditivov ne smemo dodajati?. Mlinarstvo in pekarstvo, 4: 8-12

Klofutar C. 1994. Pregled dodatkov v živilstvu- definicija in uporaba. V: Aditivi. 16. Bitenčevi živilski dnevi '94, Bled, 9-10 junij 1994. Raspor P. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 3-10

Knightly W. H. 1996. Surfactants. V: Baked goods freshness. Hebeda R. E., Zobel H. F. (eds.). New York, Marcel Dekker:65-100

Kovač A., Raspor P. 1994. Zmanjšana uporaba aditivov v pekarstvu. V: Aditivi. 16. Bitenčevi živilski dnevi, Bled, jun. 1994. Raspor P. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 47-56

Krog N. J. 1979. Dynamic and unique monoglycerides. Cereal Foods World, 24, 1: 10-11

Kulp K. 1995. Enzymes as dough improvers. V:Advances in baking technology. Kamel B.S., Stauffer C.E. (eds.). London, New York, Blackie Academic-Professional: 152-176

Lai H.-M., Lin T.-C. 2006. Bakery products. V: Handbook of food science, technology, and engineering. Vol. 4. Hui Y. H. (ed.). Boca Raton, Taylor & Francis Group: 44-48

Lionetto F., Maffezzoli A., Ottenhof M. A., Farhat I. A., Mitchell J. R. 2006. Ultrasonic investigation of wheat starch retrogradation. Journal of Food Engineering, 75, 2: 258-266

Matičetova S. 2005. Vpliv temperature pečenja na hitrost staranja sredice pšeničnih kruhov. Diplomaska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo:1-16

Mair G., Grosch W. 1979. Changes in glutathione content (reduced and oxidised form) and the effect of ascorbic acid and potassium bromate on glutathione oxidation during dough mixing. *Journal of the Science of Food & Agriculture*, 30, 9: 914-920

Plestenjak A. 2003. Zapiski iz predavanj pri predmetu Tehnologija poljščin. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo

Poglajen S. 2000. Dodatki z namenom izboljšanja. *Mlinarstvo in pekarstvo*, 4, 14: 8-11

Primo-Martin C., Van der Pijpekamp A., Van Vliet T., De Jongh H. H. J., Plijter J. J., Hamer R. J. 2006. The role of the gluten network in the crispness of bread crust. *Journal of Cereal Science*, 44, 3: 342-352

Pyler E. J. 1992. Baking science and technology. V: *Encyclopedia of food science and technology*. Vol.1. Hui Y. H. (ed.). New York, John Wiley & Sons, Inc.:158-176

Sahi S.S. 2003. The interfacial properties of the aqueous phases of full recipe bread doughs. *Journal of Cereal Science*, 37: 205-214

SAS Software. Version 8.01. 1999. Cary, SAS Institute Inc: software

Stauffer E. S. 1999. Emulsifiers. St. Paul. USA, American Association of Cereal Chemist: 25-30, 39-44, 47-63

Stauffer C. E. 2000. Emulsifiers as antistaling agents. *Cereal Foods World*, 45, 3: 106-110

Štiglic B. 2004. Izobraževanje za degustatorke. Grosuplje, Pekarna Grosuplje: 1-14

Uhan G. 2005. Reološke lastnosti prosenih mešanih kruhov. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 11-13

Van der Maarel M.J.E.C., Van der Veen B., Uitdehaag J.C.M., Leemhuis H., Dijkhuizen L. 2002. Properties and applications of starch-converting enzymes of the α -amilase family. *Journal of Biotechnology*, 94, 2: 137-155

Zobel H. F., Kulp K. 1996. The staling mechanism. V: *Baked goods freshness*. Hebeda R.E., Zobel H. F. (eds.). New York, Marcel Dekker: 1-55

ZAHVALA

Za mentorstvo ter strokovno pomoč in vodenje pri opravljanju diplomskega dela se zahvaljujem doc. dr. Andreju Plestenjak.

Zahvala gre ravno tako recenzentu prof. dr. Marjanu Simčič za skrben pregled diplomskega dela in doc. dr. Lei Gašperlin za statistično obdelavo podatkov.

Najlepše hvala ga. Mariji Simončič za dobro voljo in stalno pomoč pri peki kruha, mag. Tomažu Požrl za dobre nasvete in dr. Tomažu Polak za pomoč pri opravljanju meritev.

Ivici Hočevar in Barbari Slemenik se zahvaljujem za pomoč in nasvete pri iskanju in urejanju literature.

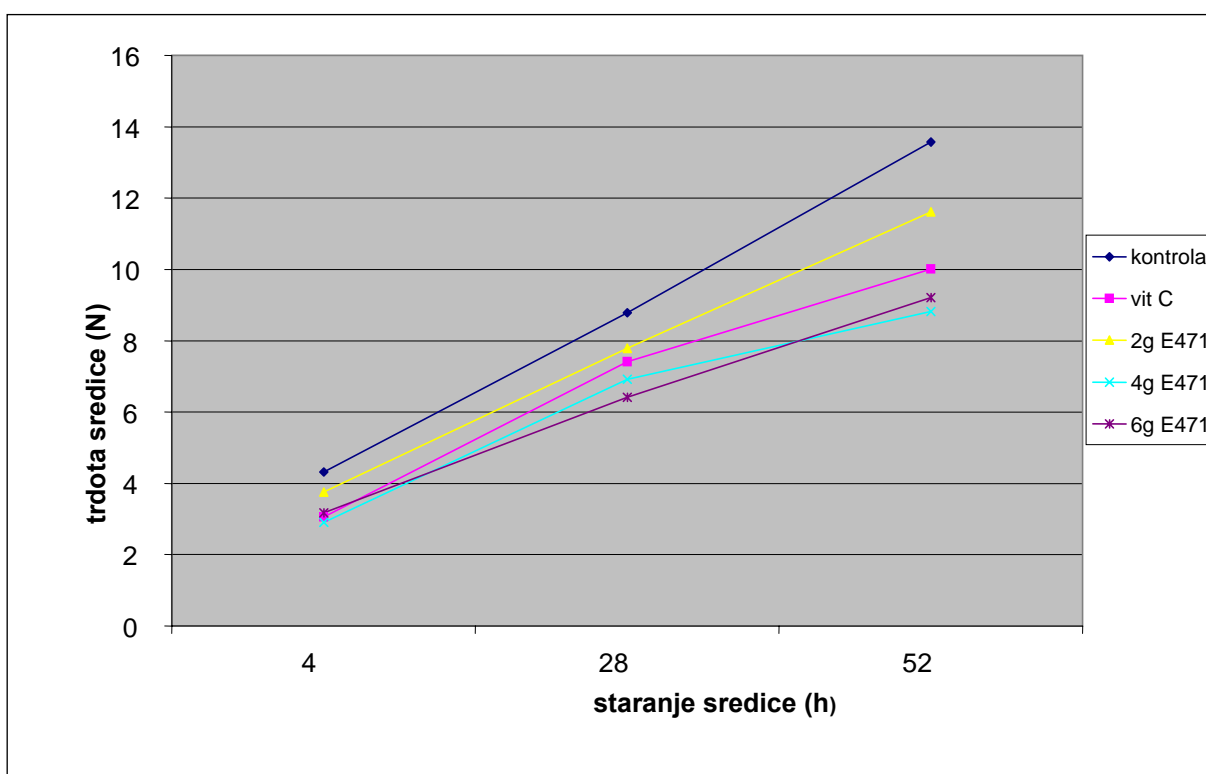
Hvala Jerneju za vse vzpodbudne besede ter za pomoč in nasvete pri oblikovanju diplomskega dela.

Iskrena hvala gre seveda moji celotni družini, predvsem pa staršema, ki sta mi omogočila šolanje ter mi vsa ta leta stala ob strani in mi nesebično pomagala pri premagovanju težav.

Hvala vsem sošolcem, sošolkam in prijateljem, ki ste mi naredili moja študijska leta nepozabna.

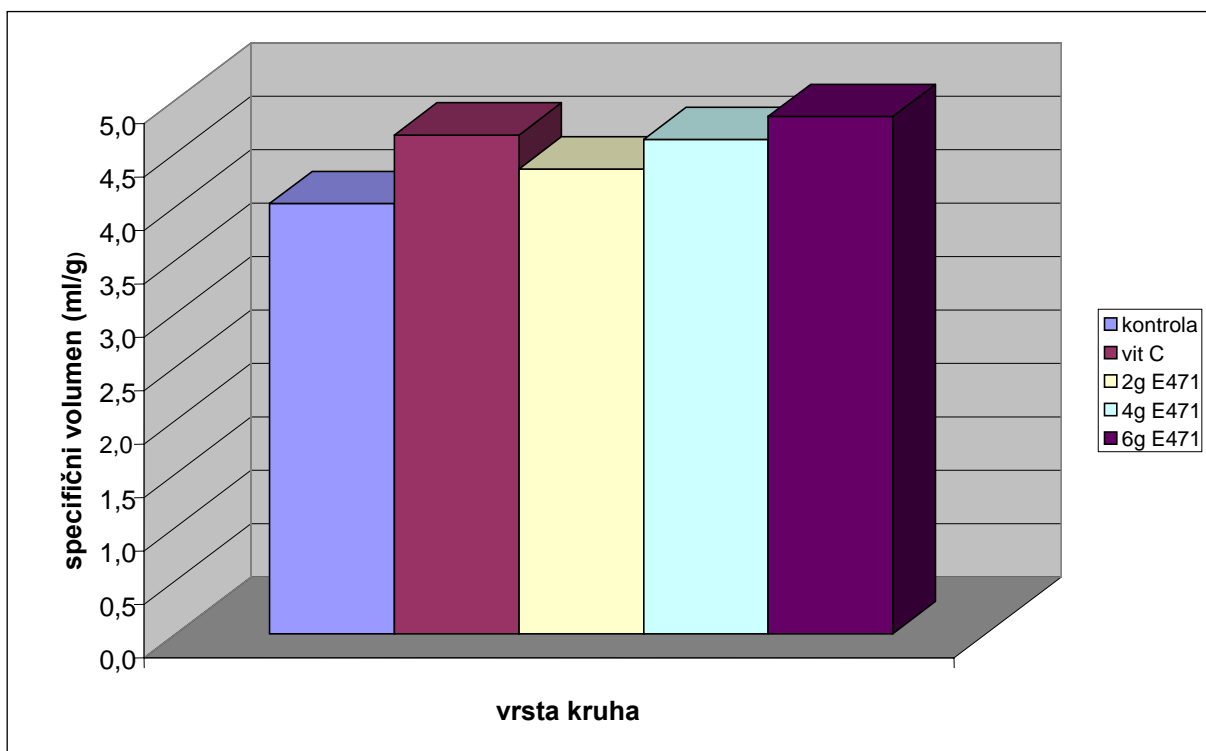
PRILOGE

Grafični prikaz vpliva vrste in količine dodatka na staranje sredice belih pšeničnih kruhov



Priloga A: Vpliv vrste in količine dodatka na trdoto sredice belih pšeničnih kruhov

Grafični prikaz vpliva vrste in količine dodatka na specifični volumen belih pšeničnih kruhov

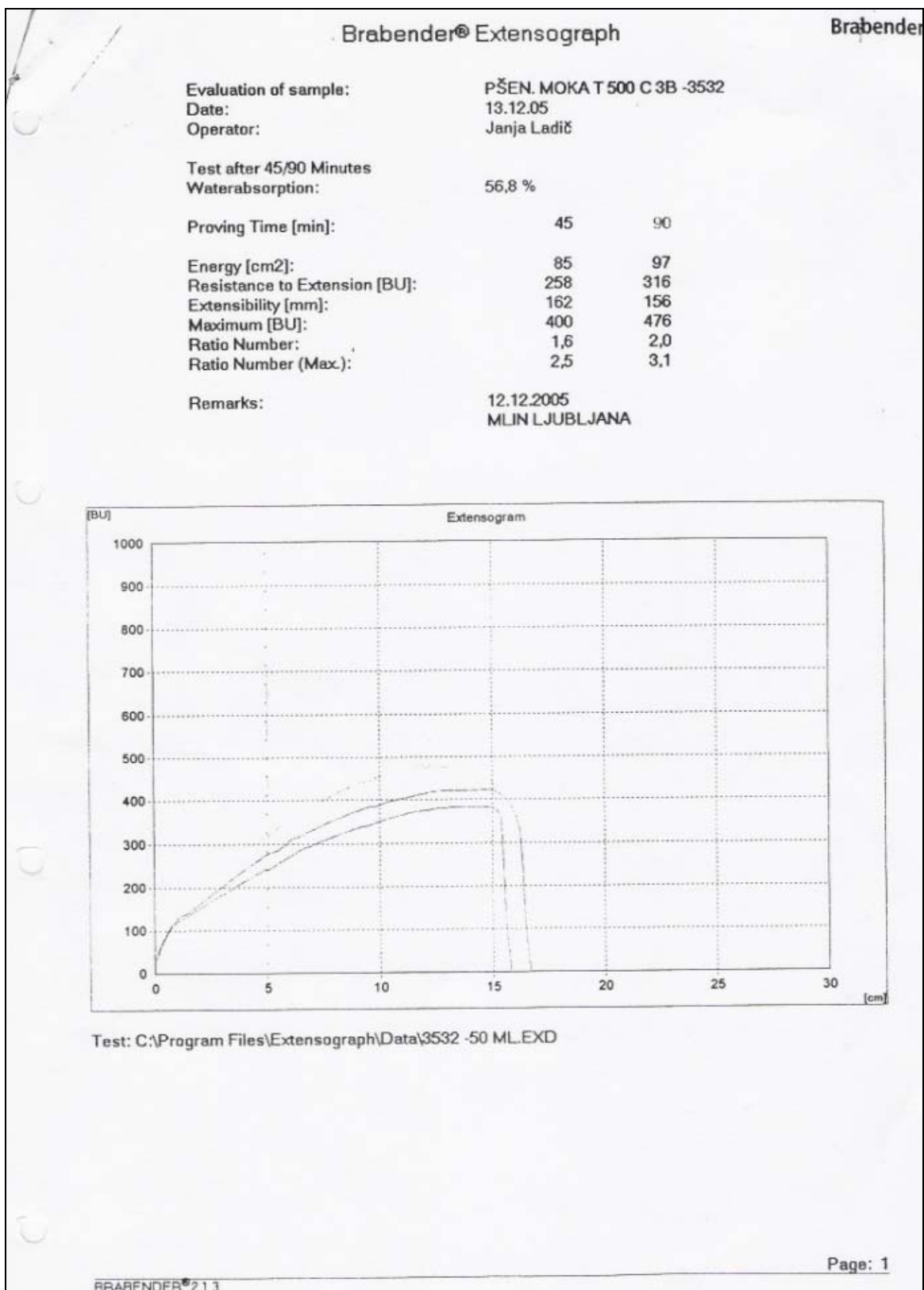


Priloga B: Vpliv vrste in količine dodatka na specifični volumen belih pšeničnih kruhov

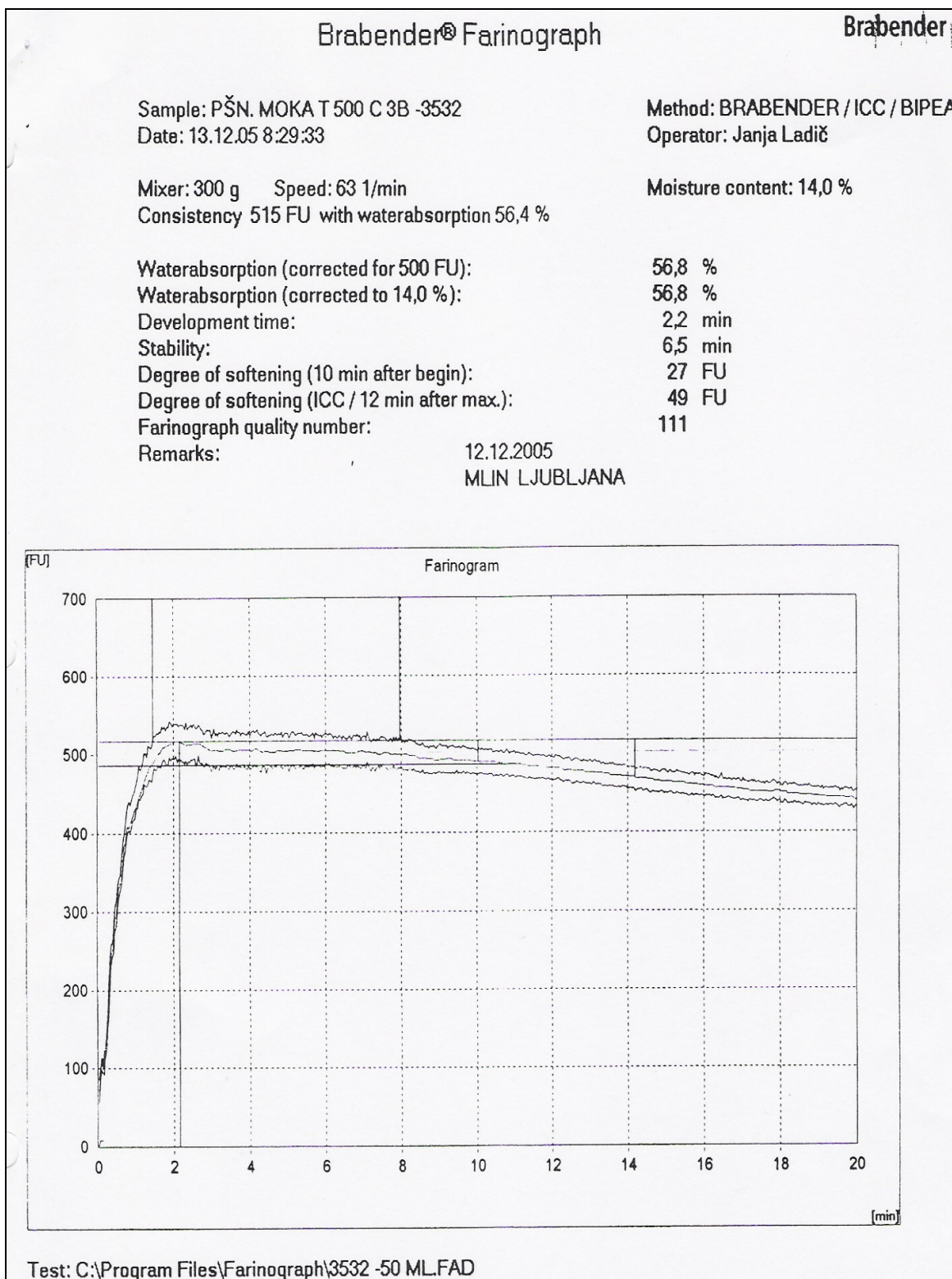
Priloga C1. Analiza moke (ŽITO d. d., Ljubljana, 2005)

	<p>ŽITO d.d. Šmartinska cesta 154 SI - 1529 Ljubljana Kontrola kakovosti tel: +386 (0)1 5876 208 faks: +386 (0)1 5876 136 E-pošta: kontrolni.laboratorij@zito.si WWW: www.zito.si</p>
<p>Datum: 13.12.2005</p>	
<p>D1 ŽITO INTES g.Ida ŠTEMBERGER, univ.dipl.ing</p>	
<p>1529 LJUBLJANA Šmartinska 154</p>	
<p>REZULTAT KEMIJSKE ANALIZE</p>	
<p>Naročnik analize g.Marjan URANKAR dne 13.12.05. Rezultat oddan naročniku: 13.12.2005 Rezultat se nanaša na prinešeni vzorec!</p>	
<p>VZOREC:</p>	
<p>3532 PŠENIČNA MOKA TIPA "500" C 3B/d.p.12.12.2005/up.do 12.12.2006</p>	
<p>d o l o č i t v e (enota)</p>	<p>3532 < normati</p>
<p>suha snov (g/kg)</p>	<p>850.1</p>
<p>vlaga (g/kg)</p>	<p>149.9</p>
<p>1 vlaga (%)</p>	<p>14.99 </p>
<p>1 pepel/ss (%)</p>	<p>0.533 </p>
<p>1 vlažni lepek (%)</p>	<p>30.2 </p>
<p>1 suhi lepek (%)</p>	<p>10.4 </p>
<p>1 kakovost lepka-GQI (-)</p>	<p>84 </p>
<p>1 kislinska stopnja (-)</p>	<p>1.74 </p>
<p>1 org.last.(0=svojst.;1=nesv.) (-)</p>	<p>0 </p>
<p>1 encimatska aktivnost - FN (-)</p>	<p>348</p>
<p>1 FARINOGRAM (glej prilogo) (-)</p>	<p>1</p>
<p>1 EKSTENZOGRAM (glej prilogo) (-)</p>	<p>1</p>
<p>Ad 3532: Vzorec ustreza NA 10.95 KK.</p>	
	<p>Vodja Kontrole kakovosti Nataša ČEPON TROBEC,ing.</p> <p></p>

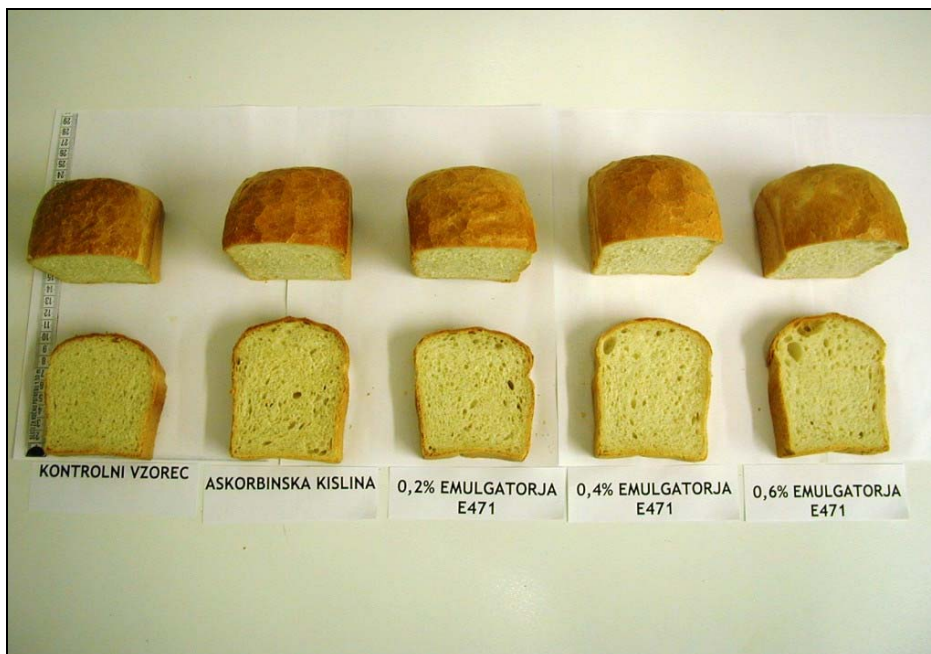
Priloga C2. Analiza moke (ŽITO d. d., Ljubljana, 2005)



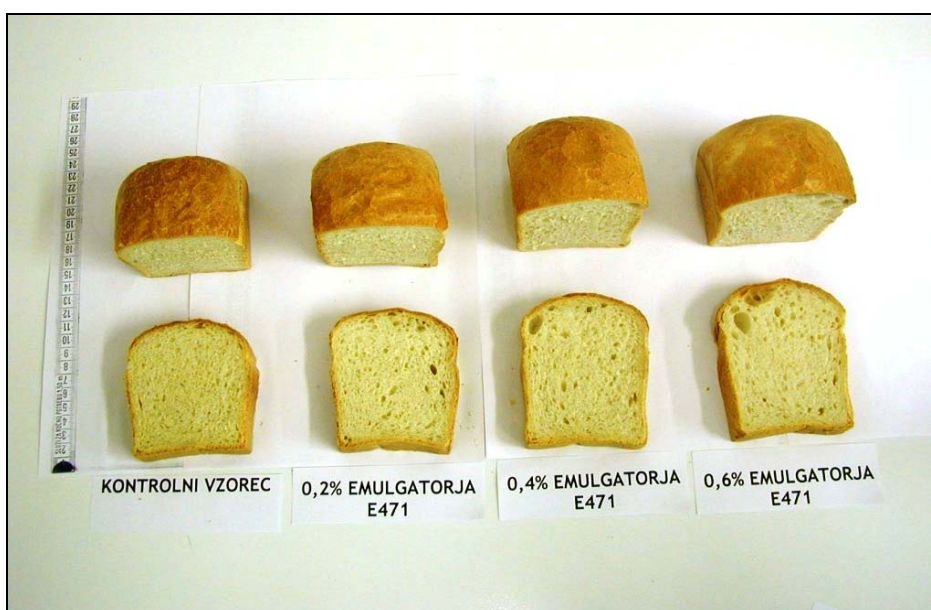
Priloga C3. Analiza moke (ŽITO d. d., Ljubljana, 2005)



Priloge D: Prikaz in primerjava prereza vzorcev belih pšeničnih kruhov, in sicer kontrolnega vzorca, kruha z dodatkom askorbinske kisline in kruhov z dodatkom 0.2 %, 0.4 % in 0.6 % E471, na fotografiji, posneti 30. 8. 2006



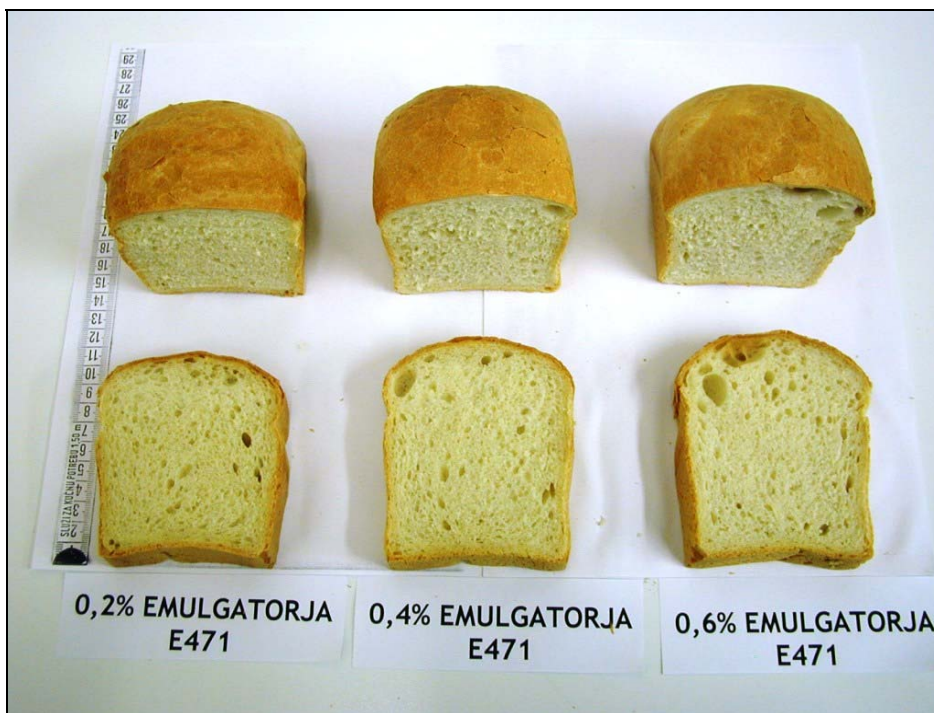
Priloga D1: Primerjava kontrolnega vzorca in kruhov z dodatkom askorbinske kisline ter tremi različnimi koncentracijami emulgatorja E471, in sicer 0.2 %, 0.4 % in 0.6 %



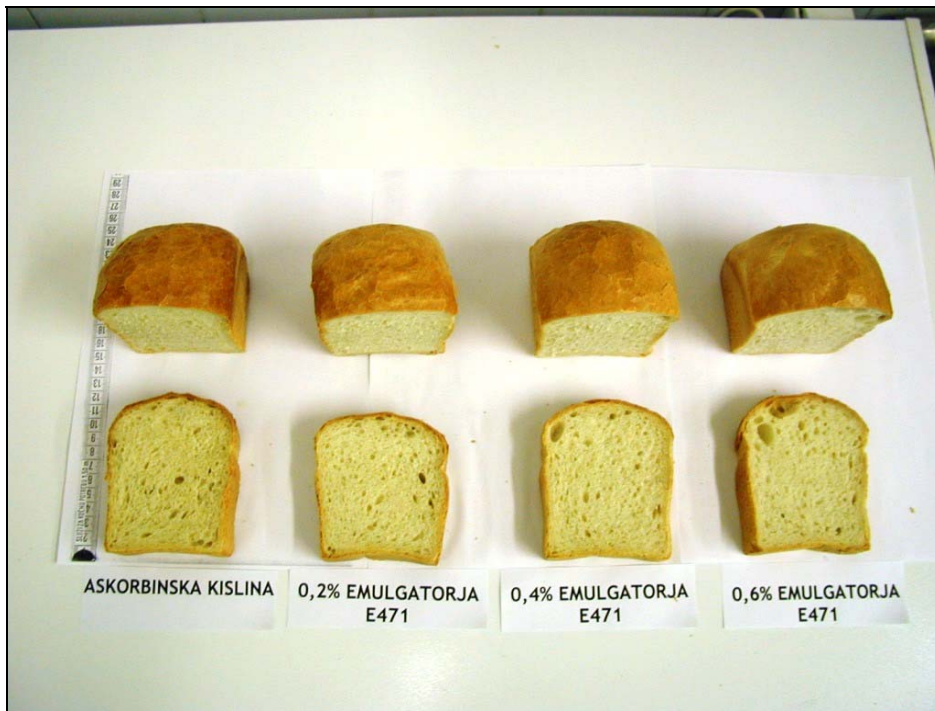
Priloga D2: Primerjava kontrolnega vzorca in kruhov s tremi različnimi koncentracijami emulgatorja E471, in sicer 0.2 %, 0.4 % in 0.6 %



Priloga D3: Primerjava kontrolnega vzorca in kruha z dodatkom askorbinske kisline



Priloga D4: Primerjava kruhov s tremi različnimi koncentracijami emulgatorja E471, in sicer 0.2 %, 0.4 % in 0.6 %



Priloga D5: Primerjava kruha z dodatkom askorbinske kisline in kruhov s tremi različnimi koncentracijami emulgatorja E471, in sicer 0.2 %, 0.4 % in 0.6 %

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Matejka FAJS

**UPORABA EMULGATORJEV NA OSNOVI
MONOGLICERIDOV V PEKARSTVU**

DIPLOMSKO DELO
UNIVERZITETNI ŠTUDIJ

Ljubljana, 2006

