

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Nataša KUŠAR

VPLIV KISLEGA TESTA NA KAKOVOST TOASTA

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**THE INFLUENCE OF SOURDOUGH ON
TOAST BREAD QUALITY**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2006

Diplomska naloga je bila opravljena na Biotehniški fakulteti, Oddelek za živilstvo, na Katedri za tehnologije rastlinskih živil in v Pekarni Grosuplje v Grosuplju.

Študijska komisija Oddelka za živilstvo je za mentorja diplomske naloge imenovala doc. dr. Andreja Plestenjaka in za recenzentko prof. dr. Terezijo Golob.

Mentor: doc. dr. Andrej Plestenjak

Recenzentka: prof. dr. Terezija Golob

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Nataša Kušar

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn
DK UDK 664.66.002:543.9:539.53:579.67(043)=863
KG pekovski izdelki / kislno testo / toast / mlečnokislinske bakterije / kislinska stopnja / vrednost pH / senzorične lastnosti / plesni / trajnost svežine sredice toasta
AV KUŠAR, Nataša
SA PLESTENJAK, Andrej (mentor) / GOLOB, Terezija (recenzentka)
KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo
LI 2006
IN VPLIV KISLEGA TESTA NA KAKOVOST TOASTA
TD Diplomsko delo (Univerzitetni študij)
OP XI, 73 str., 22 pregl., 33 sl., 64 vir.
IJ sl
JI sl / en
AI V diplomski nalogi smo izdelovali toast iz moke tipa 500 po indirektnem načinu z dodatkom kislega testa. Pripravili smo kislno testo s pomočjo heterofermentativne mlečnokislinske starter kulture *Lactobacillus brevis*. Kislno testo smo dodajali glavnemu zamesu v različnih količinah (0 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 %) brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa, da bi izboljšali aromo, teksturo in trajnost toasta. Z dodatkom konzervansa (sorbinska kislina) glavnemu zamesu poleg omenjenih količin kislega testa smo želeli ugotoviti, za koliko se s tem podaljša trajnost toasta. Vzorcem smo merili trdoto, pH vrednost in kislinsko stopnjo ter jih senzorično ocenili. Parametre smo merili na dan peke, prvi, tretji, peti, sedmi, deveti in enajsti dan skladiščenja oziroma do vidnega pojava plesni. Rezultate fizikalno-kemijskih in senzoričnih analiz smo statistično ovrednotili. Ugotovili smo, da dodatek kislega testa, pripravljenega s heterofermentativno mlečnokislinsko kulturo *Lactobacillus brevis* vpliva na fizikalno-kemijske parametre (trdoto sredice, kislinsko stopnjo, pH vrednost) in na senzorično kakovost, saj izboljša njegovo aromo, teksturo in podaljša trajnost. Dodatek konzervansa trajnost toasta podaljša za več kot 100 %. Hitrost staranja sredic toastov, pripravljenih s pomočjo kisljih test, je počasnejša kot pri toastih, pripravljenih brez dodatka kislega testa. Po senzoričnih lastnostih sta bila najboljše ocenjena toasta z 20 % in 30 % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa ter toasta z 10 % in 20 % dodatka kislega testa z dodatkom konzervansa.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC UDK 664.66.002:543.9:539.53:579.67(043)=863
CX bakery products / sourdough / toast bread / lactic acid bacteria / acidity level / pH value / sensory properties / moulds / shelf life / freshness
AU KUŠAR, Nataša
AA PLESTENJAK, Andrej (supervisor) / GOLOB, Terezija (reviewer)
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department for Food Science and Technology
PY 2006
TI THE INFLUENCE OF SOURDOUGH ON TOAST BREAD QUALITY
DT Graduation Thesis (University studies)
NO XI, 73 p., 22 tab., 33 fig., 64 ref.
LA sl
AL sl / en
AB In the graduation thesis toast bread from wheat flour type 500 was baked by the indirect method with the addition of sourdough. The sourdough was prepared by means of heterofermentative starter lactic culture *Lactobacillus brevis*. It was added to the main mixture in various quantities (0 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 %) in order to improve aroma, consistency and shelf life of toast bread. With the addition of preservatives (sorbic acid) to the main mixture beside the certain quantities of sourdough we wanted to find out, what influence it has got on the shelf life of the toast bread. Samples with different additions of sourdough were measured for crumb firmness, pH value and acidity level and were sensory evaluated. Parametres were measured the same day of baking, the first day after the baking, the third day, the fifth day, the seventh day, the ninth day and the eleventh day until the toast bread went mouldy. The data were subjected to statistical analysis. The addition of sourdough, made by heterofermentative starter lactic culture *Lactobacillus brevis* had an influence on the physical, chemical parametres and sensory properties by improving their aroma, texture, freshness and shelf life, the addition of preservative prolonged the shelf life of the toast bread for more than 100 %. The rate of toast bread crumb aging, made by the addition of sourdough is slower than in comparison with the toast bread, made without the addition of sourdough. Sensory aroma and texture evaluation gave the best results to the toast bread with 20 % and 30 % addition of sourdough without the addition of preservatives and to the toast bread with 10 % and 20 % addition of sourdough with the addition of preservatives.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI)	III
KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD)	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	IX
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XI
1 UVOD	1
1.1 NAMEN IN CILJ NALOGE	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 POSTOPEK IZDELAVE TESTA	3
2.1.1 Glavne sestavine	3
2.1.2 Pomožne sestavine (aditivi)	9
2.1.3 Priprava zamesa kvašenega testa	10
2.1.4 Procesi v testu med zamesom	13
2.2 UPORABA STARTER KULTUR V PEKARSTVU	15
2.2.1 Mikrobná populacija	15
2.2.2 Vloga mlečnokislinskih bakterij v starter kulturah za kislá testa	15
2.2.3 Vloga kvasovk v starter kulturah za kislá testa	18
2.2.4 Prednosti uporabe starter kultur v pekarstvu	19
2.2.5 Prednosti uporabe starter kulture <i>Lactobacillus brevis</i> v pekarstvu	21
2.2.6 Vpliv metabolnih produktov na arómo in konsistenco toasta	22
2.2.7 Vpliv procesnih parametrov na fermentacijo	23
2.3 POSTOPKI IZDELAVE KISLEGA TESTA	24
2.3.1 Vpliv uporabe kislega testa na kakovost toasta	25
2.4 OBLIKOVANJE TESTA	26
2.5 PEKA TOASTA	26
2.6 OHLAJANJE TOASTA	28
2.7 SKLADIŠČENJE IN STARANJE TOASTA	28
2.8 SENZORIČNA KAKOVOST TOASTA	29
3 MATERIAL IN METODE DELA	31
3.1 MATERIAL	31
3.1.1 Kislo testo s starter kulturo <i>Lactobacillus brevis</i>	31
3.1.2 Moka	31
3.1.3 Voda	31
3.1.4 Kvas	31
3.1.5 Sladkor	31
3.1.6 Maščoba	31
3.1.7 Sol	31

3.1.8	Aditivi	32
3.1.9	Konzervansi	32
3.2	METODE DELA	32
3.2.1	Tehnologija izdelave toasta	32
3.2.2	Fizikalno-kemijske analize toasta	35
3.2.3	Senzorično ocenjevanje toasta	36
3.2.4	Statistična analiza	37
4	REZULTATI	39
4.1	Rezultati fizikalno-kemijskih in senzoričnih analiz toasta	39
4.1.1	Osnovni statistični parametri	39
4.1.2	Vpliv % dodatka kislega testa in časa po peki na merjene parametre fizikalno-kemijskih analiz	41
4.1.3	Vpliv % dodatka kislega testa in časa po peki na ocenjene senzorične lastnosti	53
5	RAZPRAVA	63
6	SKLEPI	66
7	POVZETEK	67
8	VIRI	68
	ZAHVALA	73

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Kemijska sestava pšenične moke (Schünemann in Treu, 1999)	7
Preglednica 2:	Hranilna vrednost kvasa (Apling, 1993)	9
Preglednica 3:	Primerjava direktnega in indirektnega načina zamesa (Barber in sod.; Batič 1999)	12
Preglednica 4:	Uporaba različnih rodov mlečnokislinskih bakterij v pripravi kislih test: (Sharpe, 1966; Spicher in sod., 1979; Barber in sod., 1989; Hansen in sod., 1989)	15
Preglednica 5:	Razčlenitev rodu <i>Lactobacillus</i> (Abo-Elnaga in Kandler, 1965, a,b; Kandler in Stetter, 1973; Sharpe in sod., 1966)	16
Preglednica 6:	Koncentracija sladkorjev v pšenični moki (Cenčič, 1994)	18
Preglednica 7:	Splošne lastnosti dobrega toasta (Smerajec, 2000)	25
Preglednica 8:	Receptura za izdelavo kislega testa s starter kulturo <i>L. brevis</i> (po navodilih proizvajalca)	32
Preglednica 9:	Količina sestavin glavnega zamesa po standardni recepturi brez dodatka konzervansa in različnim % dodatka kislega testa	33
Preglednica 10:	Parametri tehnološkega procesa	34
Preglednica 11:	Ocenjevalni list senzorične ocene toasta	37
Preglednica 12:	Rezultati opravljenih meritev vzorcev toasta z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri	39
Preglednica 13:	Vpliv % dodatka kislega testa in časa po peki na merjene fizikalno-kemijske parametre (Duncanov test, $\alpha=5\%$)	41
Preglednica 14:	Rezultati merjenja trdote sredice toasta z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)	42
Preglednica 15:	Rezultati merjenja vrednosti kislinskih stopenj sredic toasta z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)	45
Preglednica 16:	Rezultati merjenja pH vrednosti sredice toasta z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)	49
Preglednica 17:	Vpliv % dodatka kislega testa in časa po peki na merjene parametre senzoričnih analiz (Duncanov test, $\alpha=5\%$)	53
Preglednica 18:	Rezultati senzoričnega ocenjevanja poroznosti sredice toasta z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)	55
Preglednica 19:	Rezultati senzoričnega ocenjevanja elastičnosti sredice toasta z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)	56
Preglednica 20:	Rezultati senzoričnega ocenjevanja drobljivosti sredice toasta z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)	58
Preglednica 21:	Rezultati senzoričnega ocenjevanja arome sredice toasta z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)	59

Preglednica 22:	Rezultati senzoričnega ocenjevanja arome sredice toasta z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)	61
-----------------	--	----

KAZALO SLIK

Slika 1:	Direktni način zamesa kvašenega testa (Hrovat, 2000).....	11
Slika 2:	Indirektni način mesitve kvašenega testa (Hrovat, 2000).....	12
Slika 3:	Shema priprave toasta s pomočjo starter kulture (Stehlik-Tomas, 2003).....	13
Slika 4:	Metabolna pot homofermentativnih in heterofermentativnih mlečnokislinskih bakterij (Nekrep, 1996)	16
Slika 5:	Kramerjev krog (Kramer, 1973).....	29
Slika 6:	Vpliv % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K) na trdoto sredice toasta.....	42
Slika 7:	Vpliv časa skladiščenja na trdoto sredice toasta z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K).....	43
Slika 8:	Vpliv časa skladiščenja na trdoto sredice toasta z 10 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)	43
Slika 9:	Vpliv časa skladiščenja na trdoto sredice toasta z 20 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)	44
Slika 10:	Vpliv časa skladiščenja na trdoto sredice toasta s 30 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)	44
Slika 11:	Vpliv časa skladiščenja na trdoto sredice toasta s 40 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)	45
Slika 12:	Vpliv % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K) na kislinsko stopnjo sredice toasta.....	46
Slika 13:	Vpliv časa skladiščenja na kislinsko stopnjo sredice toasta z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K).....	47
Slika 14:	Vpliv časa skladiščenja na kislinsko stopnjo sredice toasta z 10 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K).....	47
Slika 15:	Vpliv časa skladiščenja na kislinsko stopnjo sredice toasta z 20 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K).....	48
Slika 16:	Vpliv časa skladiščenja na kislinsko stopnjo sredice toasta s 30 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K).....	48
Slika 17:	Vpliv časa skladiščenja na kislinsko stopnjo sredice toasta s 40 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K).....	49
Slika 18:	Vpliv % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K) na pH vrednost sredice toasta.....	50
Slika 19:	Vpliv časa skladiščenja na pH vrednost sredice toasta z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K).....	50
Slika 20:	Vpliv časa skladiščenja na pH vrednost sredice toasta z 10 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K).....	51
Slika 21:	Vpliv časa skladiščenja na pH vrednost sredice toasta z 20 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K).....	51
Slika 22:	Vpliv časa skladiščenja na pH vrednost sredice toasta s 30 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K).....	52
Slika 23:	Vpliv časa skladiščenja na pH vrednost sredice toasta s 40 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K).....	52

Slika 24:	Vpliv % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K) na poroznost sredice toasta	55
Slika 25:	Vpliv časa skladiščenja na poroznost sredice toasta z dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)	56
Slika 26:	Vpliv % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K) na elastičnost sredice toasta	57
Slika 27:	Vpliv časa skladiščenja na elastičnost sredice toasta z dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)	57
Slika 28:	Vpliv % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K) na drobljivost sredice toasta	58
Slika 29:	Vpliv časa skladiščenja na drobljivost sredice toasta z dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)	59
Slika 30:	Vpliv % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K) na drobljivost sredice toasta	60
Slika 31:	Vpliv časa skladiščenja na aromo sredice toasta z dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)	60
Slika 32:	Vpliv % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K) na svežost sredice toasta	61
Slika 33:	Vpliv časa skladiščenja na svežost sredice toasta z dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)	62

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ATP:	adenozin trifosfat
CTK:	ciklus trikarboksilnih kislin
K:	konzervans
<i>L. brevis</i> :	heterofermentativni sev <i>Lactobacillus brevis</i>
<i>L. plantarum</i> :	homofermentativni sev <i>Lactobacillus plantarum</i>
TOAST 0:	kontrolni vzorec, narejen brez dodatka kislega testa in brez dodatka konzervansa
TOAST 10:	toast z 10 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa
TOAST 10+K:	toast z 10 % dodatkom kislega testa z dodatkom konzervansa (K)
TOAST 20:	toast z 20 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa
TOAST 20+K:	toast z 20 % dodatkom kislega testa z dodatkom konzervansa (K)
TOAST 30:	toast s 30 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa
TOAST 30+K:	toast s 30% dodatkom kislega testa z dodatkom konzervansa (K)
TOAST 40:	toast s 40 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa
TOAST 40+K:	toast s 40 % dodatkom kislega testa z dodatkom konzervansa (K)
<i>S. cerevisiae</i> :	kvasovke rodu <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
°C:	stopinje celzija

1 UVOD

“V kruhu je ena sama velika zapoved: živeti! Rad bi ga razdajal slehernemu, ki bi potrkal na moje duri. Z najostrejšim nožem bi ga odrezal, z divjo radostjo nad življenjem, katero bi daroval ... In vsi bi stali okoli mize ter uživali kruh. To bi bilo kakor pesem Marsijeve piščali nad večnim končevanjem in večnim začenjanjem ...” (E. Cevc, Preproste stvari, Ljubljana 1944).

Kislo testo je verjetno najstarejše znano sredstvo za vzhajanje krušnih test, saj so ga poznali že Stari Egipčani. Je zmes moke in vode, ki jo pustimo stati določen čas, nato ta začne fermentirati in se spreminjati, saj so v njej začno namnoževati naravno prisotni mikroorganizmi: bakterije in kvasovke. Mešanico dodamo glavnemu zamesu.

V sodobnem svetu želijo potrošniki aromatične, okusne in čimbolj trajne pekarske izdelke, česar pa se samo z uporabo pekovskega kvasa ne da doseči. Eden od možnih načinov izboljšave v tehnologiji pripravljanja prehranskih izdelkov je uporaba kislega testa, ki ima kot tradicionalni proizvod vse pogoje, da izpolni funkcionalne zahteve živil. Ta tehnološki postopek omogoča proizvodnjo visokokakovostnega kruha, vendar pa je nekoliko dolgotrajen.

Priprava kislega testa postaja odločilnega pomena za kvaliteto pekarskih izdelkov. Fermentacija kislega testa služi tako za tvorbo plinov kot tudi za izboljšanje teksture, arome in trajnosti kruha. Tak učinek kislega testa je rezultat skupnega delovanja žitu lastnih encimov ter pri fermentaciji udeleženih mlečno-kislinskih bakterij in kvasovk. Specifična sestava mikroflore kislega testa je odvisna od dodanih sestavin, starter kultur in pogojev za vodenje samega procesa. Poznamo različne načine vodenja procesa zaradi velikega števila različnih mlečno-kislinskih bakterij, kvasnih kultur in možnosti kontaminacij zaradi prisotnosti neželenih mikroorganizmov (Spicher in Stephan, 1987).

1.1 NAMEN IN CILJ NALOGE

Trajnejše, kakovostnejše, bolj aromatične in obstojne vrste kruha so cilj razvoja moderno usmerjene pekarske industrije. Pekarski izdelki, pripravljene z dodatkom kislih test, imajo bolj polno aromo in daljšo obstojnost.

Namen diplomske naloge je preučiti vpliv kislega testa na kakovost toasta, na njegovo aromo, vonj, okus, teksturo ter podaljšanje obstojnosti. Primerjali bomo toaste (bele pšenične kruhe z dodatkom maščobe in pečene v modelih) z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa ter z dodatkom konzervansa.

S pomočjo fizikalno-kemijskih analiz (trdota sredice, kislinska stopnja, pH vrednosti) ter senzoričnih analiz (aroma, okus, tekstura ter podaljšanje obstojnosti) bomo določili kakovost toasta.

S pomočjo statistične analize rezultatov meritev pa bomo poskušali ugotoviti primernost uporabe kislega testa v pripravi toastov (aromatičnost, obstojnost in trajnost svežine sredice) in njegove optimalne količine. Prav tako bomo ugotavljali vpliv dodatka konzervansov na trajnost in kakovost toasta.

Predvidevamo, da dodatek kislega testa vpliva na kakovost toasta. Pričakujemo, da dodatek konzervansa trajnost toasta podaljša.

2 PREGLED OBJAV

2.1 POSTOPEK IZDELAVE TESTA

2.1.1 Glavne sestavine

2.1.1.1 Moka

Moka je po deležu v masi testa najpomembnejša sestavina. Za proizvodnjo toasta se uporablja bela moka tipa 500, ki vsebuje 0,5 % pepela. Dobimo jo z mletjem osrednjih in srednjih delov jedra žitnega zrna. Vsebuje veliko škroba, malo beljakovin in s tem lepka, malo maščob in celuloze. Lepek veže vodo, daje večji izkoristek testa in zadržuje med vzhajanjem nastale pline. Moka ima tudi encimsko aktivnost (Plestenjak, 2000).

BELJAKOVINE so najbolj pomembna sestavina moke. Sestavljene so iz amino kislin in so povezane s peptidnimi vezmi. Tridimenzionalna struktura proteinov določa njihove lastnosti. Topnost proteinov v vodi je odvisna od molekulske teže (večje molekule so na splošno slabše topne) in lege hidrofilnih skupin. Če se hidrofilne skupine nahajajo zunaj molekule, lahko reagirajo z vodo, če se nahajajo v notranjosti molekule, pa ne morejo. Encimska aktivnost proteinov je pogojena s strukturo encima in z njegovo vezavo na substrat (Wrigley in Beitz, 1988).

Kadar je tridimenzionalna struktura proteina porušena ali spremenjena, pravimo, da je protein denaturiral. Terciarni vezi so porušene in encimske aktivnosti ni več. Denaturacijo proteinov lahko povzroči povišana temperatura vodnega medija, pri čemer zaradi naraščajoče temperature naraste tudi kinetična energija, ki poškoduje vodikove vezi, sprememba pH vrednosti ali uporaba različnih reagentov (Wrigley in Beitz, 1988).

Beljakovine delimo na topne (teh je 10-20 % in predstavljajo metabolne encime) ter netopne (80-90 % vseh beljakovin in se imenujejo gluten) (Apling, 1993).

- Albumini so topne beljakovine. Pri povišani temperaturi koagulirajo. Tipičen predstavnik je jajčni beljak.
- Globulini so proteini, ki so topni v razredčenih slanah raztopinah in netopni v čisti vodi ter v vodnih raztopinah z visoko koncentracijo soli. Ti se pri mesenju raztopijo in ne vplivajo na kvaliteto testa in kruha.
- Prolamini so proteini, topni v 70 % etilnem alkoholu.
- Glutelini so proteini, topni v razredčenih kislinah ali bazah (Hoseney, 1994).
- Netopne beljakovine sestavljata gliadin in glutenin. Te v vodi nabreknejo, jo vežejo ter tvorijo lepek, ki daje pšeničnemu testu strukturo in ima odločilen pomen za pecilne lastnosti. Med gnetenjem in raztegovanjem beljakovinskih molekul se pretrgajo disulfidni mostovi, s katerimi so beljakovine povezane. Ob nadaljnjem gnetenju se gliadin in glutenin spet približata in nastanejo novi disulfidni mostovi, s tem pa tudi nova beljakovina – lepek (gluten).

Večina encimov se nahaja v skupini albuminov ali globulinov, aktivnih proteinov, kateri imajo dobro razmerje aminokislin. Prolamini in glutelini so skladiščni žitni proteini. V moki je več glutaminske kisline in prolina, medtem ko je v pšenici več lizina, arginina in asparaginske kisline (Hoseney, 1994).

Glutenski kompleks sestavljata dve glavni skupini proteinov: gliadin (prolamin) s povprečno molekulsko težo 40.000 in glutenin (glutelin) s povprečno molekulsko težo tri milijone (Bushuk in Thachuk, 1991).

Kvaliteta lepka je odvisna od razmerja med gliadinom in gluteninom. Čim več je topnih beljakovin, tem manj je lepka in slabše je testo. Lastnosti lepka se prenesejo na testo, lastnosti testa pa na kvaliteto kruha (Knez, 1974).

Glutenski proteini so skladiščni žitni proteini. Lahko se jih izolira v dokaj čisti obliki, saj so netopni v vodi. Gluten vsebuje okoli 80 % proteinov, 8 % lipidov, ostalo so minerali in ogljikovi hidrati. Po splošnem prepričanju je gluten odgovoren za viskoznost testa, sposobnost zadrževanja plina med fermentacijo, delno pa tudi pri formiranju samega testa med peko. Glutenski proteini vsebujejo visok delež glutaminske kisline (okoli 35 % celotnega proteina) oziroma drugače povedano, v vsaki tretji aminokislini v glutenu je glutaminska kislina. Ostanki glutaminske kisline se v glutenu pojavijo kot njegovi amidiglutamini. Vsebujejo nizko količino lizina in visoko količino prolina (okoli 14 %). Aminokislinska sestava kaže, da je polovica proteina sestavljena iz dveh aminokislin (glutamina in prolina), 35 % vseh glutenskih aminokislin pa ima hidrofobne stranske verige (Bushuk in Thachuk, 1991).

Hidrofobna narava glutenskih proteinov se kaže tudi v uspešnosti povezovanja z lipidi. Pšenična moka vsebuje okoli 0,8 % lipidov, ki jih lahko ekstrahiramo s petroletrom. Po tem, ko z vodo zamesimo testo, lahko iz liofiliziranega testa ekstrahiramo le 0,3 % lipidov. Sklepamo, da se je ostanek 0,5 % lipidov med mešanjem hidrofobno povezal s proteini (Bushuk in Thachuk, 1991).

ŠKROB se v rastlinskih tkivih nahaja v obliki zrn, ki se nastajajo in se oblikujejo v plastidih, imenovanih amiloplastidi. Te strukture morajo vsebovati vse za to potrebne encime. V žitih s preprostimi škrobnimi zrnici (pšenica, koruza, rž ...) vsebuje vsak plastid eno zrnce. V rižu se nahaja več zrn v vsakem amiloplastidu. Žitna zrna skladiščijo energijo v obliki škroba. Vsebnost škroba variira med 60-75 % glede na maso zrna. Tako nam predstavlja hrana, ki jo ljudje zaužijemo v obliki škroba, odličen vir energije (Plestenjak, 2000).

Žitni škrob sestavljajo v glavnem polimeri α -D-glukoze, značilna sta linearna amiloza, kjer so povezane molekule glukoze z α -1,4 vezmi ter visoko razvejani amilopektin, kjer so molekule glukoze povezane z α -1,4 in α -1,6 vezmi, vsebuje pa tudi manjše količine polarnih lipidov (med 0,5 % in 1 %) in mineralov, predvsem fosforja in dušika (Hoseney, 1994).

Amiloza je zaradi svoje linearne strukture (okoli 1500 enot za molekulsko težo 250.000) sposobna tvoriti komplekse z jodom, organskimi alkoholi in kisljinami. Dolga, ravna narava

strukture je odgovorna tudi za to, da je amiloza nagnjena k združevanju in posledično izločanja iz tekočine. Amiloza hitro kristalizira iz tekočine ali pa retrogradira (Hoseney, 1994).

Amilopektin, kjer predstavljajo α -1,6 vezi le 4-5 % glikozidnih vezi, je ena največjih molekul v naravi z molekulsko težo 10^8 . Povprečna dolžina verig je okoli 25. Pri amilopektinski cepitvi sodeluje več encimov:

- α -amilaza je endoencim, ki cepi α -1,4 vezi v sredini škrobne molekule in tako hitro zmanjša velikost ogromnih škrobnih molekul. Najprej razgrajuje amilozo in amilopektin na kateremkoli mestu verige molekule, tako da nastanejo dekstrini, v drugi fazi pa razdeli dekstrine na maltozo in glukozo. V maltozo pretvori okoli 70 % amiloze.
- β -amilaza je eksoencim, ki napada nereducirajoče konce škrobnih verig in vsako sekundo razcepi α -1,4 vez in tako razcepi okoli 55 % amilopektina. Nastaneta produkta maltoza in velikanski ostanek, imenovan β -limitni dekstrin, kateri ima še vedno ogromno molekulsko težo (10^4). V maltozo pretvori okoli 50 % amilopektina.

Ob skupnem delovanju α - in β -amilaze poteka razgradnja škroba še hitreje, kot ob delovanju posameznega encima. Posledica vsake cepitve v škrobu, kot posledica delovanja α -amilaze, je nastanek novega, nereducirajočega konca, ki ga napade β -amilaza. Rezultat skupnega delovanja obeh encimov je okoli 85 % razgradnja škroba v sladkorje, saj nobeden od njiju ne more cepiti α -1,6 vezi v amilopektinu. Optimalen pH za delovanje α -amilaze je 5,3, za β -amilazo pa je malenkost višji (Fox in Mulvihill, 1982).

Drugi encimi, ki sodelujejo pri razgradnji ogljikovih hidratov:

- Amiloglukozidaza razgrajuje škrob na α -1,6 vezeh.
- Glukoamilaza cepi glukozo z nereducirajočih koncev škrobnih verig in hidrolizira α -1,4 in α -1,6 vezi.
- Glukoizomeraza pretvarja glukozo v fruktozo, s čimer dosežemo večjo sladkost.
- Maltaza cepi sladki sladkor v glukozo; najpomembnejša je maltaza, ki jo vsebujejo kvasovke.
- Invertaza – saharaza je najdlje poznan encim in razgrajuje saharozo na glukozo in fruktozo (Fox in Mulvihill, 1982).

Škrob pri mesitvi testa veže le do 30 % vode. Pri temperaturi okoli 60 °C ob prisotnosti vode škrobna zrnca nabreknejo in zaklejšijo. Molekule tvorijo homogeno, viskozno raztopino – škrobni klej. Med mletjem žita se škrobna zrnca poškodujejo in zato se zviša sposobnost zaklejšitve v hladni vodi, sposobnost vezave vode in delovanja encimov. Čas razvoja testa je zato krajši. Preveč poškodovana zrnca pa lahko močno poslabšajo kakovost testa.

Po mnenju avtorjev Hebede in Zobla (1996) spremembe v strukturi škroba vplivajo na staranje kruha. Odvisne naj bi bile od ponovne rekristalizacije škroba. Merjenje rekristalizacije so opravili z diferencialnim termičnim analizatorjem (DTA), ki nam daje direktne podatke o poteku rekristalizacije. Uporabili so tudi X-žarke in pri starem toastu posneli spekter, značilen za rekristaliziran škrob (Hebeda in Zobel, 1996).

Funkcijo amilopektina sta avtorja (Hebeda in Zobel, 1996) poskušala ugotoviti s poizkusom na ta način, da sta kruh segrevala (osvežitev starega kruha s segrevanjem). S tem poizkusom so prišli do spoznanja, da naj bi bila za trdenje kruha odgovorna amilopektinska frakcija.

V moki je poleg škroba in neškrobnih polisaharidov: celuloze, hemiceluloze in pentozanov, tudi majhna količina (okoli 2,8 %) drugih sladkorjev: 0,09 % glukoze, 0,33 % rafinoze, 0,84 % saharoze, 0,06 % fruktoze in 1,45 % glukofruktana. Glukoza nastaja tudi z razgradnjo drugih sladkorjev, zaradi delovanja encimov med vzhajanjem testa pa prevreva v alkohol in ogljikov dioksid. Dodana saharoza se razgradi v glukozo in fruktozo in vpliva na potek fermentacije. Celuloza in hemiceluloza predstavljata prehranske vlaknine, ki ju človeški encimi ne razgradijo (Hoseney, 1994).

- Celuloza je nerazvejan, glavni strukturni polisaharid v rastlinah, skoraj netopen. Njegova kemična sestava je preprosta, saj je sestavljen iz D-glukoz, povezanih z β -1,4 vezmi. Skupaj z ligninom in drugimi neškrobnimi polisaharidi sestavlja celične stene. Je glavna sestavina slame, krme in lupin, saj znaša njen delež med 40 in 50 %.
- Hemicelulozo sestavljajo predvsem naslednji sladkorji: D-ksilozo, L-arabinozo, D-galaktozo, D-glukoza in D-glukuronska kislina. Pšenična moka vsebuje topno in netopno hemicelulozo.
- V vodi netopni pentozani predstavljajo približno 2,4 % pšeničnega endosperma in vsebujejo: D-ksilozo, L-arabinozo in D-glukoza. Nekateri avtorji navajajo tudi prisotnost galaktoze in manoze. Študija nevodotopnih pentozanov je pokazala, da je okoli 60 % ksiloznih ostankov razvejanih. Vodotopni pentozani vsebujejo poleg ksiloze in arabinoze še galaktozo in proteine, pomembno vlogo imajo pri formiranju optimalnega volumna kruha. Arabinoksilan je netopen v nasičenem amonijevem sulfatu, arabinogalaktan pa kovalentno povezan s proteinom. Glikoprotein je topen v nasičenem amonijevem sulfatu. Vodotopni pentozani imajo pomembno vlogo pri zaklejitvi škroba (Aspinall, 1980). Nevodotopni pentozani so bolj učinkoviti pri upočasnjevanju rekristalizacije škroba kot vodotopni, saj z učinkovanjem na amilozno in amilopektinsko frakcijo zmanjšujejo retrogradacijo škroba in s tem na vplivajo na upočasnjeno staranje sredice (Ferko, 1997).

MAŠČOBE, ki jih je v moki od 1 do 1,5 %, večinsko zastopajo fosfolipidi, predvsem lecitin. Vpliv na pecilno – tehnološke lastnosti imajo predvsem sestavljene maščobe (emulgatorji), ki omogočajo enakomerno porazdelitev maščobe v vodi. Tvorijo mejno površino med posameznimi verigami beljakovin in zračnimi mehurčki in tako izboljšajo elastičnost in čvrstost lepka. Polarne maščobe vplivajo tudi na staranje kruha, ker zadržujejo retrogradacijo škroba. Emulgatorje lahko moki tudi dodamo in tako izboljšamo lastnosti lepka in škroba.

Glavna značilnost toasta je večji dodatek maščobe kot pri belem pšeničnem kruhu. Maščoba ima pomembne tehnološke lastnosti. Delujejo na površinske lastnosti škrobnih zrn in tako izboljšajo medsebojno delovanje škroba in glutena.

Bistvene lastnosti maščobe so:

- povečanje hranilne vrednosti,
- izboljšanje arome,

- ustvarjanje večjega volumna,
- podaljšanje svežine in trajnosti.

Vsi lipidi so topni v dveh nepolarnih topilih: petroletru in dietiletru. Vendar pa je pri ekstrahiranju žit s temi topili ekstrahirano le del lipidov. Ostanek je vezan na proteine ali škrob in ni topen. Nastale spojine lahko razkrojimo z bolj polarnimi topili, kot je npr. metilni alkohol ali pa s kislinsko hidrolizo (Morrison, 1988).

V literaturi zasledimo delitev lipidov na proste in vezane, kar temelji na njihovi topnosti. Če je lipid topen v nepolarnem topilu (petroleter), potem je prost, če pa je za ekstrakcijo potrebno polarno topilo, je vezan.

Pomembna je tudi razlika med nepolarnimi in polarnimi lipidi.

- Nepolarni lipidi so snovi, ki jih pri kolonski kromatografiji eluiramo iz stolpca s silicijevo kislino s pomočjo kloroforma. Sem spadajo proste maščobne kisline, monogliceridi, digliceridi, triacilgliceroli in steroli.
- Polarni lipidi so snovi, ki jih eluiramo pri kolonski kromatografiji iz stolpca z metilnim alkoholom. Ta frakcija vsebuje fosfolipide in glikolipide. Če jih dodamo nazaj k moki, s tem povečamo volumen kruha (Morrison, 1988).

Pšenično zrno vsebuje približno 70 % nepolarnih lipidov, 20 % glikolipidov in 10 % fosfolipidov. Pomembna sestavina lipidov je tudi vitamin E, ki se nahaja v žitnem zrnu v količini 200 mg (tokoferola) na 100 g olja (Morrison, 1988).

Pomembno funkcijo imajo fosfolipidi in glikolipidi, saj se v času oblikovanja testa oblikujejo makromolekularni kompleksi med glikolipidi in proteini. Skoraj vsi fosfolipidi so vezani s proteini v lipoproteinski kompleks. Lipidi gradijo komplekse z amilozo, kar je bistven predpogoj za upočasnjevanje procesa staranja kruha (Đaković, 1980).

V moki so prisotni še: beljakovine, voda, vlaknine, mineralne snovi. Odstotek sestavin je odvisen tudi od žetve, meljave in sorte žit.

Preglednica 1: Kemijska sestava pšenične moke (Schünemann in Treu, 1999)

sestavina	vsebnost (%)
škrob	67,0
topni sladkorji	3,0
beljakovine	12,5
voda	13,0
maščobe	1,3
vlaknine	2,9
mineralne snovi	0,3

2.1.1.2 Voda

Voda je pomembna sestavina testa, saj pospešuje nabrekanje in zaklejitev škroba. Optimalna količina vode se spreminja glede na vrsto in tip moke (Apling, 1993).

V pekarnah se uporablja mikrobiološko in higiensko neoporečna, pitna voda iz vodovoda. Njena kakovost se stalno nadzoruje. V vodi se topijo številni minerali. Trdoto vode določamo po vsebnosti Ca in Mg ter njunih soli (karbonati, sulfati). Za pripravo kvašenega testa je najbolj primerna voda srednje trdote. Mehka voda spremeni lastnosti lepka in poslabša lastnosti testa. Prisotni minerali ojačijo gluten, kar ima ugoden vpliv na reološke lastnosti moke. V vodi se raztopijo razne druge sestavine, npr. sol in sladkor. Med peko tekočina izpareva in rahlja testo. Pomembna je tudi temperatura vode, ki segreje testo in omogoči optimalno delovanje kvasovk.

2.1.1.3 Kvas

Pekovske kvasovke so enocelične glive, ki jih sestavljajo v glavnem kvasovke iz rodu *Saccharomyces cerevisiae*.

Uporablja se kvas, ki je naprodaj v treh oblikah, ki se med seboj razlikujejo v vsebnosti vode, aktivnosti ter stabilnosti:

- KOMPRIMIRANI KVAS – najbolj aktivna oblika kvasa. Uporablja se v količinah od 2,5 do 8 % glede na moko. Vsebuje 28 – 32 % suhe snovi, ohlajen je na 2 - 6 °C, obstojen je 2 – 4 tedne, globoko zmrznjen pa več mesecev.
- AKTIVNI SUHI KVAS – pridobivajo ga z liofilizacijo (postopek sušenja z zamrzovanjem). Nastali granulati se pakirajo v nepropustno embalažo, ponovno se aktivirajo z raztapljanjem v vodi. Voda mora imeti ustrezno temperaturo (41 – 45 °C).
- INSTANT AKTIVNI SUHI KVAS – prednost te oblike kvasa je dobra topnost, ki omogoča dodajanje le-tega med sestavine zamesa testa brez predhodne rehidracije.

Dodatek instant aktivnega suhega kvasa predstavlja zmanjšano uporabo v primerjavi s komprimiranim kvasom za 2/3 (Batič in Raspor, 1994).

Prisotnost kvasovk povzroča v testu alkoholno fermentacijo, pri kateri se iz fermentabilnih sladkorjev sproščajo etanol, ogljikov dioksid (CO₂) in energija.

Kvasovke potrebujejo za svoje delovanje hrano, ki jo sestavljajo predvsem enostavni sladkorji, topne dušikove spojine ter mineralne snovi in ustrezno temperaturo (od 20 do 37 °C). Tudi škrob je lahko hrana, vendar mora biti predhodno razgrajen v enostavne sladkorje. Celice porabljajo sladkor za dihanje, rast in razmnoževanje, preostanek sladkorja pa spremene v alkohol in ogljikovo kislino, ob tem pa se v testu sprošča toplota (Apling, 1993).

Pri vzhajanju testa je pomembna proizvodnja plina CO₂, ki dviguje testo in tvori obliko kruha. Ogljikova kislina in etanol ne puščata v kruhu nobenega vonja ali okusa, saj med peko popolnoma izhlapi in sta brez vonja in okusa (Apling, 1993).

Komprimirani kvas vsebuje povprečno 70 % vode (65 - 75 %) in 30 % (25 – 35 %) suhe snovi.

Preglednica 2: Hranilna vrednost kvasa (Apling, 1993)

sestavina	vsebnost (%)
beljakovine	40 – 50
ogljikovi hidrati	40
maščobe	2 – 5
minerali, vitamini (tiamin, riboflavin)	6 – 9

2.1.1.4 Sol

Kuhinjska sol je zelo pomemben dejavnik pri oblikovanju okusa. Količino potrebne soli izračunamo glede na količino moke, dodamo jo od 1 do 2 %. Za dobre tehnološke lastnosti zadostuje 0,5 % soli.

S pravilno količino soli olajšamo obdelavo testa, ker sol učvrsti lepek, testo je manj lepljivo, bolj čvrsto, se lažje oblikuje, bolje zadržuje pline in tako zagotovi boljši volumen končnega izdelka (Eršte, 1994).

2.1.2 Pomožne sestavine (aditivi)

Aditivi so snovi, ki jih dodajamo v testo, da poenostavimo proizvodnjo kruha, izenačimo spremenljive lastnosti surovin ter izboljšamo kakovost in trajnost pekarskih izdelkov:

- **MAŠČOBE:** izboljšajo lastnosti testa, podaljšajo svežost, dajejo boljši okus in aromo, lepšo barvo skorji, nežno strukturo sredici, ustrezno poroznost sredice.
- **SLADKOR:** pospešuje vzhajanje testa, poveča volumen, izboljša okus, poroznost sredice in sodeluje v Maillardovi reakciji v skorji.
- **DRUGI ADITIVI:** poenostavijo proizvodnjo kruha, izenačijo spremenljive lastnosti surovin ter izboljšajo kakovost in trajnost pekarskih izdelkov.
- **KISLO TESTO:** Kislo testo s prisotnimi mikroorganizmi (kvasovke, mlečnokislinske bakterije) se nahaja v aktivnem stanju. Aktivnost mikroorganizmov ni nikoli popolnoma prekinjena. Z izbiro primernih temperatur, časa počivanja, čvrstosti testa, lahko pospešimo ali upočasnimo njihovo razmnoževanje. Delež kislega testa lahko uporabimo kot dodatek za novo kislo testo. Kislo testo lahko ohranimo v aktivno obliki daljše obdobje ob zmanjšani vsebnosti vode ali nižani temperaturi (Bode in Seibel, 1982).

2.1.3 Priprava zamesa kvašenega testa

Način zamesa je odvisen od vrste izdelka in tehnološkega postopka izdelave. Izbiro načina zamesa pogojujejo tudi vrsta mešalnika, vrsta in kakovost surovin, stroški proizvodnje ter uporaba različnih postopkov posameznih proizvajalcev.

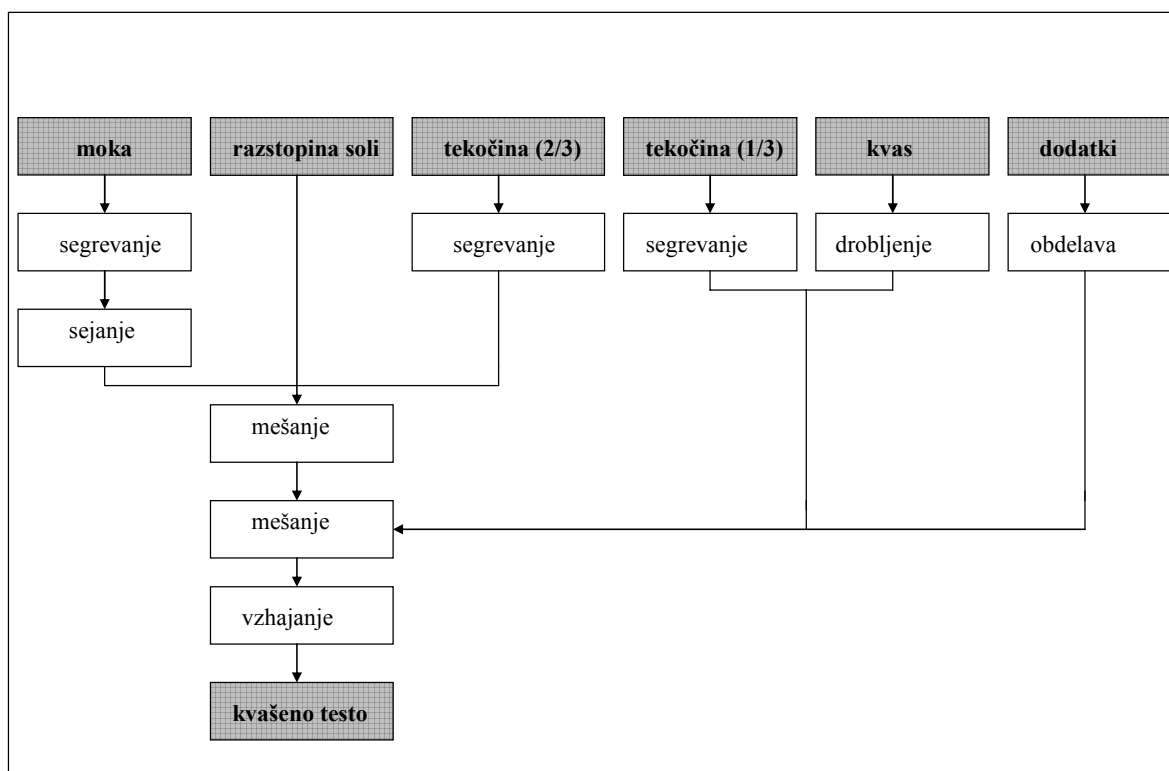
- Pri vseh postopkih je bistvena fermentacija (vzhajanje), ki jo povzročijo kvasovke. Fermentacija vpliva tudi na razvoj testa in značilnost postopkov. Različni načini zamesa se razlikujejo po času, načinu in številu premesitev in sami tehniki priprave testa. Pri različnih načinih potekata razmnoževanje in rast kvasovk različno. Razlike so tudi v encimski razgradnji, posledica pa je sprememba okusa in arome (Schünemann in Treu, 1999).

Glede na pripravo testa poznamo več načinov: direktni, indirektni in kombinirani način.

2.1.3.1 Direktni način – neposredni način zamesa testa (dodatek pekovskih kvasovk)

Pri direktnem načinu zamesa, ki se najpogosteje uporablja pri proizvodnji belega kruha, dodamo starter kulturo (pekovsko kvasovko) sočasno z ostalimi surovinami, ki sestavljajo zames. Testo torej zamesimo iz moke, vode, soli in kvasa brez kvasnega nastavka, pri čemer izkoristimo samo rast kvasovk. Tako pripravljen zames navadno vzhaja od 20 do 80 minut, odvisno od količine uporabljenega kvasa (od 1 do 6 % glede na količino moke, pri toastu do 8 %), temperature vzhajanja od 28 do 34 °C, encimske aktivnosti moke in vrste kruha. V tako pripravljenem testu se pod vplivom kvasovk odvija proces fermentacije (alkoholno vrenje). Kvasovke med samo fermentacijo oziroma vzhajanjem proizvajajo CO₂, ki vpliva na teksturo kruha in etanol, pa tudi manjše količine višjih alkoholov, aldehydov ter ketonov, ki oblikujejo aromo kruha (Plestenjak, 2000).

Kruh, ki ga pripravimo po opisanem postopku, je dobre kakovosti, ima dober volumen, zunanji videz in strukturo sredice, česar ne moremo trditi za okus in aromo, tako sredice kot skorje. Kakovost kruha je namreč celostna podoba vseh interakcij med sestavinami, ki so prisotne v kruhu (Linko in sod., 1997).

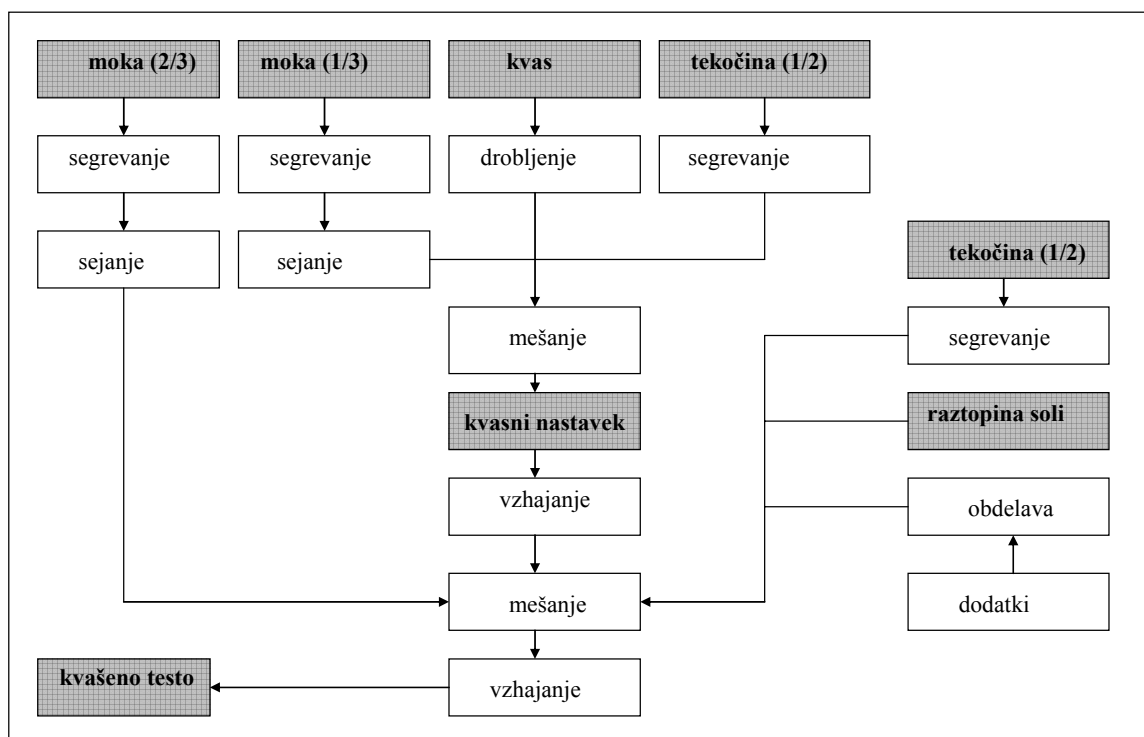


Slika 1: Direktni način zamesa kvašenega testa (Hrovat, 2000)

2.1.3.2 Indirektni način – posredni način zamesa testa (dodatek kislega testa)

Pri indirektnem načinu zamesa, kjer izkoristimo rast in razmnoževanje kvasovk, poteka priprava v dveh fazah:

- V prvi fazi pripravimo kislo testo. V pripravljeni fermentor damo del moke, vode ter različno mikrobnou populacijo – različne seve mlečnokislinskih starter kultur in različne seve kvasovk.
- V drugi fazi pripravimo glavni zames iz preostalega dela moke in vode. Glavnemu zamesu dodajamo kislo testo v različnih količinah. Celoten proces vodimo pri točno določenih pogojih: čas, temperatura, količina starter kultur, odstotek vode, pH vrednost, kislinska stopnja (Zobel in Kulp, 1996).

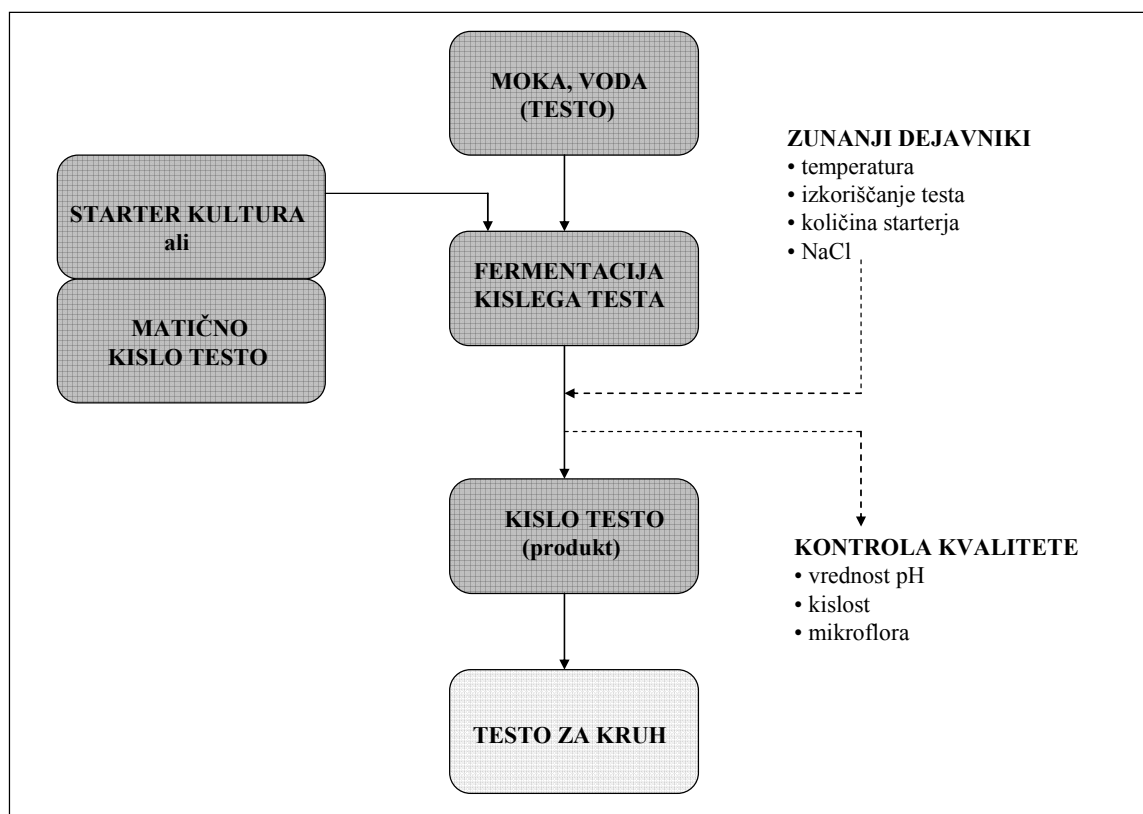


Slika 2: Indirektni način mesitve kvašenega testa (Hrovat, 2000)

Za pripravo kislega testa se uporablja starter kultura, ki jo sestavljajo, največkrat zaradi specifičnih lastnosti, selekcionirane mlečnokislinske bakterije v čistih ali mešanih kulturah, z ali brez kvasa. Vsebuje zelo veliko število celic, ki v relativno kratkem času povzroči fermentacijo kislega testa. Izbira pogojev za vrenje kislega testa vpliva na potek fermentacije (Bode in Seibel, 1982).

Preglednica 3: Primerjava direktnega in indirektnega načina zamesa (Barber in sod.; Batič 1999)

	direktni način zamesa (pekovske kvasovke)	indirektni način zamesa (kislno testo)
senzorične lastnosti	boljše vzhajanje	boljša aroma, vonj, okus boljša absorpcija, struktura
priprava testa	krajši čas priprave, enostavnejša tehnologija	daljši čas priprave, bolj zahtevna tehnologija
lastnosti izdelka	slabša obstojnost izdelkov (hitrejša staranje)	daljša obstojnost izdelkov
prehranske lastnosti	višja vsebnost purinov	boljši glikemični indeks, boljša absorpcija mineralnih snovi



Slika 3: Shema priprave toasta s pomočjo starter kulture (Stehlik-Tomas, 2003)

2.1.4 Procesi v testu med zamesom

Takoj, ko pričnemo sestavine mešati, začnejo potekati fizikalni in biokemijski procesi. Najbolj intenzivni so ti procesi na začetku mešanja.

FIZIKALNI PROCESI

Potekajo procesi vezave vode na beljakovine, škrob in vlaknine. Delci moke vpijajo vodo, se med seboj povežejo in tvorijo testo. Pomembno vlogo imajo netopne beljakovine, ki vežejo vodo. Nastane tridimenzionalna mreža beljakovin, v katero se vgrajujejo škrobna zrna, topne beljakovine in zrak. Nabrekanje beljakovin testa zmanjša količino tekoče faze v testu, ob tem pa se izboljšajo reološke lastnosti. Tudi mehanično delovanje na testo pospeši nabrekanje beljakovin. Kisik iz zraka vpliva na oksidacijske procese beljakovin (tvorba disulfidnih mostov).

Delovati začnejo proteolitični ter amilolitični encimi in testo se zmehta. Med mesenjem se v testu zaradi trenja razvije toplota in testo se segreje. Med procesi fermentacije se tvori ogljikov dioksid, ki ga pri ponovnem zamesu deljenja na dele delno iztisnemo iz testa. Vloga ogljikovega dioksida je zelo pomembna, saj se pri vzhajanju tanjša in razteguje opna lepka v zračnih celicah testa. Razviti plin v končnih fazah tehnološkega postopka omogoča mehko in porozno sredico (Auerman, 1988).

BIOKEMIJSKI PROCESI

Sestava testa se zaradi biokemijskih procesov stalno spreminja. Procesi alkoholne in mlečnokislinske fermentacije predstavljajo niz procesov pod vplivom encimov, kvasa in mlečnokislinskih bakterij testa. Kvasovke hitro porabijo lastne sladkorje moke. Istočasno se iz škroba moke pod vplivom amilaz neposredno cepi maltoza. Tako se testo neprekinjeno oskrbuje s sladkorji (Auerman, 1988).

Ko se prične fermentacija, kvasovke in bakterije hitro porabijo kisik v testu. Zato je fermentacija anaerobna. Ob produkciji ogljikovega dioksida se pH vrednost zniža in vodna faza postane nasičena z ogljikovim dioksidom. Čim več plina se producira, večje postajajo zračne celice. Z mešanjem prisilimo velike zračne celice, da se delijo v manjše. Količina ogljikovega dioksida po končani fermentaciji je le okoli 45 % skupno proizvedenega ogljikovega dioksida med fermentacijo. Veliko se ga izgubi med samo fermentacijo, deljenjem in oblikovanjem testa (Hoseney, 1984).

Ob zamesu ima testo pH vrednost okoli 6,0, med fermentacijo pa pade na do pH vrednosti 5,0. Tako znižanje pH vrednosti povzroči ogljikov dioksid, ki se raztopi v vodi in povzroči nastanek ogljikove kisline. Drugi faktor pa je počasna bakterijska produkcija organskih kislin. Sama moka, mleko ali sojini proteini pomagajo nadzorovati pH vrednost. Nižja pH vrednost skrajša čas mesitve. Vendar pa znižanje pH vrednosti nima velikega pomena pri naraščanju volumna (Hoseney, 1984).

Cilj fermentacije je, da testo privedemo do stanja z najboljšimi fizikalnimi lastnostmi in optimalnim razvojem plina pred deljenjem na kose in pečenjem. Produkti fermentacije prispevajo vonj in aromo, tipično za kruh. Nastali plin je pomemben rahljalec kruha, ki ga naredi lažje prebavljivega (Auerman, 1988).

Škrobna zrnca so odporna na hidrolizo, vendar moka običajno vsebuje del škroba, ki je bil mehanično poškodovan med mletjem. Ta predstavlja razpoložljiv škrob za delovanje amilaz. Intenziteta teh procesov vpliva na povečanje ali zmanjšanje skupne količine sladkorjev v testu med fermentacijo. Na koncu fermentacije mora testo obdržati še določeno količino sladkorjev za zadostno fermentacijo oblikovanih kosov v procesu končne fermentacije in pečenja ter za normalno obarvanje skorje (Apling, 1993).

Med mešanjem se zrak vgrajuje v testo. Ob optimalnem mešanju se vgradi le polovica možnega zraka. Da bi povečali količino vgrajenega zraka, lahko pustimo testo fermentirati dlje časa in potem s ponovnim mešanjem večje zračne celice prisilimo, da se razdelijo v manjše ali pa mešamo pod znižanim tlakom, kateri tudi povzroči proizvodnjo večjih zračnih celic, ki se potem delijo v manjše. Kvasne celice fermentirajo sladkorje in proizvajajo CO₂. Le-ta je proizveden v vodni fazi in nasiči vodo. Ko je voda nasičena, mora novo nastali CO₂ najti mesto zase. Tako vstopi v zračne celice in s tem zviša pritisk. Viskozne lastnosti testa omogočijo mehurčkom, da se razširijo in izenačijo pritisk. CO₂ zadržijo v testu glutenski proteini, ki ustvarijo nekakšno membrano. CO₂ tudi ne more difundirati ven iz zračnega mehurčka, saj zračni mehurček obkroža vodna faza, mehurček je nasičen s CO₂, kvas pa producira še več ogljikovega dioksida z namenom, da mehurček še naprej ostane nasičen (Hoseney, 1984).

2.2 UPORABA STARTER KULTUR V PEKARSTVU

2.2.1 Mikrobna populacija

Kislo testo se lahko pripravi z lastno, avtohtono mikrofloro moke ali z dodatkom čistih mikroorganizmov (Cenčič, 1994).

V pripravi kislih test se uporabljajo različni rodovi laktobacilov: *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Streptococcus* in različni rodovi kvasovk: *Candida*, *Pichia*, *Hansenula*, *Rhodothorula*, *Saccharomyces*, *Thorulopsis* (Hansen in sod., 1993).

2.2.2 Vloga mlečnokislinskih bakterij v starter kulturah za kisla testa

Najpogostejše in najpomembnejše mlečnokislinske bakterije, ki so v moki, so: *L. plantarum*, *L. casei*, *L. delbrückii*, *L. acidophilus*, *L. brevis*, *Leuconostoc mesenteroides* in *Pediococcus pentosaceus* (Cenčič, 1994).

Gobetti (1998) v svojem članku poleg v tabeli 7 navedenih rodov bakterij mlečnokislinskega vrenja navaja še *Leuconostoc sp.* in *Enterococcus sp.*.

Hansen in sod. (1989), Barber in sod. (1989), med homofermentativne mlečnokislinske bakterije, poleg v preglednici 4 navedenih, prištevajo še vse rodove *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Lactococcus* in *Vagococcus*, med heterofermentativne pa še vse rodove *Leuconostoc* in *Carnobacterium*.

Proizvajalci kruha imajo možnost izbire med homofermentativnimi in heterofermentativnimi sevi mlečnokislinskih bakterij.

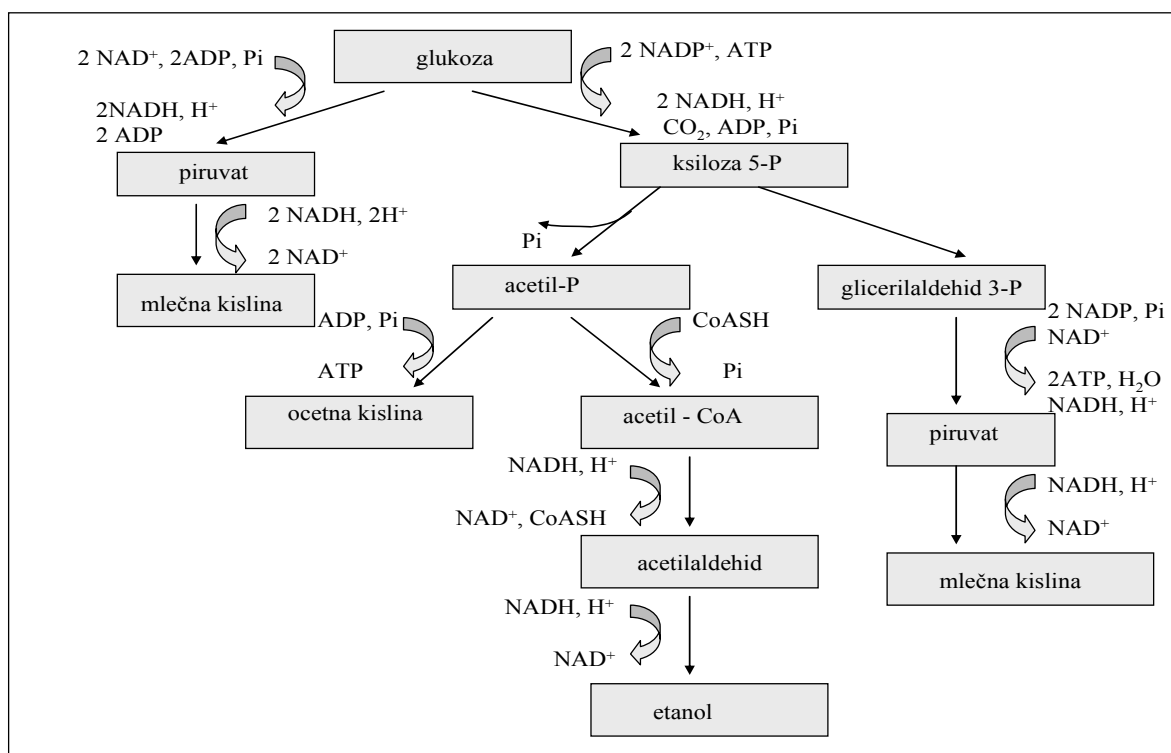
Preglednica 4: Uporaba različnih rodov mlečnokislinskih bakterij v pripravi kislih test: (Sharpe, 1966; Spicher in sod., 1979; Barber in sod., 1989; Hansen in sod., 1989)

rod: mlečnokislinske bakterije		
podrodovi		
termobakterije	streptobakterije	betabakterije
<i>L. acidophilus</i>	<i>L. casei</i>	<i>L. brevis</i>
<i>L. delbrueckii</i>	<i>L. farciminis</i>	<i>L. brevis spp. lindneri</i>
<i>L. Leichmannii</i>	<i>L. plantarum</i>	<i>L. buchneri</i>
		<i>L. fermentum</i>
		<i>L. fructivorans</i>
		<i>L. pastorianus</i>
		<i>L. sanfrancisco</i>

Preglednica 5: Razčlenitev rodu *Lactobacillus* (Abo-Elnaga in Kandler, 1965, a,b; Kandler in Stetter, 1973; Sharpe in sod., 1966)

družina rod	<i>Lactobacillaceae</i> <i>Lactobacillus</i>		
	<i>Thermobacterium</i>	<i>Streptobacterium</i>	<i>Betabacterium</i>
fermentacija	homofermentativen	homofermentativen	heterofermentativen
produkt	mlečna kislina	mlečna kislina	mlečna kislina ocetna kislina CO ₂
rast pri 45 °C	+	+/-	+
rast pri 15 °C	-	-	+

Pri razgradnji substrata uporabljajo homofermentativne mlečnokislinske bakterije Embden-Mayerhof-Parnasovo pot, imenovano tudi glikolitična pot (GLI), kjer predstavlja preko 90 % končnega proizvoda mlečna kislina. Heterofermentativne mlečnokislinske bakterije izkoriščajo fosfoketolazno oziroma pentoza-fosfatno pot pretvorbe, imenovano tudi Warburg-Dickens-Horeckerjeva pot, kjer so pomembni produkti še acetat, etanol in CO₂. Obe poti se začenjata z glukozo kot izhodiščno molekulo, razmerja med posameznimi produkti pa so odvisna od redoks potenciala sistema (Nekrep, 1996; Kandler in Weiss, 1986). Prikazani sta na Sliki 4.



Slika 4: Metabolna pot homofermentativnih in heterofermentativnih mlečnokislinskih bakterij (Nekrep, 1996)

Poleg glavnih produktov nastanejo tudi stranski produkti metabolizma, kot so višji alkoholi, estri, aldehidi, ketoni, karbonili, diacetil, propionska kislina, ki tudi oblikujejo aromo toasta, vplivajo na vzhajanje testa in rast kvasovk (Hansen in sod., 1989).

Razmerje med nastalo mlečno in očetno kislino vpliva na vonj in okus kruha. Najbolj ugodno razmerje je 80 % mlečne in 20 % očetne kisline (Hrovat, 2000).

Po mnenju avtorja Hansna (1993) pa je optimalno razmerje mlečne in očetne kisline v razmerju 1:3, saj ugodno vpliva na razvoj kvasovk in hkrati inhibira rast drugih mikroorganizmov.

2.2.2.1 Mlečnokislinska fermentacija

Mlečnokislinska fermentacija je anaeroben proces, pri katerem mlečnokislinske bakterije fermentirajo fermentabilne sladkorje v mlečno kislino in, odvisno od mlečnokislinskih bakterij, različne druge stranske metabolite (Plestenjak, 2000).

Pogosto uporabljajo istočasno različne presnovne poti in tako proizvajajo tudi mravljično, jantarjevo kislino, CO₂ in H₂O₂, kar pomeni tudi zelo nizko pH vrednost v substratu (Nekrep, 1996).

Mlečna, očetna kislina (organski kislini), etanol, CO₂, H₂O₂ in diacetil, so pomembnejši produkti mlečnokislinskih bakterij z antimikrobnim učinkom (De Vuyst in Vandamme, 1994).

Za potek fermentacije so potrebni točno določeni pogoji:

- hranilne snovi,
- aeracija na začetku fermentacije,
- dovolj veliko število mlečnokislinskih bakterij,
- dovolj veliko število kvasovk,
- primerna temperatura,
- drugi procesni parametri: a_w , pH, E_h ,
- zunanji in notranji faktorji.

Vsebnost sladkorjev je odvisna od stopnje encimske razgradnje škroba v moki (Barber in sod., 1989). Encimi, predvsem amilaze, pripomorejo k nastanku maltodekstrinov in maltoze, kar tudi vpliva na kvaliteto toasta. Encimi fitaze pa omogočajo nastajanje prostega fosfata, kar dodatno izboljša prehransko vrednost izdelkov, pripravljenih iz kislih test (Cencič, 1994). Tako kot glukoza, v presnovo vstopa še veliko drugih ogljikovih spojin, pod pogojem, da se pretvorijo v molekule, ki lahko vstopajo v osrednji metabolizem, v glikolizo ali v ciklus trikarboksilnih kislin (Nekrep, 1996).

Preglednica 6: Koncentracija sladkorjev v pšenični moki (Cenčič, 1994)

pšenična bela moka	vsebnost sladkorjev (%)
skupni sladkorji	1,55 - 1,84
• saharoza	0,19 - 0,26
• fruktoza	0,02 - 0,08
• glukoza	0,01 - 0,09
• maltoza	0,07 - 0,10
• oligosaharidi	1,26 - 1,31

Moka, kvasovke in mlečnokislinske bakterije vsebujejo encime proteaze, peptidaze, ki med mlečnokislinsko fermentacijo omogočajo sproščanje aminokislin. Te aminokislinske lahko kvasovke in mlečnokislinske bakterije izkoriščajo za svoj metabolizem (Barber in sod., 1989; Lorenz, 1981).

Homo- in heterofermentativne bakterije se med seboj razlikujejo po izkoriščanju aminokislin v fermentacijski brozgi (Lorenz, 1981). Avtor prav tako ugotavlja, da vsi mlečnokislinski sevi v gojišču nujno potrebujejo naslednje aminokislinske: arginin, cistin, leucin, metionin, fenilalanin, triptofan, tirozin in valin.

Vitamini imajo pomembno vlogo, potreba po njih pa variira med posameznimi vrstami. Vsi mlečnokislinski sevi v gojišču potrebujejo naslednje vitamine: piridoksin (B₆), kobalamin (B₁₂), pantotensko kislino (B₃), nikotinsko kislino (PP-faktor), riboflavin (B₂) in tiamin (B₁) (Lorenz, 1981; Hansen in sod., 1993).

2.2.3 Vloga kvasovk v starter kulturah za kislina testa

Alkoholno fermentacijo vodijo predvsem rodovi kvasovk. Ti pretvarjajo fermentabilne sladkorje v ogljikov dioksid in etanol, pri čemer se sprošča toplota. Pri fermentaciji si organizem zagotovi vso potrebno energijo za sintezo ATP le preko verige fosforilacije substrata (Nekrep, 1996).

Prisotnost kvasovk pri sami fermentaciji kislinskih test omogoči dobro vzhajanje testa. Kvasovke ravn tako s svojimi metabolnimi produkti vplivajo tudi na aromo in teksturo testa (Hansen in sod., 1993).

Kvasovke ob prisotnosti mlečnokislinskih bakterij producirajo veliko več aromatičnih komponent kot v testu, kjer mlečnokislinskih bakterij ni prisotnih (Damiani in sod., 1996).

Kvasovke, ki prevladujejo v kislem testu, so iz rodu *Saccharomyces cerevisiae*, so ovalne oblike, optimalno temperaturo namnoževanja imajo pri 25 °C, temperaturo fermentacije pa od 32 – 34 °C. Kvasovke v kislem testu so neobčutljive na kislino in imajo visoko vzhajalno toleranco. Delujejo vzajemno z mlečnokislinskimi bakterijami. Mlečnokislinske bakterije pridobivajo potrebno energijo za rast in razmnoževanje samo s fermentacijo

glukoze. Nastala mlečna kislina zavira razvoj divjih kvasovk (*Candida sp.*), plesni (*Mucor sp.*, *Penicillium sp.* in *Rhizopus sp.*) in bakterij nitkavosti (*Bacillus subtilis*). Zagotovi pa rast pekovskih kvasovk (Hrovat, 2000).

Lastnosti pekovskih kvasovk in starter kultur v kislih testih se spreminjajo že tudi z gensko tehniko, s čimer se poveča kakovost kruhov.

Kvaliteten pekovski kvas mora imeti široko toleranco za:

- temperaturo,
- pH vrednost,
- prisotnost sladkorja, maščob, konzervansov,
- imeti sposobnost rasti na različnih substratih,
- hkrati mora proizvajati aromatične snovi (Linko in sod., 1997).

Industrijsko pridobljene kvasovke se uporabljajo kot kvas (pekovski kvas) in so kloni *S. cerevisiae*, pridobljene z rastjo na melasi.

Pekovski kvas ima optimalno rast pri temperaturi od 28 do 35 °C in optimalno pH vrednost med 4 in 5. Količina pekovskega kvasa, ki je potrebna za vzhajanje testa, je odvisna predvsem od tehnologije in recepture. Navadno ga dodajamo 1 do 6 % glede na količino moke. Metabolizem kvasovke *S. cerevisiae* se razlikuje od tistega, ki ga ima lastna mikroflora moke, ki vsebuje različne vrste kvasovk z različnimi fermentacijskimi lastnostmi. Upoštevajoč različno tipologijo izdelkov se aktivnost kvasa kaže v variabilnosti operativnih razmer (čas vzhajanja, tekstura in struktura zamesa, koncentracija in prisotnost hranilnih snovi, temperatura, plinasta faza, sestava fermentacijskega substrata, vrednost pH, količina soli, vode in prisotnost bakteriostatičnih in bakteriocidnih snovi. Omejujoč dejavnik fermentacije je relativno pomanjkanje sladkorjev (Cenčič, 1994).

Delovanje kvasovk pri vzhajanju testa ima večinoma tri naloge:

- proizvesti zadostno količino ogljikovega dioksida in s tem povečati volumen izdelka, da postane mehkejši,
- proizvesti snovi, ki dajejo kruhu značilen vonj in okus,
- spremeniti zgradbo glutena, čemur lahko rečemo tudi zorenje zamesa (Cenčič, 1994).

2.2.4 Prednosti uporabe starter kultur v pekarstvu

Corsetti in sod., (1998a) meni, da pšenična kislina testa, narejena s pomočjo starter kultur, zavirajo rast plesni ter podaljšajo svežost.

Parametri, ki vplivajo na kakovost proizvoda, so: fizikalno-kemijske in senzorične lastnosti toasta, fermentativne in reološke karakteristike testa, stopnja kislosti. Vendar pa so stopnja kislosti, senzorične lastnosti in tekstura toasta odvisne od tipa moke in fizikalnega stanja starter kultur.

Damiani in sod., (1996) so v raziskavi ugotavljali, kolikšna je produkcija hlapnih komponent, očetne in mlečne kisline v kislem testu z mešanimi starter kulturami: *L. brevis subsp. Lindneri* CBI, *L. plantarum* DC400 in *S. cerevisiae* 141 ali *S. exiguus* M14. Nizka temperatura (25 °C) in čvrsto kislo testo je bilo primerno za delovanje mlečnokislinskih bakterij, a omejeno za delovanje kvasovk. Ob zvišanju temperature do 30 °C in poltrdem kislem testu se je povečalo število hlapnih komponent. Dodatek fruktoze ali citrata pa je še povečal prispevek mlečnokislinskih bakterij k senzoričnim lastnostim kislega testa in vplival na dinamiko nastajanja hlapnih komponent med peko. Prav tako je nanje vplivala koncentracija amino kislin, predvsem valina, leucina in lizina. Amino kislini valin in leucin sta nujno potrebni za rast mlečnokislinskih bakterij.

Isti avtorji so leto prej preučevali proteolitično aktivnost zgoraj navedenih starterjev. Med fermentacijo kislega testa sta starterja *S. cerevisiae* 141 in *S. exiguus* M14 ločeno koristno porabljala proste amino kisline, ki so jih producirale bakterije. Zaradi povečane avtolize kvasovk pa je tudi starter *S. exiguus* M14 producial več prostih amino kislin, katere so delno porabile mlečnokislinske bakterije, ne da bi pri tem povzročile hidrolizo pšeničnih proteinov. V kislih testih, pripravljenih s starterjema *L. brevis subsp. Lindneri* CBI in *S. cerevisiae* 141 so opazili prisotnost D-alanina, D-glutaminske kisline in sledove drugih D-izomer. Skupno število prostih D- in L-amino kislin se je po peki zmanjšalo za >44%.

Gobetti in sod., (1994) so preučevali medsebojne vplive med LAB in kvasovkami, s poudarkom na metabolizmu amino kislin. Mešane kulture LAB *L. brevis subsp. Lindneri* CBI s kvasovkami *S. cerevisiae* 141 ali *S. exiguus* M14 so dale boljši rastni rezultat in končni donos kot čiste, nemešane kulture. Rezultati so pokazali, da kvasovke le delno tekmujejo z mlečnokislinskimi bakterijami za vire dušika, ki so na voljo in sintetizirajo in izločajo amino kisline, kar poveča donos celic mlečnokislinskih bakterij.

Priprava kislega testa s spontanym kisanjem lahko pripelje do fermentacije z nezaželenimi mikroorganizmi, ki so v moki. Zato je priporočljiva fermentacija testa s pripravo kislega testa (predfermenta) s pomočjo starter kultur, katerih sestava je točno določena. Na ta način med fermentacijo testa nastanejo sestavine, ki vplivajo na izboljšanje kakovosti pšeničnih kruhov (mlečna kislina, očetna kislina, CO₂). Nasproti temu procesu je kisanje testa z dodatkom kislin, kjer ne pride do nastanka aromatičnih snovi. Ima pa nekaj prednosti, kot so enostavnost, hitrost, predvidljivost (Stehlik-Thomas, 2003).

Gobetti (1998) v svojem članku o pripravi kruha s pomočjo mešanih starter kultur omenja, da se za kontrolirano fermentacijo testa na osnovi moke in vode za hitro pripravo starterja s karakteristikami svežih kultur vzame najmanj en sev laktobacilov in en sev kvasovk. Mlečnokislinske bakterije v kislih testih najpogosteje sodelujejo s kvasovkami *S. exiguus*, *Pichia norvegensis* in *Hansenulo anomala*.

Avtor nadalje navaja, da mlečnokislinske bakterije (predvsem *Lb. Sanfranciscensis*) proizvajajo protimikrobne in fungicidne substance, kar je lahko povezano z njihovo prevlado in možnostjo stabilne proizvodnje kislega testa ter zaščite občutljivih kvasovk. Raziskuje interakcije med mlečnokislinskimi bakterijami v kislih testih s poudarkom na metabolizmu ogljikovih hidratov, dušikovih snovi, proizvodnje CO₂ in preostalih hlapnih snovi ter protimikrobne aktivnosti.

Študija učinkov različnih starter kultur je pokazala, da so kvasovke *Saccharomyces cerevisiae* 141 proizvedle največ CO₂ in etanola, fermentacija kvasovk v kombinaciji s heterofermentativnimi mlečnokislinskimi kulturami je bila hitrejša, v kombinaciji s homofermentativnimi mlečnokislinskimi kulturami počasnejša, produkcija CO₂ pa višja. V kombinaciji *L. brevis* subsp. *Lindneri* CBI s kvasovkami *S. cerevisiae* 141 se je število bakterijskih celic po treh urah pri 28 °C zmanjšalo in s tem se je zmanjšala kislost. Dodatek fruktoze kislemu testu pa je ponovno aktiviral kvas (Gobetti in sod., 1995).

Martinez-Anaya in sod., (1995) so se v študiji osredotočili na značilnosti kislega testa, pripravljenega le s prešanim kvasom ter kislega testa, pripravljenega s čistimi kulturami *S. cerevisiae*, *L. brevis*, *L. plantarum* in *Enterococcus faecium*. Pri testih s čistimi kulturami so opazili povečanje števila peptidov in aminokislin, pri testih, pripravljenih le s kvasom, pa se število le-teh ni spremenilo. Rezultati so pokazali, da so elastičnost, sam volumen testa ter povečanje volumna zaradi vzhajanja pomembno povezani s spremembami v koncentraciji prostih amino kislin in peptidov med vzhajanje testa.

Antuna-Cervera (1998) meni, da uporaba kislega testa občutno izboljša aromo in okus kruha ter poveča varnost pred mikrobo kontaminacijo. Povišana produkcija očetne kisline v kislem testu ima lahko pozitiven vpliv na senzorične lastnosti in mikrobiološko odpornost kruha, kar lahko dosežemo z dodatkom fruktoze v testo ali z zračenjem.

Röcken in sod., (1997) ugotavlja, da je glavni faktor, ki vpliva na tvorbo očetne kisline s pomočjo heterofermentativnih bakterij, razpoložljivost vodikovih akceptorjev elektronov, kot sta npr. fruktoza in kisik. Testi so pokazali, da bakterija *L. brevis* deluje bolje, če je akceptor vodikovih ionov kisik. Ker pa je topnost kisika majhna, je boljše metoda za povečanje količine očetne kisline v testu dodatek fruktoze.

Linko in sod., (1997) navaja, da je bil prvotni razvoj starter kultur kislega testa namenjen proizvodnji kislin v kruhah. Kasneje se je izkazalo, da kislota testa daje kruhom tudi daljšo trajnost in izboljšanje arome. Uporaba dobro definiranih komercialnih starter kultur izboljša kontrolo in poveča kakovost kruhov. Kvalitetne starter kulture morajo znižati pH vrednost testa na 4.

2.2.5 Prednosti uporabe starter kulture *Lactobacillus brevis* v pekarstvu

Simsek in Tulumoglu (2005) sta izvedla študijo z namenom pridobiti antimikrobno starter kulturo za procese, pri katerih uporabljamo kislota testo. Analizirala sta 60 primerkov kislota test. Določila sta metabolne produkte (skupno število vseh kislin, organskih kislin in diacetila) izbranih sevov. Sevi za kislota testo z najboljšim potencialom so bili naslednji: *Lactobacillus brevis* ssp. *Lindneri* 2103, *L. viridescens* 241,242, *Pediococcus* sp. E5 in *L. delbrückii* F5.

Clarke in sod., (2003) so ugotavljali vpliv dveh faktorjev (časa fermentacije kislega testa in % dodatka kvasa) na kvaliteto kislega testa. Uporabili so dva različna starterja za kislota testo, mešan sev starter kultur imenovan Reinsucht-Sauerteig Weizen in samostojen sev starter kulture *Lactobacillus brevis*. Določali so pH, kislinsko stopnjo, višino kruhov,

specifični volumen ter trdoto sredice. Rezultati so pokazali, da je bil maksimalen specifični volumen kruhov dosežen z uporabo kulture *L. brevis*, še posebej, kadar je bila prisotna tudi velika količina kvasa. Vendar pa so dobili kruh z boljšimi senzoričnimi lastnostmi z uporabo manjše količine kvasa ter mešanih sevov.

Onishi in sod., (2002) so v študiji ugotovili, da starter kultura za kislina testa *Lactobacillus sakei* v kombinaciji z rodom kvasovk *Saccharomyces cerevisiae* (te so sposobne presnavljati očetno kislino) omogoča proizvodnjo izboljšane kruha s prijetno aromo. Homofermentativnemu sevu *L. sakei* so dodali še heterofermentativni sev *L. brevis*. Prvi je imel manjši, drugi pa negativen vpliv na proizvodnjo plina v testu – oba sta zmanjšala volumen kruha, vendar pa se je ogromno zvišalo število prostih aminokislin v testu.

Meigen in sod., (2001) so raziskovali vpliv dveh komercialnih starterjev na oblikovanje arome v testu in v kruhu. *L. brevis* in *S. cerevisiae* sta bila dodano skupaj ali posebej kislemu testu. Ugotovili so, da *S. cerevisiae* raste počasneje kot *L. brevis*, še posebno, kadar sta bila starterja skupaj zmešana. Kadar sta bila uporabljena skupaj, se je produkcija alkohola znižala (zaradi manjše rasti kvasovk), količina glicerola in očetne kisline se je povečala, produkcija mlečne kisline pa je ostala nespremenjena. Ob samostojnem dodatku *L. brevis* je *L. brevis* produciral manj komponent arome kot *S. cerevisiae*, ob dodatku mešanih starterjev pa so opazili občutno višjo produkcijo komponent arome v testu kot pri samostojnih dodatkih starterjev ($P < 0,05$).

Damiani in sod., (1996) so ugotavljali karakteristike med 87 sevi homo- in heterofermentativnimi mlečnokislinskimi bakterijami in kvasovkami na osnovi interakcij med njimi ter hlapnih komponent, ki jih producirajo med fermentacijo kislega testa. Homofermentativne mlečnokislinske bakterije so producirale predvsem etil acetat ter malo alkohola in aldehydov, heterofermentativne diacetil in druge karbonilne mešanice, kvasovke pa izo-alkohole. Največ aromatičnih komponent sta proizvedla seva *Lactobacillus brevis* in *L. plantarum*. Kvasovke so ob prisotnosti mlečnokislinskih bakterij producirale veliko več aromatičnih komponent kot v testu, kjer mlečnokislinskih bakterij ni bilo prisotnih.

Stehlik-Tomas in Grba (1994) sta želela povečati aktivnost starter kulture *L. brevis* za pekarsko industrijo. *L. brevis* sta gojila v mediju, ki je vseboval sladni ekstrakt (40 g/l) in sladni ekstrakt z dodatkom kvasovk, kazeina, mesnega ekstrakta in mineralov. Rezultati so pokazali, da je bil osnovni medij s sladnim ekstraktom primeren za produkcijo, medij z dodatki pa je bil nujen za boljšo produkcijo mlečne in očetne kisline. Rast je bila boljša, če je bil medij s sladnim ekstraktom še dodatno obogaten s kalijevim hidrogen fosfatom, magnezijevim sulfatom in kvasnim ekstraktom. Produkcija kislin je bila največja, če je bil medij obogaten s kalijevim hidrogen fosfatom in natrijevim acetatom.

2.2.6 Vpliv metabolnih produktov na aromo in konsistenco toasta

Heterofermentativne bakterije so potrebne za razvoj tipične arome kruha. Uporaba teh bakterij bi dala sredici pomanjkljivo elastičnost zaradi slabe proizvodnje kislin.

Homofermentativne bakterije dajejo zelene karakteristike sredice, a pomanjkljivo aromo. Tako sta oba tipa potrebna za proizvodnjo dobre kruha (Eršte, 1994).

Mlečna in očetna kislina vplivata na senzorične lastnosti pekovskih izdelkov. Njun vpliv se izraža s fermentacijskim kvocientom, to je razmerje med mlečno in očetno kislino, ki je odvisno od vrste kulture in fermentacijskih razmer (Česen, 2001). Če kvocient naraste, pomeni produkcijo večje količine mlečne kisline ali manjše količine očetne kisline. Optimalno razmerje kislín ugodno vpliva na lastnosti glutena. Mlečna kislina naredi bolj elastično glutensko mrežo. Pri toplem in mehkem testu nastane več mlečne kisline. Hladno, čvrsto kislo testo pa proizvede manj mlečne kisline in skoraj enako količino očetne kisline (Seibel in Brümmer, 1991).

Kvasovke med fermentacijo proizvajajo tudi izo-alkohole. Na aromo pšeničnega kruha vplivajo še uporabljene surovine, fermentacija kislega testa, tip pšenične moke, temperatura in peka kruha (Damiani in sod., 1996).

Hansen in sod. (1993) je raziskoval vpliv kislega testa s homo- in heterofermentativnimi sevi mlečnokislinskih bakterij brez dodatka kvasa ter z dodatkom kvasa. Uporabili so kvasne kulture *S. cerevisiae* in *Candida Milleri*.

Ugotovili so naslednje:

- V kislih testih z dodatkom heterofermentativnih sevov so določili višjo vrednost višjih alkoholov, kot sta 1-pentanol in 1-heksanol.
- V kislih testih z dodatkom homo- in heterofermentativnih sevov ter kvasovk so določili etanol, 2-metil-1-propanol, 2,3-metil-1-butanol ter etil-acetat.
- Kjer so uporabili še homofermentativno kulturo, sta se v zelo nizkih koncentracijah pojavila diacetil in acetoin.

2.2.7 Vpliv procesnih parametrov na fermentacijo

Na metabolizem prisotne mikrobne kulture v kislih testih vplivamo z regulacijo (spreminjanjem in kontrolo) procesnih parametrov. S tem vplivamo na potek fermentacije, kar nadalje vpliva na mikrobno aktivnost in ima s tem neposredni vpliv na kakovost končnega izdelka.

Parametri, ki vplivajo na metabolizem mlečnokislinskih bakterij in kvasovk, so:

- temperatura,
- pH vrednost,
- redoks potencial (E_h),
- aeracija,
- vodna aktivnost,
- nastajanje etanola, estrov, kislín,
- fermentacijski čas, čas razmnoževanja (Cenčič, 1994).

TEMPERATURA

Je eden ključnih parametrov. Mlečnokislinske bakterije imajo svoj optimum delovanja pri $T=30\text{ }^{\circ}\text{C}$, maksimum pri $T=37\text{ }^{\circ}\text{C}$ in minimum pri $T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kvasovke fermentirajo pri $T=40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Hansen in sod., 1989).

Tvorba metabolnih produktov je odvisna od temperature in dolžine trajanja fermentacije. Čim nižja je temperatura testa, tem večja je koncentracija očetne kisline. Z višanjem temperature narašča koncentracija mlečne kisline. Mlečna in očetna kislina morata biti v optimalnem razmerju 3:1 (Hansen in sod., 1989, Galli in sod., 1988) oziroma 6:1, odvisno od vrste seva in razvoja testa (Hansen in sod., 1989, Barber in sod., 1989).

pH VREDNOST

Metabolni produkti, ki so rezultat metabolne aktivnosti in rasti mlečnokislinskih bakterij, povzročijo padec znižanje vrednosti iz 7 na 4. Metabolni produkti očetna kislina, mlečna kislina, CO_2 , etanol ter druge snovi, ki izboljšujejo aromo in konsistenco kruha, nastajajo toliko časa, dokler nista rast in metabolizem prisotne mikroflore ustavljena (Hansen s sod., 1989).

REDOKS POTENCIAL (E_h)

Spremljanje redoks potenciala med mlečnokislinsko fermentacijo nam določa pogoje, kateri mikroorganizmi (aerobni ali anaerobni) bodo prevladali v sistemu. Negativna vrednost redoks potenciala je posledica rasti in metabolizma bakterij v anaerobnih pogojih. Ob začetnem intenzivnem mešanju nastanejo semiaerobni pogoji. V nadaljnjem postopku mešanje ni tako intenzivno. Koncentracija kisika se zmanjšuje tudi zaradi rasti ter metabolične aktivnosti kvasovk in mlečnokislinskih bakterij (Batič, 1999).

2.3 POSTOPKI IZDELAVE KISLEGA TESTA

Način zamesa s kislim testom je ena izmed najstarejših pekarskih tehnologij.

Značilnosti kislega testa:

- inhibicija rasti plesni,
- sinergičen učinek delovanja prisotne mešane mikroflore,
- inhibicija neželenih fermentacij moke, povzročena z bakterijami ali z divjimi kvasovkami,
- razvijanje značilnega vonja in arome (mlečna, očetna kislina, sekundarni metaboliti in prekursorji aromatičnih snovi),
- tehnološki parametri kruha (vzhajanje in pečenje), encimska aktivnost, elastičnost, primernost za rezanje (ni drobljenja) ter svežina sredice (Spicher in Stephan, 1987).

Priprava kislega testa se lahko loči na:

- **TRADICIONALNI NAČINI:** Ker je to enofazna priprava testa, je spremljanje procesa težje, saj je težja kontrola standardne kvalitete kislega testa, spreminjanje temperatur pa se kaže v nihanju kislosti in različni koncentraciji prisotnih kislin. Na

voljo morajo biti ves čas velike količine kislega testa, kar posledično pogojuje velik prostor za kotle za pripravo le-tega.

- **STROJNI NAČINI:** Strojna oprema se v splošnem loči na enofazne, dvofazne ali trifazne sisteme priprave kislih test, s fermentacijo ali brez fermentacije starega kruha. Prednost pred tradicionalnim načinom je predvsem v manjšem prostoru in zmanjšanem delovnem času delavcev zaradi strojne opreme.

2.3.1 Vpliv uporabe kislega testa na kakovost toasta

Preglednica 7: Splošne lastnosti dobrega toasta (Smerajec, 2000)

lastnosti	opis lastnosti
oblika	lepo oblikovan, simetričen, pravokoten
sredica	enakomerna velikost finih por, elastična
rezine	skorja enakomerno porjavena
okus	aromatičen
svežina	dobra

Prednosti uporabe kislega testa, pripravljenega s starter kulturo v fermentorju, ki nam omogočajo obvladovanje tehnoloških parametrov, so naslednje:

- kakovost končnega izdelka (aroma, tekstura, obstojnost),
- industrijska tehnologija,
- mikrobiološki nadzor,
- ponovljivost in izenačenost (Česen, 2000).

Nadalje avtorica Česnova navaja, da ima kislo testo (testo, ki vsebuje produkte fermentacije mlečnokislinskih bakterij) tehnološke prednosti:

- lažja obdelava testa, ki je bolj raztegljivo in manj lepljivo,
- lažje deljenje.

Vpliv kislega testa na teksturo izdelkov:

- boljša in lažja mehanska obdelava testa med oblikovanjem ter večji volumen kruha sta posledica aktivacije pentozanaz in proteaz zaradi padca viskoznosti testa,
- aktivnost proteaz, ki jih proizvedejo aminokisliline, je omogočena zaradi zakisanja testa (Maillardova reakcija - reakcija med aminokislilinami in reducirajočimi sladkorji med fazo peke) (Česen, 2001).

Kislo testo vpliva tudi na:

- razvoj CO₂, ki nastaja s fermentacijo kvasovk v kislem testu in rahlja testo,
- nastajanje aromatičnih sestavin, ki se sproščajo med peko,
- produkte presnove mikroorganizmov, ki podaljšajo obstojnost,
- zadrževanje staranja izdelka, saj zaklepitev škroba poteka dlje časa in s tem je retrogradacija počasnejša (Schünemann in Treu, 1999).

Hidrofilne lastnosti beljakovin so spremenjene zaradi kislosti. Fermentacijski mikroorganizmi povzročijo spremembe na beljakovinah. Ti vplivi na beljakovinah določajo viskoelastične lastnosti zamesa med peko in ohlajevanjem (Cenčič, 1994).

Razgradnja proteinov, ki je posledica proteolitične aktivnosti mlečnokislinskih bakterij in aktivacija proteaz iz moke v kislem mediju:

- zmanjšuje lepljivost,
- preprečuje trganje med laminacijo,
- preprečuje zmanjšanje volumna in krčenje med raztezanjem, oblikovanjem in peko,
- povzroči boljše mešanje testa (hitrejša homogenizacija testa),
- omogoča lažjo strojno obdelavo testa (zmanjšanje viskoznosti).

2.4 OBLIKOVANJE TESTA

Postopki oblikovanja testa so: deljenje, okrogljenje in dokončno oblikovanje. Z deljenjem pripravimo testo na oblikovanje, določimo velikost in obliko kosov. Med okroglenjem postane površina testa gladka in okrogla. Deljenje je lahko ročno ali strojno. Delimo na osnovi mase ali volumna. Zaradi pritiska, ki nastane med deljenjem in okroglenjem, se testo deformira. Da se spet vzpostavi tridimenzionalna mreža beljakovin, ki zadržuje nastale pline, mora testo nekaj časa počivati. Čas je odvisen od predhodne fermentacije, intenzivnosti mesitve in načina deljenja testa. Pri proizvodnji testa s počasnim in hitrim zamesom ter pri ročnem zamesu je čas fermentacije 2 - 3 minute, pri intenzivnem zamesu pa 5 – 8 minut (Schünemann in Treu, 1999).

Fermentacija pred peko in ponovno vzhajanje v peči morata biti v pravilnem medsebojnem razmerju. Če izdelki pred peko slabo vzhajajo, je ponovno vzhajanje v peči premočno in skorja razpoka. Izdelki so previsoki in niso dovolj luknjičavi. Skozi razpoke skorje izhajajo plini in na površini se pojavijo izrastki. Če pa je vzhajanje pred peko premočno, je ponovno vzhajanje v peči preslabo. Izdelki ostanejo nizki. Napake lahko delno odpravimo z regulacijo temperature in s količino dodane pare v peči (Hrovat, 2000).

Vzhajanje (fermentacija) oblikovanega testa je zadnji postopek pred pečenjem. Njena naloga je pridobitev izdelka z želeno obliko in volumnom. Optimalna temperatura je do 35 °C, relativna vlažnost pa 80 %. Pri višji relativni vlagi se testo lepi in deformira, pri nižji dobi skorjo, ki ovira nadaljnjo fermentacijo med peko (Lorenz, 1981).

2.5 PEKA TOASTA

Peka je proces, pri katerem se v testu zaradi delovanja toplote pojavijo spremembe. Iz nestabilnega koloidnega sistema nastane trden izdelek z značilnim okusom in aromo. Prva opazna sprememba, ki nastane v začetku peke, je povečanje volumna testa. Volumen se najbolj poveča prvih deset minut peke. Kasneje se umiri, dokler ne doseže volumna, ki ostane tudi po peki. Zaradi dvigovanja temperature se testo med peko segreva in tako nastane čvrst izdelek stabilne strukture. Testo ima ob vsajanju v peč temperaturo od 30 do 35 °C. Med prehajanjem toplote v testo in v notranjost testa se viša temperatura skorje in

sredice. Temperatura skorje lahko naraste čez 180 °C, temperatura sredice pa ne preseže 100 °C (Plestenjak, 2000).

Temperatura peči se določa glede na:

- recepturo testa,
- značilnosti testa,
- želeno kakovost končnega izdelka.

BIOKEMIJSKE SPREMEMBE MED PEKO

Ko vsadimo testo v peč, mikroorganizmi še naprej intenzivno delujejo. Aktivnost kvasovk se povečuje do temperature 40 °C, pri temperaturi 45 °C nehajo delovati. Mlečnokislinske bakterije so zelo aktivne do temperature 50 °C, torej se med peko poveča tudi kislost testa. (Hrovat, 2000).

- SREDICA

V prvi fazi peke amilaze hidrolizirajo škrob, pri tem nastajajo sladkorji, ki jih kvasovke in mlečnokislinske bakterije porabljajo za fermentacijo. Škrob med segrevanjem nabreka, osmotski pritisk v notranjosti škrobnih zrn se veča. Ko dosežemo temperaturo 60 do 70 °C, beljakovinske snovi denaturirajo in izgubljajo vodo, absorbirano med zamesom. To vodo veže škrob, ki začne zaklejevati od približno 60 °C naprej. Ogljikov dioksid le počasi difundira skozi kompleks glutenske mreže. Ko vstavimo testo v peč, se volumen toasta hitro poveča. Do temperature 72 °C beležimo le majhno izgubo ogljikovega dioksida, z višanjem temperature pa izgubimo ogromne količine CO₂ iz testa/toasta. Količina glutena v testu je konstantna, plina pa ne. Ko se testo spremeni v toast, ne more več zadrževati plina.

Konsistenca testa pri peki do 60 °C zelo pada, od 60 do 70 °C pa hitro narašča zaradi koagulacije beljakovin in zaklejitve škroba. Škrob zakleji pri temperaturi okoli 65 °C.

Amilolitična encima α - in β -amilaza povečata svojo aktivnost, zato se škrob hitreje razgrajuje v maltozo in dekstrine, ki dajejo kruhu lepljivost in vlažnost. Količina dekstrinov je odvisna od tega, kako dolgo se testo zadržuje v temperaturnem območju med 60 in 70 °C. Daljši je čas, več dekstrinov se tvori. V začetku razgradnje vpliva maltoza na hitrejšo fermentacijo, potem pa se skupaj z dekstrini kopiči v notranjosti testa in vpliva na večjo količino topnih snovi in okus kruha (Hoseney, 1984).

Med mesitvijo in vzhajanjem nastajajo snovi, ki jih proizvajajo različni mikroorganizmi: mlečna kislina, očetna kislina, alkohol. Nastajajo pa tudi alkoholi, estri, maščobne kisline, amini, piridini, ki razvijejo sestavine arome šele med peko. Pri 70 do 80 °C alkohol izhlapi, encimska razgradnja je končana, škrob pa v celoti zakleji. α -amilaza se popolnoma inaktivira pri 82 do 84 °C, β -amilaza pa že prej.

- SKORJA

Zaradi visoke temperature nastaja zelo hitro in prepreči nadaljnje raztezanje testa. Prehitro tvorbo skorje preprečimo tudi z dodajanjem vlage. Para, ki se kondenzira na površini, zakleji škrob in tako nastajajo topni dekstrini. Poteka Maillardova reakcija med reducirajočimi sladkorji in aminokislinami, pri kateri nastajajo melanoidi, ki daje izdelku

rjavkasto barvo. Pri temperaturi 120 do 130 °C saharoza tudi karamelizira, škrob pa dekstrinira. Za normalno obarvanje skorje naj bi v testu ostalo tik pred peko od 2 do 3 % reducirajočih sladkorjev. V skorji istočasno nastajajo aromatične sestavine, ki delno izhlapevajo in delno prodirajo v sredico.

2.6 OHLAJANJE TOASTA

Takoj po prihodu iz peči se začne toast ohlajevati. S tem izgublja vodo, začne se sušiti ter izgublja težo. Po peki toasta se temperaturi skorje in sredice razlikujeta. Skorja ima temperaturo nad 100 °C, sredica nekoliko nižjo. Toast ohlajujemo počasi pri temperaturi prostora (25 °C). Proces ohlajanja kruha se prične na površini in se počasi pomika proti sredici. Med skorjo in sredico se ustvari temperaturni gradient, ki vpliva na izhajanje vode iz kruha. Ko se temperaturi toasta in okolice izenačita, se temperaturni gradient izniči. S tem neha prehajati vode iz sredice proti skorji, kljub temu, da je še vedno prisoten nek gradient vode. Takoj po peki je izhajanje vode iz toasta največje. V ohlajenem toastu je izhajanje vode počasnejše in s tem tudi sušenje kruha (Auerman, 1988; Đaković, 1980).

VPLIV TEMPERATURE PROSTORA NA OHLAJEVANJE TOASTA

Hitrost ohlajevanja in s tem izguba vode je odvisna od temperature prostora. Nižja temperatura prostora pomeni hitrejšo ohlajevanje in manjše izgube med sušenjem. Prav tako nižja temperatura znižuje parcialni tlak vodne pare nad površino kruha in s tem zmanjšuje sušenje kruha. Negativna lastnost ohlajevanja kruha pri nizkih temperaturah je v pokanju skorje (Auerman, 1988; Markovič, 1996).

2.7 SKLADIŠČENJE IN STARANJE TOASTA

Toast štejemo za dolgotrajni izdelek, ki je senzorično sicer najboljši nekaj dni po peki, dobre kvalitete pa naj bi ostal še vsaj 14 dni po peki. Med skladiščenjem nastajajo številne kemijske, fizikalne ter mikrobiološke spremembe.

Spremembam med staranjem pripisujemo spremembam škroba in beljakovin in prehajanju vlage med njima. Med peko škrob zakleji in veže vodo, ki jo oddajo beljakovine med koagulacijo. Med staranjem poteka obraten proces. Škrob izgubi sposobnost vezanja vode, ker prehaja iz zaklejene oblike nazaj v kristalno, kar pojmuje kot proces retrogradacije škroba. Koagulacija beljakovin pa je nepovraten proces, torej beljakovine ne morejo vezati vode nazaj, zato ta ostane nevezana v sredici (Zobel in Kulp, 1996).

Enostavno povedano je retrogradiran škrob tisti, ki je pretvorjen v netopno stanje.

Staranje kruha pomeni zmanjšanje zmožnosti vezave vode na škrob in skrčenje gelastih zrn škroba.

Fizikalne spremembe med staranjem toasta:

- SREDICA: Mehka, prožna in nedrobljiva sredica s staranjem postane vedno bolj trda, manj prožna in drobljiva.

- **SKORJA:** Gladka, suha, drobljiva in krhka skorja svežega toasta postaja s staranjem mehka, elastična in nagubana.
- **AROMA IN OKUS:** Izrazita, prijetna aroma in okus toasta s staranjem postajata manj izrazita. Pri daljšem skladiščenju dobiva toast specifičen vonj in okus po starem toastu, ki ni svojevrsten svežemu (Auerman, 1988).

Toast ostane najdlje svež, če se skladišči v prostoru z relativno vlago od 75 do 80 %, pri temperaturi med 15 in 20 °C. Retrogradacija je pospešena pri temperaturi okoli 0 °C in takrat se toast najhitreje stara (Cvrtila, 2002).

Retrogradacija škroba se ne more preprečiti, lahko pa se upočasni. Sredica toasta se stara počasneje, če se uporabljajo:

- moke z večjo vsebnostjo beljakovin,
- postopki parjenja mok,
- postopki z daljšim vodenjem testa (izdelki s kislim testom),
- dodatki, ki povečajo moč vpijanja vode in zadržujejo vezano vodo,
- aditivi, ki končnemu proizvodu podaljšajo trajnost in svežino (Cvrtila, 2002).

2.8 SENZORIČNA KAKOVOST TOASTA

Kruh ocenjujemo na podlagi kemijske in senzorične analize. Analiziramo vsebnost hranilnih snovi v kruhu, s senzorično analizo pa ugotavljamo mehanske lastnosti skorje in sredice ter vonj in okus kruha (Plestenjak, 2000).

Pri temperaturi peke (240 °C) spojine moke, glavni in stranski metabolni produkti, aditivi, maščobe in sladkorji reagirajo med seboj in na ta način nastanejo spojine, ki oblikujejo aromo toasta. Končna aroma toasta se izoblikuje šest ur po peki, ko se spojine z ohlajevanjem dokončno stabilizirajo.

Kramer (1973) je bil med prvimi, ki je zasnoval sistematično senzoričnih lastnosti na podlagi treh glavnih zaznav:

- **VIDEZ:** na podlagi čuta vida,
- **AROMA:** na podlagi čuta vonja in okusa,
- **HAPESTENZIJA IN KINESTEZIJA:** na podlagi čuta tipa (mehanski receptorji v koži, sluznici, sklepih, mišicah).



Slika 5: Kramerjev krog (Kramer, 1973)

Pri senzorični analizi kruha ocenjujemo:

- zunanost kruha,
- volumen,
- kakovost skorje in sredice,
- barvo sredice,
- poroznost,
- prožnost,
- vonj in okus,
- topnost (Plestenjak, 2000).

Na zunanji strani kroga, ki je razdeljen na tri segmente, so razvrščene primarne lastnosti. Na notranji strani kroga so razvrščene naslednje lastnosti: viskoznost, občutek v ustih, napake in konzistenca. To pomeni, da ni ostre meje med posameznimi čutnimi lastnostmi živil (Ferko, 1997; Kramer, 1973).

Senzorične kontrole živil so danes bistveni sestavni del vsake prehrabene industrije, kontrole blaga, ocenitve novih razvojnih stopenj, pogojev skladiščenja in marketinga.

Po Pravilniku ocenjevanja kakovosti (2000) se ocenjuje kakovost kruha na osnovi naslednjih meril:

- oblike in videza kruha,
- izgleda in lastnosti skorje,
- strukture in prožnosti sredice,
- vonja in okusa sredice.

Sistem ocenjevanja je pettočkovni. Maksimalno število ponderiranih točk, ki se lahko doseže, je 100. Pri ugotovljenih posameznih napakah se točke znižujejo. Končna ocena kakovosti je v mejah od 0 do 5. Naše ocenjevanje toastov je bilo prilagojeno ter povzeto po Pravilih ocenjevanja kakovosti kruha Združenja pekov pri Žitni skupnosti.

3 MATERIAL IN METODE DELA

3.1 MATERIAL

3.1.1 Kislo testo s starter kulturo *Lactobacillus brevis*

V raziskavi smo pri pripravi kislega testa uporabili heterofermentativni sev starter kulture *Lactobacillus brevis*, ki je dosegljiv na tržišču kot komercialen proizvod danskega proizvajalca CHR. HANSEN, z oznako FloraPan-L-62. Kultura je bila v liofilizirani obliki, s koncentracijo 2×10^{11} CFU/g, pakirana v vrečke po 5 g.

FloraPan kulture so čiste kulture mlečnokislinskih bakterij, izolirane iz tradicionalnega kislega testa.

Kislo testo smo pripravili iz vode in moke ter dodatka liofilizirane kulture *L. brevis*. Fermentacija je potekala pri temperaturi 30 °C, 18 h. Kislo testo smo dodajali glavnemu zamesu v različnih količinah brez dodatka konzervansa: 0 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 % in z dodatkom konzervansa: 10 %, 20 %, 30 %, 40 %.

3.1.2 Moka

Za pripravo toasta smo uporabili belo pšenično moko tip 500.

3.1.3 Voda

Pri zamesu testa smo uporabili vodo s temperaturo 6-7 °C. Dodali smo od 3,445 do 3,640 litrov vode, kar je 53 %-56 % glede na količino moke.

3.1.4 Kvas

Uporabili smo sveže komprimirani pekovski kvas proizvajalca Fala in sicer 4,6 % glede na maso moke.

3.1.5 Sladkor

Dodali smo 2,3 % sladkorja glede na maso moke.

3.1.6 Maščoba

Maščobo smo dodali v obliki margarine, in sicer 5,8 % glede na maso moke.

3.1.7 Sol

V glavni zames smo dodali 2,3 % kuhinjske soli glede na maso moke.

3.1.8 Aditivi

Dodali smo mleko v prahu: 2,3 % glede na maso moke ter askorbinsko kislino (vitamin C), in sicer 0,01 % glede na količino moke.

3.1.9 Konzervansi

V zames smo dodali 0,23 % konzervansa glede na maso moke. Kot konzervans smo uporabili Sorbin (sorbinsko kislino), proizvajalca Droga Kolinska.

3.2 METODE DELA

3.2.1 Tehnologija izdelave toasta

Toast smo pripravljali z indirektnim načinom zamesa in ga pekli v Pekarni Grosuplje. Najprej smo pripravili kislo testo in ga po 18 h fermentacije dodali glavnemu zamesu.

3.2.1.1 Priprava kislega testa

Kislo testo smo pripravili z dodatkom mlečnokislinskih bakterij. Uporabili smo heterofermentativni sev *Lactobacillus brevis* danskega proizvajalca Chr. Hansen v koncentraciji 2×10^{11} CFU/g, moko in vodo.

Heterofermentativni sev *L. brevis* ima optimalno območje delovanja pri $T = 30$ °C. Fermentacijo smo zato vodili pri $T = 30$ °C in pustili kislo testo fermentirati 18 h.

Receptura je podana je v Preglednici 9:

Preglednica 8: Receptura za izdelavo kislega testa s starter kulturo *L. brevis* (po navodilih proizvajalca)

sestavine za pripravo kislega testa	masa (g)
FloraPan L-62 (liofilizirana kultura <i>L. brevis</i>)	0,25
moka tip 500	2000
voda	3800

3.2.1.2 Glavni zames

Toast smo pripravljali po recepturi Pekarne Grosuplje. Toast je bel pšenični kruh z večjim deležem maščobe.

Za bele kruhe proizvajalec Chr. Hansen priporoča 10 % - 30 % dodatek kislega testa h glavnemu zamesu. Dodajali smo različne količine kislega testa (0 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 %) brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K).

Namen raziskave je ugotoviti:

- najprimernejši odstotek dodanega kislega testa in s tem najboljšo kakovost toasta,
- vpliv dodatka konzervansa na kakovost in trajnost toasta.

Preglednica 9: Količina sestavin glavnega zamesa po standardni recepturi brez dodatka konzervansa in različnim % dodatka kislega testa

oznaka toasta	TOAST 0		TOAST 10		TOAST 20		TOAST 30		TOAST 40	
	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)
kol. gl. zam.	6500		6500		6500		6500		6500	
moka tip 500	6500		6500		6500		6500		6500	
sol	150	2,3	150	2,3	150	2,3	150	2,3	150	2,3
sladkor	150	2,3	150	2,3	150	2,3	150	2,3	150	2,3
kvas	300	4,6	300	4,6	300	4,6	300	4,6	300	4,6
mleko v prahu	150	2,3	150	2,3	150	2,3	150	2,3	150	2,3
margarina	375	5,8	375	5,8	375	5,8	375	5,8	375	5,8
askorb. kisl.	0,7	0,01	0,7	0,01	0,7	0,01	0,7	0,01	0,7	0,01
voda	3445	53	3510	54	3575	55	3575	55	3640	56
kislo testo	0	0	650	10	1300	20	1950	30	40	2600

Odstotki sestavin glavnega zamesa se računajo na maso dodane moke.

Legenda:

TOAST 0: kontrolni vzorec, narejen brez dodatka kislega testa in brez dodatka konzervansa

TOAST 10: 10 % dodatek kislega testa brez dodatka konzervansa

TOAST 20: 20 % dodatek kislega testa brez dodatka konzervansa

TOAST 30: 30 % dodatek kislega testa brez dodatka konzervansa

TOAST 40: 40 % dodatek kislega testa brez dodatka konzervansa

Količina sestavin glavnega zamesa po standardni recepturi z dodatkom konzervansa (K) in z različnim % dodatka kislega testa

oznaka toasta	TOAST 10+K		TOAST 20+K		TOAST 30+K		TOAST 40+K	
	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)
kol. gl. zamesa	6500		6500		6500		6500	
moka tip 500	6500		6500		6500		6500	
sol	150	2,3	150	2,3	150	2,3	150	2,3
sladkor	150	2,3	150	2,3	150	2,3	150	2,3
kvas	300	4,6	300	4,6	300	4,6	300	4,6
mleko v prahu	150	2,3	150	2,3	150	2,3	150	2,3
margarina	375	5,8	375	5,8	375	5,8	375	5,8
askorb. kisl.	0,7	0,01	0,7	0,01	0,7	0,01	0,7	0,01
voda	3510	54	3575	55	3575	55	3640	56
konzervans	15	0,23	15	0,23	15	0,23	15	0,23
kislo testo	650	10	1300	20	1950	30	40	2600

Legenda:

TOAST 10+K: 10 % dodatek kislega testa z dodatkom konzervansa (K)

TOAST 20+K: 20 % dodatek kislega testa z dodatkom konzervansa (K)

TOAST 30+K: 30 % dodatek kislega testa z dodatkom konzervansa (K)

TOAST 40+K: 40 % dodatek kislega testa z dodatkom konzervansa (K)

Pri izdelavi toasta so bili izmerjeni naslednji parametri:

Preglednica 10: Parametri tehnološkega procesa

dodatek kislega testa (%):	temperatura testa (°C):	relativna vlaga v prostoru (%):	temperatura fermentacije (°C):
0	26,4	77	32,5
10	27,6	75	35
20	25,5	77	34
30	24,1	76	33
40	26,1	78	34,5
10+K	22,3	75	33,5
20+K	26,4	78	33,5
30+K	28,5	76	32
40+K	27,3	76	32

OSTALE MERITVE

- temperatura moke: 26-28 °C,
- število izdelkov: do 20 kosov,
- čas vzhajanja v fermentacijski komori: 70 minut,

- temperatura pečenja: 230 °C,
- čas pečenja: 40 minut,
- središčna temperatura po pečenju: 94 °C,
- čas ohlajanja na vozičku: 65 minut,
- temperatura ohlajenega toasta: 35-38 °C.

TEHNOLOŠKI POSTOPEK

V mešalnik (Diosna, 15 kg) smo natehtali sestavine po zgoraj navedeni recepturi. Tako pripravljeno zames smo mesili 5 minut z največjo hitrostjo, potem pa še 5 minut s počasno hitrostjo.

Testo smo ročno delili in ga oblikovali v štruce, ki smo jih položili v modele in pokrili s pokrovi. Modele smo vstavili v vzhajalno komoro. Fermentacija je trajala 70 minut pri zgoraj navedenih pogojih v Preglednici 16.

Po končani fermentaciji smo toast pekli 40 minut v mali konvekcijski peči Miwe pri temperaturi 230 °C.

Toast smo ohlajevali 65 minut, nato smo ga strojno razrezali na napravi Simpex na 1 cm debele rezine in ga ročno pakirali v polietilensko folijo. Nato smo vrečke ročno zavarili na varilnem stroju.

3.2.2 Fizikalno-kemijske analize toasta

Toast smo analizirali na dan peke in sicer 5-7 ur po končanem pakiranju ter prvi, tretji, peti, sedmi, deveti in enajsti dan.

3.2.2.1 Merjenje trdote sredice toasta s penetrometrom

Trdoto sredice toasta smo merili s penetrometrom. Silo, ki je potrebna za stisk rezine, smo merili v N (Newtonih). Čim večja je potrebna sila za stisk rezine, tem bolj je toast trd. Toast smo že v pekarni razrezali strojno, tako da so bile rezine enakomerno in ravno odrezane.

Pri merjenju trdote s penetrometrom naredimo določeno napako, ki nastane zaradi ročnega apliciranja sile (neponovljiva hitrost potovanja ročice penetrometra). Vendar pa ima, kot je razvidno v literaturi, različna hitrost potovanja ročice le manjši vpliv na rezultate merjenja. Večji vpliv imajo površina, velikost in debelina rezine toasta, dodani aditivi in razmere skladiščenja (Kamel in Stauffer, 1995).

POSTOPEK

Sredino rezine toasta pri merjenju s penetrometrom stisnemo za 25 %, s prvotne debeline 10 mm na 5 mm. Uporabljali smo penetrometer Chatillon, ki ima ploščico premera 36 mm, po metodi AACC 74-09.

3.2.2.2 Določanje kislinske stopnje v toastu (Pravilnik o metodah, 2003)

MATERIAL

- čaša 100 ml,
- urno steklo,
- filter papir,
- pipeta,
- erlenmajerica.

REAGENTI

- raztopina 0,1 M NaOH,
- etanol 67 %,
- 3 % raztopina fenolftaleina v etanolu.

POSTOPEK

Odtehtali smo 10 g sredice toasta in ga v 100 ml čaši zmešali s 50 cm³ 67 % etanola s temperaturo 20 °C. Čez 5 minut smo dobro premešali. Nato smo suspenzijo filtrirali skozi filtrirni papir ter pokrili z urnim steklom, da etanol ne izhlapi. 25 ml filtrata smo odmerili s pipeto, dodali 3 kapljice fenolftaleina in zmes titriral v erlenmajerici z raztopino 0,1 M natrijevega hidroksida do nežno rdeče barve.

RAČUN

Kislinska stopnja označuje število mililitrov 0,1 M NaOH, potrebnih za nevtralizacijo titrabilnih kislin v 10 g vzorca – sredice toasta.

$KS = \text{ml } 0,1 \text{ M NaOH} \times R$ $R = \text{razredčitev}$

3.2.2.3 Določanje pH vrednosti toasta

POSTOPEK

10 g sredice toasta smo nadrobili v erlenmajerico, prilili 100 ml destilirane vode in dobro premešali. Čez 5 minut smo izmerili pH z elektronskim pH-metrom, katerega smo predtem umerili s puferno raztopino pH vrednosti 4 (Iskra pH-meter MA 5740 s kombinirano elektrodo) (AOAC, 1995) (Kamel in Stauffer, 1995).

3.2.3 Senzorično ocenjevanje toasta

Senzorično smo toast ocenjevali na dan peke, in sicer 5-7 ur po končanem pakiranju, prvi, tretji, peti, sedmi, deveti in enajsti dan po peki.

Ocenjevalni list smo prilagodili našim potrebam. Osredotočili smo se na lastnosti, za katere smo ocenili, da bistveno vplivajo na končno senzorično oceno: poroznost, elastičnost, drobljivost, aromo, vonj in okus ter svežino. Ocenjevali smo z ocenami od ena do pet. Senzorična komisija je bila sestavljena iz treh članov.

Lastnosti ocenjujemo s točkami od 1 do 5:

- ocena 1 pomeni: neustrezno lastnost; neprimerno strukturo, svežino; tujo aromo, neprimerno, neznačilno aromo, vonj, okus,
- ocena 5 pomeni: odlično, primerno, značilno lastnost, harmoničen okus, aromo.

Preglednica 11: Ocenjevalni list senzorične ocene toasta

OCENJEVALNI LIST:	DATUM:				
vzorec: toast					
dod. kislega testa: (%)					
konzervans: da ne					
ime ocenjevalca:					
oznaka toasta	TOAST 0	TOAST 10	TOAST 20	TOAST 30	TOAST 40
lastnosti (ocene)					
poroznost (točke 1-5)					
elastičnost (točke 1-5)					
drobljivost (točke 1-5)					
aroma, vonj, okus (točke 1-5)					
svežina (točke 1-5)					

3.2.4 Statistična analiza

Statistična analiza:

Za statistično obdelavo podatkov smo uporabili programski paket SAS/STAT (SAS Software. Version 8.01, 1999). V poskusu zbrane podatke smo pripravili in uredili s programom EXCEL XP. Osnovne statistične parametre smo izračunali s postopkom MEANS, s postopkom UNIVARIATE pa smo podatke testirali na normalnost porazdelitve. Pri obdelavi podatkov s statističnim modelom smo uporabili proceduro GLM (General Linear Model).

Za obdelavo podatkov smo uporabili statistični model 1, v katerega smo vključili vpliv % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa, z dodatkom konzervansa in časa po peki ter interakcijo obeh vplivov. Srednje vrednosti za eksperimentalne skupine so bile izračunane z uporabo Duncanovega testa in so primerjane pri 5 % tveganju.

Statistični model 1:

$$y_{ijk} = \mu + P_i + C_j + P*C_{ij} + e_{ijk}$$

y_{ijk} = opazovana vrednost,

μ = povprečna vrednost,

P_i = vpliv % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa;

$I = 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4,$

C_j = vpliv časa po peki; j = dan peke, 1. dan, 3. dan, 5. dan, 7. dan, 9. dan, 11. dan,

$P*C_{ij}$ = vpliv interakcije % dodatka kislega testa z dodatkom konzervansa, brez dodatka konzervansa in časa po peki,

e_{ijk} = ostanek.

4 REZULTATI

4.1 REZULTATI FIZIKALNO-KEMIJSKIH IN SENZORIČNIH ANALIZ TOASTA

Eksperimentalne podatke za fizikalno-kemijsko analizo smo dobili z merjenjem posameznih parametrov, ki vplivajo na kakovost toasta. Merili smo trdoto, kislinsko stopnjo in pH vrednost. Senzorično analizo smo naredili na osnovi točkovanja. Ocenjevali smo poroznost, elastičnost, drobljivost, aromo in svežost toasta.

Ugotavljali smo odvisnost teh parametrov na dan peke, prvi, tretji, peti, sedmi, deveti in enajsti dan skladiščenja oz. do pojava vidne plesni ter njihovo odvisnost od različnega % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa. Kislo testo smo dodali glavnemu zamesu v petih različnih količinah (0 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 %). Peko toasta z 20 % dodatkom kislega testa smo dvakrat ponovili. Toasti brez dodatka konzervansa so bili obstojni tri oziroma pet dni, toast z dodatkom konzervansa pa 11 dni, trinajsti dan se je pojavila vidna plesen in meritve niso bile več možne.

4.1.1 Osnovni statistični parametri

Preglednica 12: Rezultati opravljenih meritev vzorcev toasta z izračunanimi osnovnimi statističnimi parametri

parametri fizikalno-kemijskih analiz	statistični parametri					
	n	\bar{x}	min	max	so	KV (%)
trdota (N)	388	7,0	0,6	20,6	4,2	60,2
kislinska stopnja	120	1,7	0,7	2,5	0,5	31,0
vrednost pH	120	5,31	5,02	5,82	0,21	3,98
parametri senzoričnih analiz	n	\bar{x}	min	max	so	KV (%)
poroznost (točke 1-5)	120	4,1	3,5	4,6	0,3	6,9
elastičnost (točke 1-5)	120	3,9	3,3	4,7	0,3	8,7
drobljivost (točke 1-5)	120	3,8	2,2	4,8	0,6	16,7
aroma (točke 1-5)	120	3,7	1,7	4,8	0,8	20,4
svežost (točke 1-5)	120	3,8	2,2	4,8	0,7	17,1

Legenda:

statistični parametri:

n – število obravnavanj,

\bar{x} – povprečna vrednost,

min – minimalna vrednost,

max – maksimalna vrednost,

so – standardni odklon deviacija,

KV (%) – koeficient variabilnost.

parametri fizikalno-kemijskih analiz:

trdota (N),

kislinska stopnja,
pH vrednost.

parametri senzoričnih analiz:

poroznost,
elastičnost,
drobljivost,
aroma,
svežost.

Iz preglednice 12 je razvidno, da ima najmanjšo variabilnost parameter za pH vrednost ($KV = 3,98$), največjo variabilnost pa parameter za trdoto sredice toasta ($KV = 60,2$).

4.1.2 Vpliv % dodatka kislega testa in časa po peki na merjene parametre fizikalno-kemijskih analiz

Preglednica 13: Vpliv % dodatka kislega testa in časa po peki na merjene fizikalno-kemijske parametre (Duncanov test, $\alpha=5\%$)

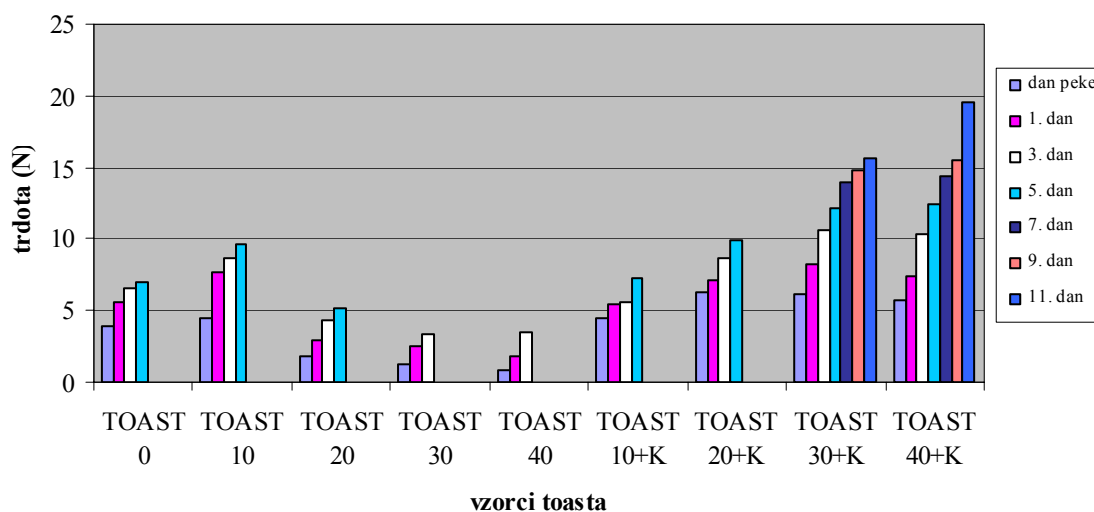
parameter	čas	vzorci toasta									znač.
		TOAST 0	TOAST 10	TOAST 10 +K	TOAST 20	TOAST 20 + K	TOAST 30	TOAST 30 + K	TOAST 40	TOAST 40 + K	
trdota (N)	dan peke	3,9±0,2 ^{Dd}	4,5±0,2 ^{Dc}	4,4±0,2 ^{Cc}	1,9±0,2 ^{De}	6,1±0,2 ^{Da}	1,3±0,2 ^{Cf}	6,0±0,2 ^{Gba}	0,9±0,2 ^{Cg}	5,8±0,2 ^{Gb}	
	1. dan	5,5±0,5 ^{Cd}	7,8±0,6 ^{Cba}	5,4±0,4 ^{Bd}	3,0±0,3 ^{Ce}	7,2±0,3 ^{Cc}	2,7±0,3 ^{Be}	8,1±0,3 ^{Fa}	2,1±0,5 ^{Bf}	7,6±0,5 ^{Fbc}	
	3. dan	7,0±0,5 ^{Bd}	8,7±0,4 ^{Bc}	5,6±0,4 ^{Be}	4,6±0,3 ^{Bf}	8,9±0,5 ^{Bc}	3,4±0,2 ^{Ah}	10,6±0,2 ^{Ea}	3,9±0,3 ^{Ag}	10,3±0,2 ^{Eb}	P _p <0,0001
	5. dan	7,4±0,3 ^{Ad}	9,4±0,3 ^{Ac}	7,7±0,3 ^{Ad}	5,4±0,4 ^{Ae}	10,1±0,3 ^{Ab}		12,1±0,4 ^{Da}		12,3±0,3 ^{Da}	P _c <0,0001
	7. dan							13,5±0,3 ^{Cb}		14,3±0,3 ^{Ca}	P _{p*} C<0,0001
	9. dan							14,3±0,4 ^{Bb}		15,4±0,5 ^{Ba}	
	11. dan							15,0±0,8 ^{Ab}		19,4±1,0 ^{Aa}	
kislinska stopnja	dan peke	0,8±0,1 ^{Bd}	1,1±0,1 ^{Ac}	1,5±0,1 ^{Db}	1,1±0,1 ^{Bc}	1,8±0,1 ^{Ca}	1,2±0,1 ^{Ac}	2,0±0,1 ^{Ba}	1,1±0,0 ^{Cc}	2,0±0,4 ^{Ba}	
	1. dan	0,9±0,1 ^{BAd}	1,2±0,1 ^{Ac}	1,7±0,1 ^{Cb}	1,2±0,1 ^{Bc}	2,1±0,1 ^{Ba}	1,3±0,1 ^{Ac}	2,0±0,1 ^{Ba}	1,2±0,0 ^{Bc}	2,2±0,2 ^{BAa}	
	3. dan	0,9±0,1 ^{BAd}	1,2±0,1 ^{Ac}	1,8±0,0 ^{Bb}	1,3±0,1 ^{Ac}	2,2±0,1 ^{Ba}	1,3±0,1 ^{Ac}	2,2±0,1 ^{Aa}	1,3±0,0 ^{Ac}	2,2±0,2 ^{BAa}	P _p <0,0001
	5. dan	0,9±0,0 ^{Ae}	1,2±0,1 ^{Ad}	2,0±0,1 ^{Ac}	1,3±0,1 ^{Ad}	2,4±0,1 ^{Aa}		2,2±0,0 ^{Ab}		2,2±0,1 ^{BAb}	P _c <0,0001
	7. dan							2,2±0,0 ^{Aa}		2,3±0,1 ^{BAa}	P _{p*} C=0,0004
	9. dan							2,2±0,1 ^A		2,3±0,1 ^A	
	11. dan							2,0±0,1 ^{Bb}		2,4±0,1 ^{Aa}	
pH vrednost	dan peke	5,79±0,00 ^{BAa}	5,59±0,01 ^{Bb}	5,14±0,06 ^{Ae}	5,34±0,16 ^{Adc}	5,26±0,02 ^{Ade}	5,41±0,10 ^{Ac}	5,32±0,02 ^{Adc}	5,17±0,01 ^{Ae}	5,36±0,04 ^{Adc}	
	1. dan	5,80±0,03 ^{Aa}	5,61±0,01 ^{Ab}	5,07±0,03 ^{Bf}	5,23±0,04 ^{Ad}	5,14±0,00 ^{Be}	5,28±0,03 ^{BAc}	5,31±0,02 ^{BAc}	5,17±0,03 ^{Ae}	5,31±0,04 ^{Bc}	
	3. dan	5,78±0,02 ^{BAa}	5,59±0,00 ^{Bb}	5,05±0,02 ^{Bg}	5,20±0,06 ^{Ade}	5,15±0,01 ^{Bfe}	5,26±0,05 ^{Bdc}	5,28±0,05 ^{BAc}	5,14±0,01 ^{Af}	5,31±0,03 ^{Bc}	P _p <0,0001
	5. dan	5,76±0,01 ^{Ba}	5,58±0,01 ^{Bb}	5,03±0,02 ^{Bc}	5,16±0,05 ^{Ad}	5,15±0,07 ^{Bd}		5,27±0,01 ^{Bc}		5,28±0,03 ^{Bc}	P _c <0,0001
	7. dan							5,22±0,02 ^{Ca}		5,22±0,01 ^{Ca}	P _{p*} C=0,1270
	9. dan							5,19±0,01 ^{DCb}		5,20±0,00 ^{Ca}	
	11. dan							5,17±0,01 ^{Db}		5,19±0,01 ^{Ca}	

4.1.2.1 Vpliv % dodatka kislega testa z dodatkom konzervansa in brez dodatka konzervansa (K) na trdoto sredice toasta

Preglednica 14: Rezultati merjenja trdote sredice toasta z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)

vzorci toasta	trdota sredice toasta (N) med skladiščenjem						
	dan peke	1. dan	3. dan	5. dan	7. dan	9. dan	11. dan
TOAST 0	3,95	5,55	6,60	7,00			
TOAST 10	4,40	7,65	8,70	9,65			
TOAST 20	1,75	2,90	4,35	5,10			
TOAST 30	1,25	2,45	3,40				
TOAST 40	0,85	1,80	3,55				
TOAST 10+K	4,40	5,50	5,65	7,30			
TOAST 20+K	6,25	7,10	8,60	9,95			
TOAST 30+K	6,10	8,25	10,65	12,10	13,90	14,75	15,70
TOAST 40+K	5,75	7,45	10,30	12,45	14,40	15,45	19,50

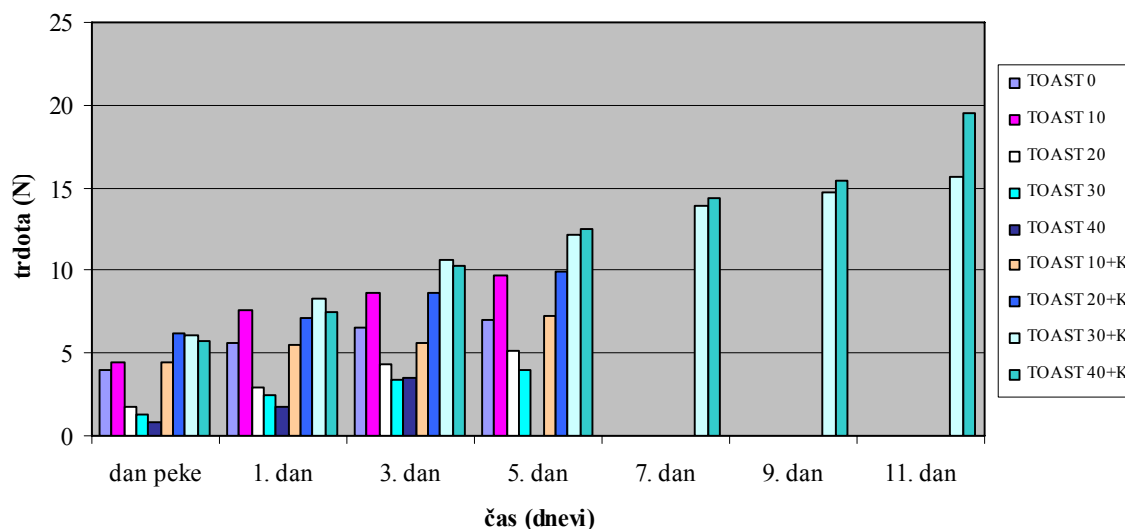
Vrednosti za trdoto predstavljajo povprečne vrednosti osmih meritev.



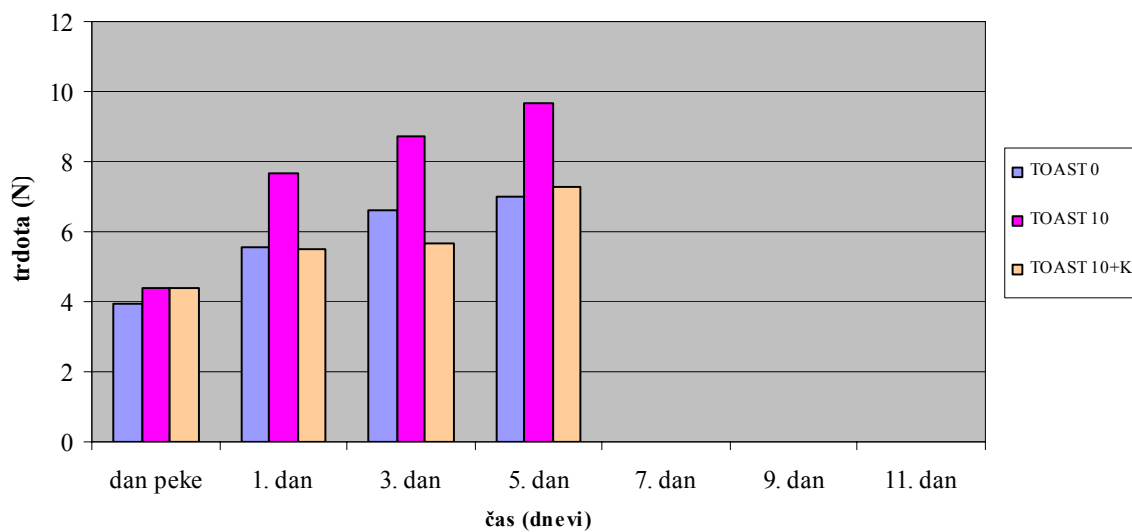
Slika 6: Vpliv % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K) na trdoto sredice toasta

Trdote sredice toastov na dan peke so se zelo razlikovale med seboj: opazna je povprečna večja trdota pri toastih z dodatkom konzervansa. Opazna je tudi manjša trdota pri toastih, ki vsebujejo večji % kislega testa. S časom so se trdote sredic vseh toastov večale (Hoseney, 1994). Pri toastih brez dodatka konzervansa se je pojavila vidna plesen že po petih dneh (pri toastih s 30 % in 40 % dodatkom kislega testa), pri toastih z dodatkom konzervansa pa po sedmih dneh (pri toastih z 10 % in 20 % dodatkom kislega testa).

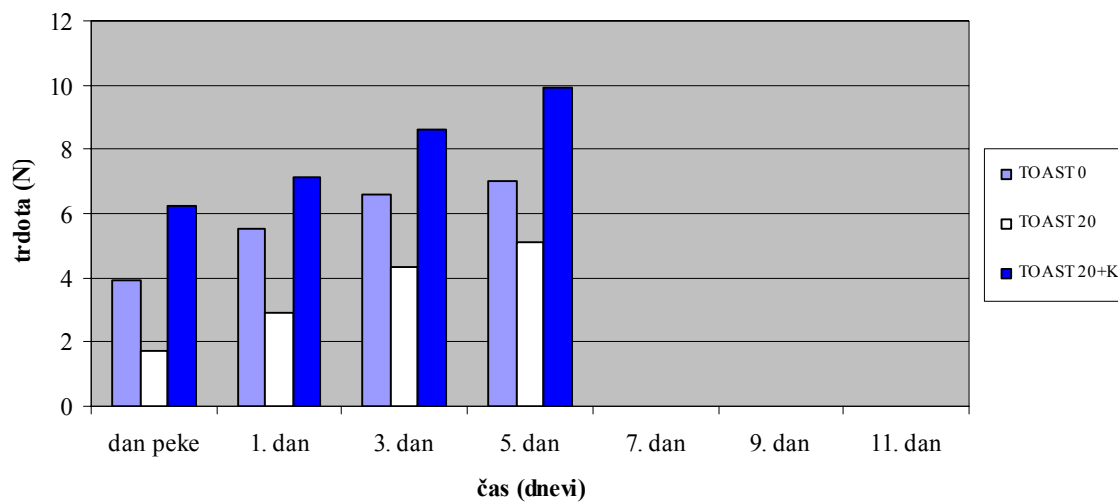
4.1.2.2 Vpliv časa skladiščenja na trdoto sredice toasta



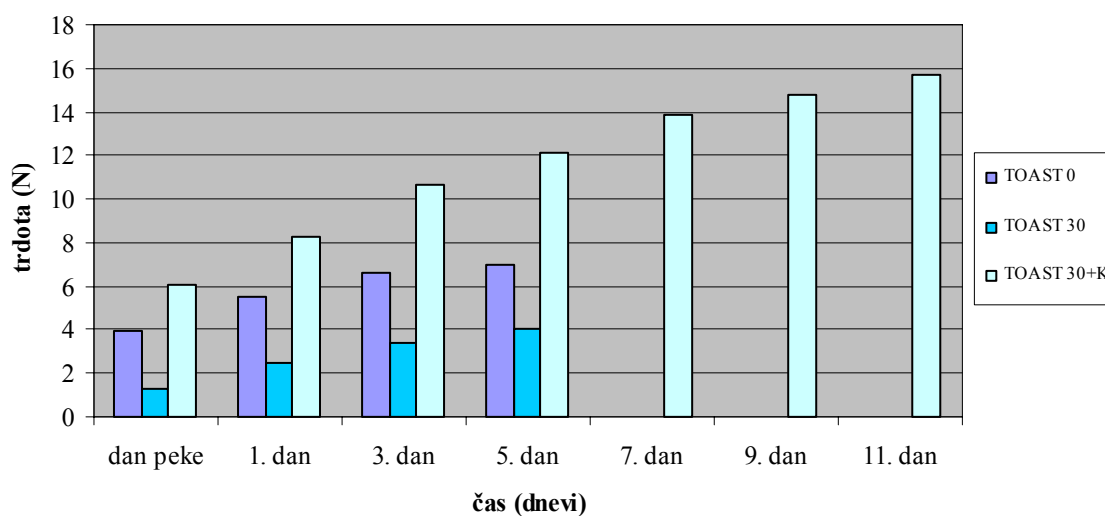
Slika 7: Vpliv časa skladiščenja na trdoto sredice toasta z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)



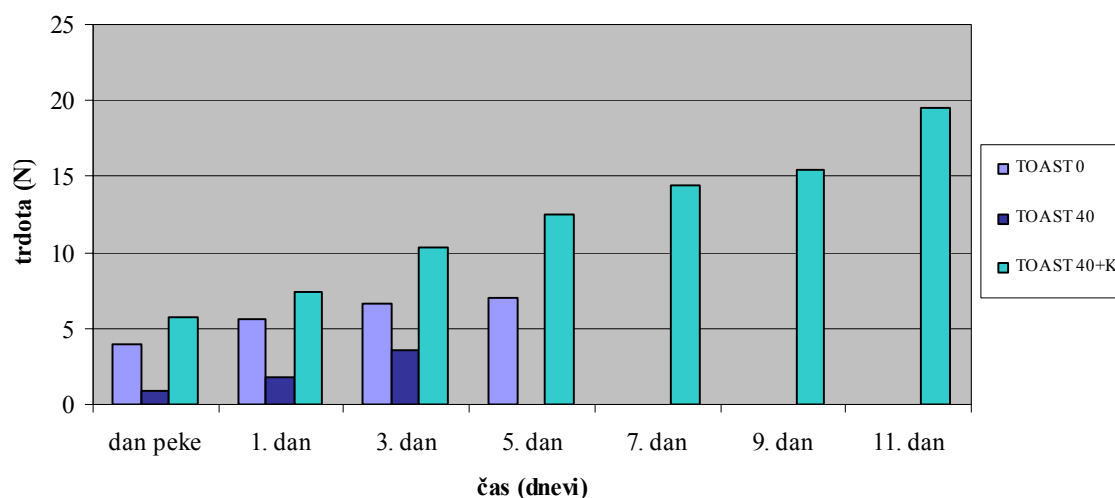
Slika 8: Vpliv časa skladiščenja na trdoto sredice toasta z 10 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)



Slika 9: Vpliv časa skladiščenja na trdoto sredice toasta z 20 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)



Slika 10: Vpliv časa skladiščenja na trdoto sredice toasta s 30 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)



Slika 11: Vpliv časa skladiščenja na trdoto sredice toasta s 40 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)

Trdoto sredice smo merili na dan peke, prvi, tretji, peti, sedmi, deveti in enajsti dan po peki oziroma do pojava vidne plesni. Iz Preglednice 13 je razvidno, da čas skladiščenja pomembno vpliva na staranje toastov in s tem na trdoto sredic toastov. Trdota sredic toastov se je večala s časom skladiščenja tako z različnim % dodatka kislega testa brez konzervansa kot z različnim % dodatka kislega testa z dodatkom konzervansa. S časom skladiščenja se je najbolj povečala trdota sredic toastov s 40 % dodatkom kislega testa z dodatkom konzervansa, najmanj pa pri toastih s 30 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa. Med toasti brez dodatka konzervansa so imeli najmanjšo izmerjeno trdoto sredic toastov s 30 % dodatkom kislega testa, največjo izmerjeno trdoto sredic pa toastov s 10 % dodatkom kislega testa. Toasti s 20 %, 30 % in 40 % dodatkom kislega testa so imeli bistveno manjšo trdoto kot toastov s 10 % dodatkom kislega testa. Med toastov z dodatkom konzervansa so imeli najmanjšo izmerjeno trdoto sredic toastov s 10 % dodatkom kislega testa, največjo pa toastov s 40 % dodatkom kislega testa.

4.1.2.3 Vpliv % dodatka kislega testa z dodatkom konzervansa in brez dodatka konzervansa (K) na kislinsko stopnjo sredice toasta

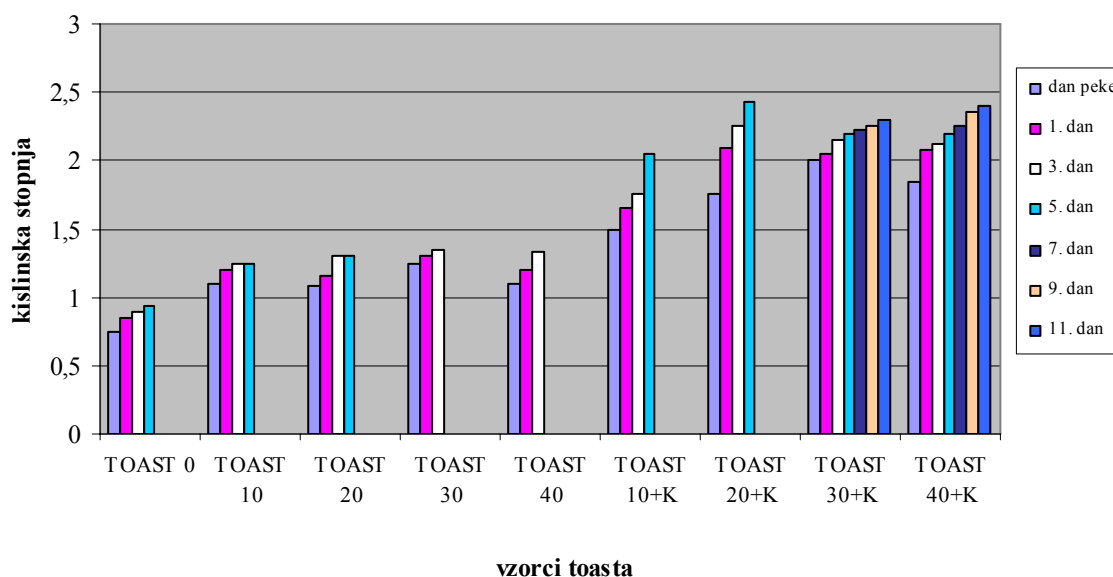
Preglednica 15: Rezultati merjenja vrednosti kislinskih stopenj sredic toasta z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)

vzorci toasta	kislinska stopnja toasta						
	dan peke	1. dan	3. dan	5. dan	7. dan	9. dan	11. dan
TOAST 0	0,750	0,850	0,900	0,930			
TOAST 10	1,100	1,200	1,250	1,250			
TOAST 20	1,080	1,150	1,300	1,300			
TOAST 30	1,250	1,300	1,350				

Nadaljevanje preglednice 15

TOAST 40	1,100	1,200	1,325				
TOAST 10+K	1,500	1,500	1,750	2,050			
TOAST 20+K	1,750	2,100	2,250	2,425			
TOAST 30+K	2,000	2,050	2,150	2,200	2,225	2,250	2,300
TOAST 40+K	1,850	2,075	2,125	2,200	2,250	2,350	2,400

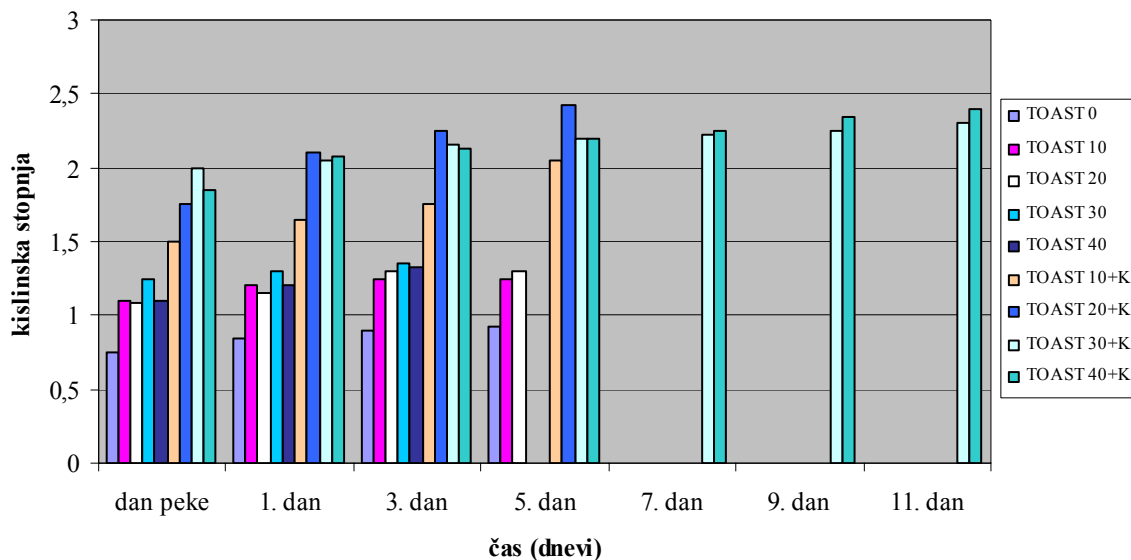
Vrednosti za kislinsko stopnjo predstavljajo povprečne vrednosti treh meritev.



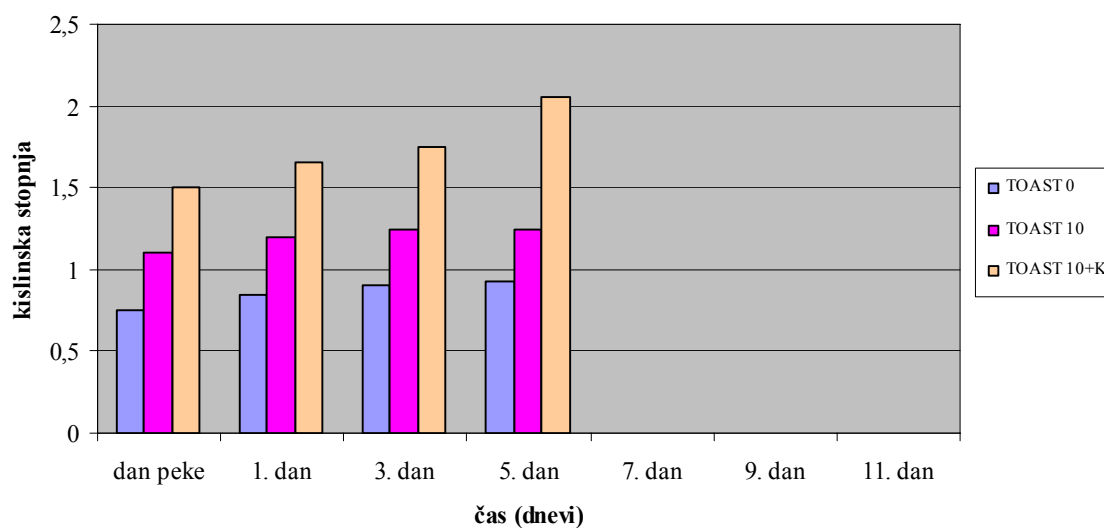
Slika 12: Vpliv % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K) na kislinsko stopnjo sredice toasta

Dodatek kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K) značilno vpliva na izmerjeno kislinsko stopnjo sredice toasta med tri- oziroma enajstdnevnim hranjenjem. Na splošno lahko rečemo, da je najnižja kislinska stopnja 0,8 pri kontrolnem vzorcu brez dodatka kislega testa in konzervansa, z dodatkom kislega testa pa se poveča tudi do 2,0 (pri toastih s 30 % dodatkom kislega testa in konzervansa (K)). S časom skladiščenja se kislinska stopnja značilno povečuje pri praktično vseh skupinah (izjemi sta skupini toastov z 10 % in 30 % dodatkom kislega testa).

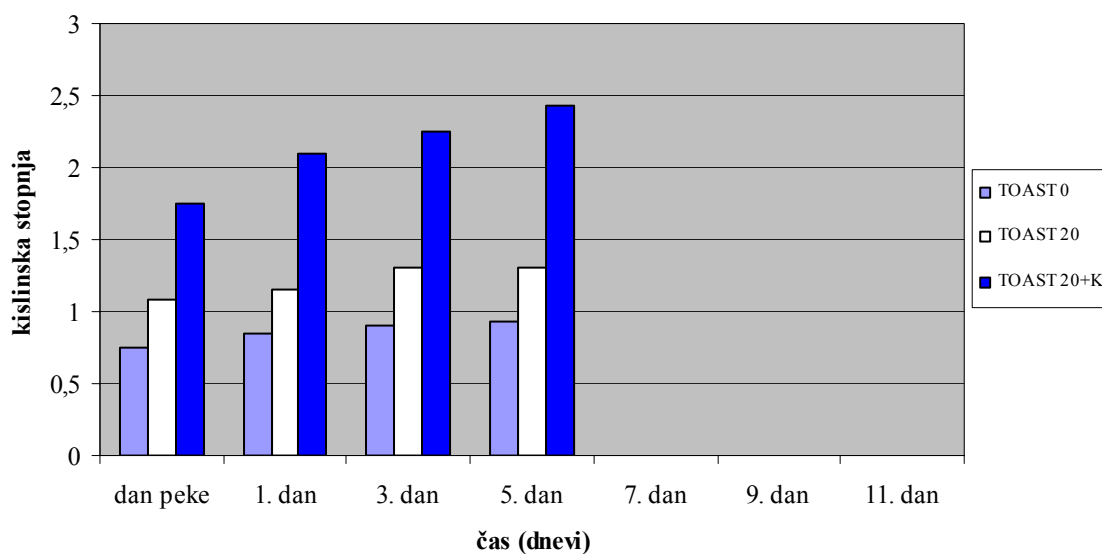
4.1.2.4 Vpliv časa skladiščenja na kislinsko stopnjo sredice toasta



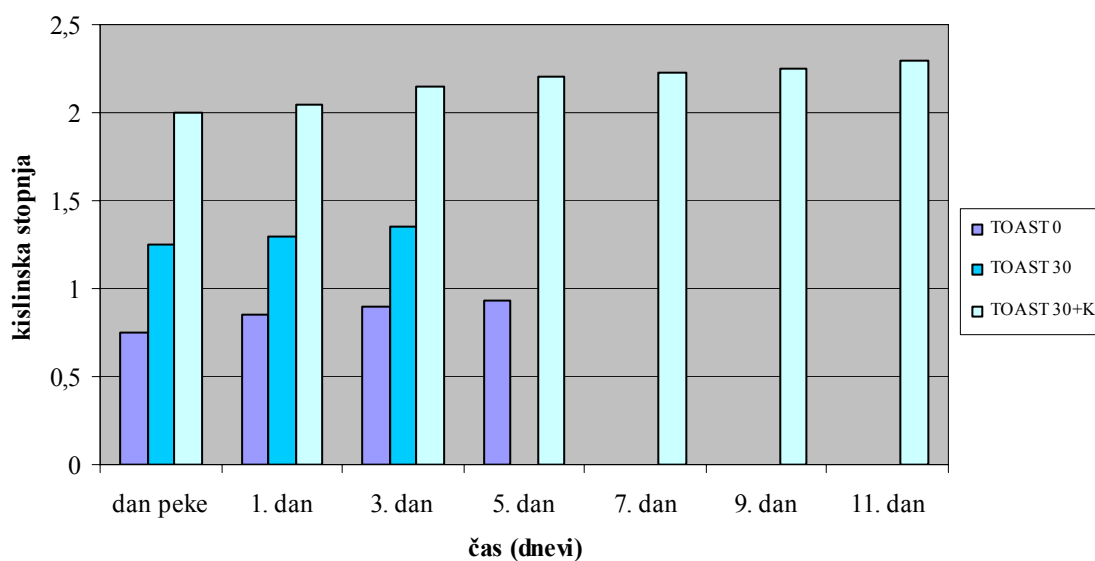
Slika 13: Vpliv časa skladiščenja na kislinsko stopnjo sredice toasta z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)



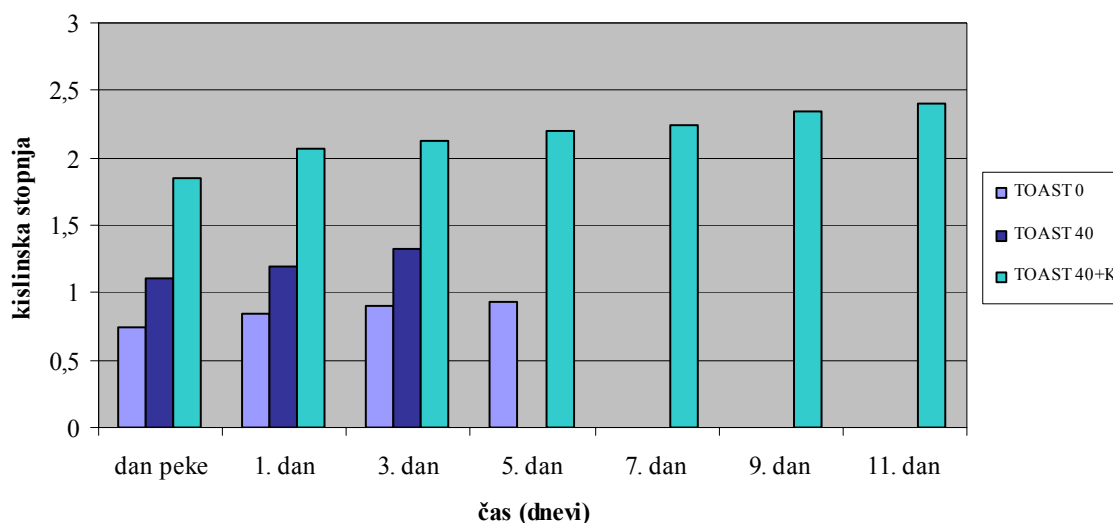
Slika 14: Vpliv časa skladiščenja na kislinsko stopnjo sredice toasta z 10 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)



Slika 15: Vpliv časa skladiščenja na kislinsko stopnjo sredice toasta z 20 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)



Slika 16: Vpliv časa skladiščenja na kislinsko stopnjo sredice toasta s 30 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)



Slika 17: Vpliv časa skladiščenja na kislinjsko stopnjo sredice toasta s 40 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)

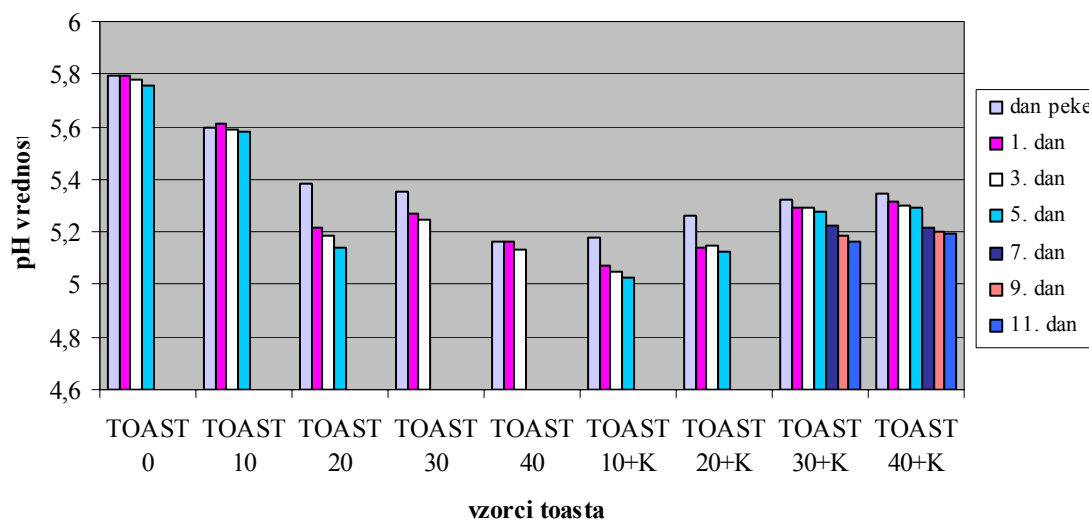
Vrednosti kislinskih stopenj toastov s 40 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa se razlikujejo od vrednosti kislinskih stopenj toastov z 10 % dodatkom kislega testa z dodatkom konzervansa. Med ostalimi toasti so razlike med vrednostmi kislinskih stopenj majhne. Najnižje vrednosti kislinskih stopenj sredice toastov smo izmerili pri toastih brez dodatka kislega testa, najvišje pa pri toastih z 20 % in 40 % dodatkom kislega testa z dodatkom konzervansa.

4.1.2.5 Vpliv % dodatka kislega testa z dodatkom konzervansa in brez dodatka konzervansa (K) na pH vrednost sredice toasta

Preglednica 16: Rezultati merjenja pH vrednosti sredice toasta z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)

pH vrednost toasta							
vzorci toasta	dan peke	1. dan	3. dan.	5. dan	7. dan	9. dan	11. dan
TOAST 0	5,795	5,794	7,7815	5,7595			
TOAST 10	5,5955	5,6085	5,5905	5,581			
TOAST 20	5,383	5,22	5,1865	5,141			
TOAST 30	5,3535	5,27	5,244				
TOAST 40	5,1625	5,162	5,129				
TOAST 10+K	5,157	5,075	5,049	5,025			
TOAST 20+K	5,265	5,142	5,151	5,125			
TOAST 30+K	5,32	5,296	5,289	5,275	5,225	5,185	5,162
TOAST 40+K	5,344	5,314	5,3	5,295	5,215	5,204	5,195

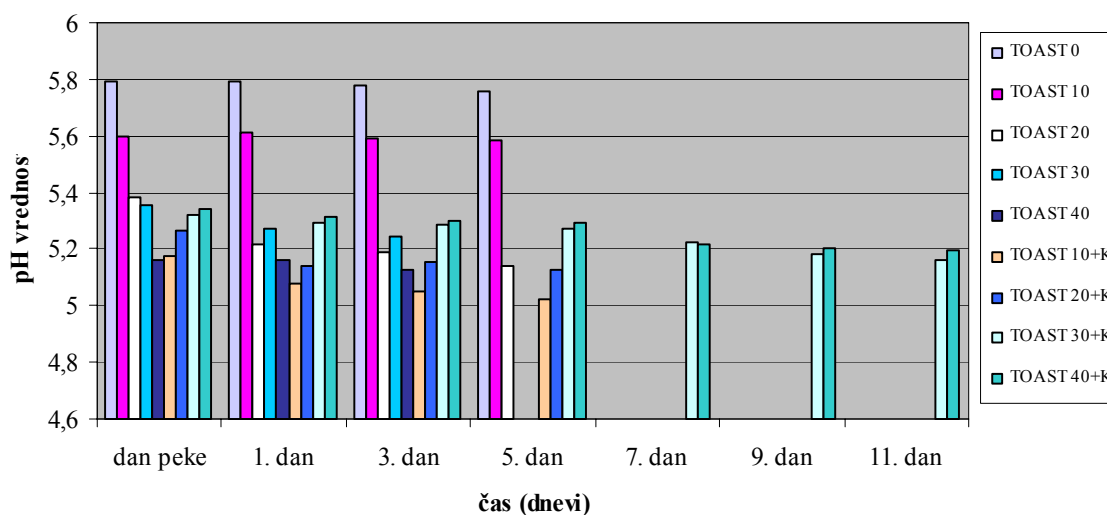
Vrednosti za kislinjsko stopnjo predstavljajo povprečne vrednosti treh meritev.



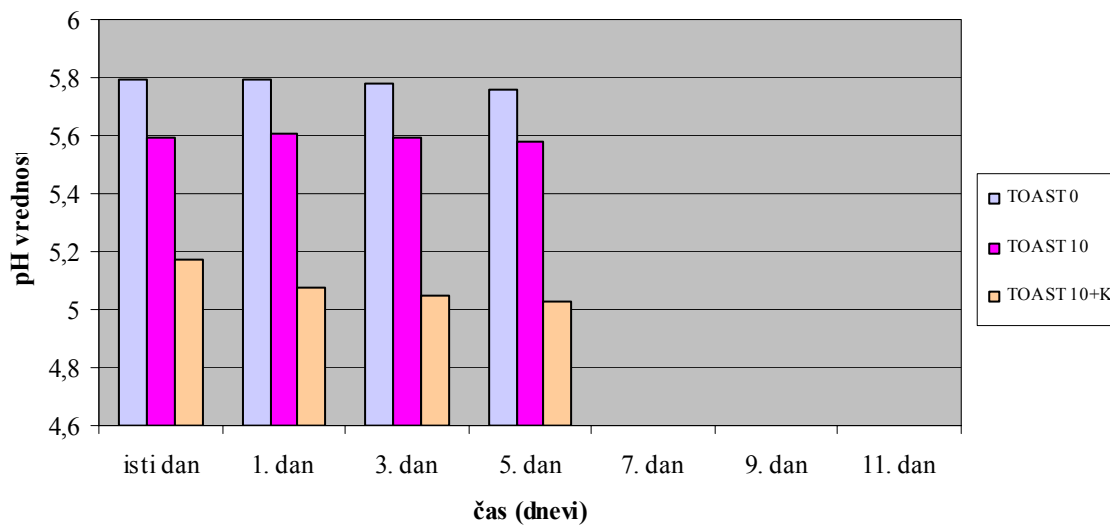
Slika 18: Vpliv % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K) na pH vrednost sredice toasta

pH vrednosti sredice toastov so bile različne ($P < 0,0001$) pri toastih z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K). Toasti z različnim % dodatka kislega testa brez in z dodatkom konzervansa so imele nižje pH vrednosti kot toasti brez dodatka kislega testa.

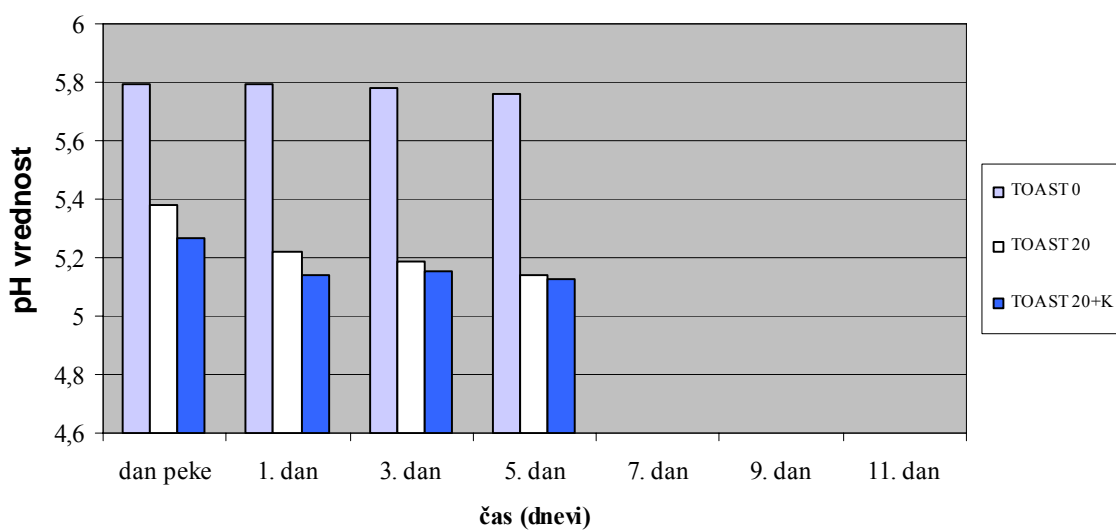
4.1.2.6 Vpliv časa skladiščenja na pH vrednost sredice toasta



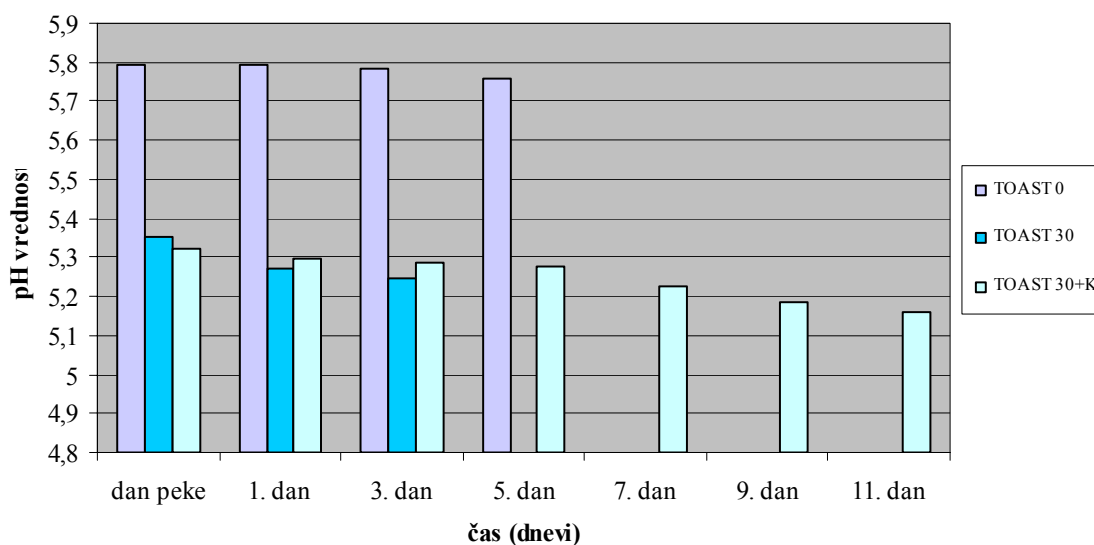
Slika 19: Vpliv časa skladiščenja na pH vrednost sredice toasta z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)



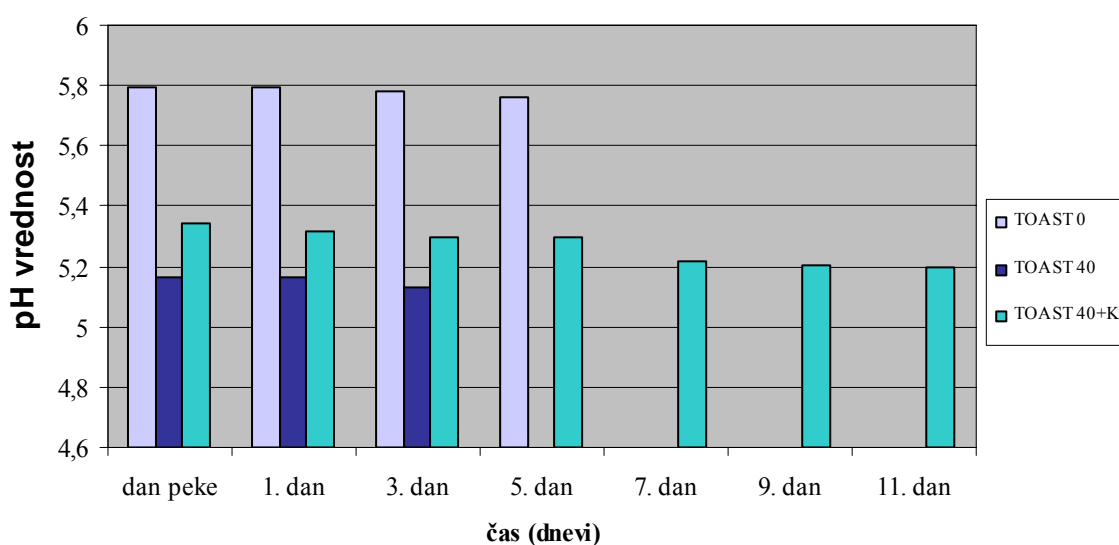
Slika 20: Vpliv časa skladiščenja na pH vrednost sredice toasta z 10 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)



Slika 21: Vpliv časa skladiščenja na pH vrednost sredice toasta z 20 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)



Slika 22: Vpliv časa skladiščenja na pH vrednost sredice toasta s 30 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)



Slika 23: Vpliv časa skladiščenja na pH vrednost sredice toasta s 40 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)

Na splošno lahko rečemo, da so se pH vrednosti sredic toastov s časom skladiščenja statistično znižale tako pri toastih z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa kot pri toastih z dodatkom konzervansa (K). pH vrednosti toastov z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K) so bile nižje v primerjavi s toastom brez dodatka kislega testa. Najnižje pH vrednosti sredice toastov smo izmerili pri toastih s 40 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in pri toastih z 10 % dodatkom kislega testa z dodatkom konzervansa (K), najvišje pa pri toastih brez dodatka kislega testa.

4.1.3 Vpliv % dodatka kislega testa in časa po peki na ocenjene senzorične lastnosti

Preglednica 17: Vpliv % dodatka kislega testa in časa po peki na merjene parametre senzoričnih analiz (Duncanov test, $\alpha=5\%$)

parameter	čas	vzorci toasta (točke $\bar{x} \pm SO$)									znač.
		TOAST 0	TOAST 10	TOAST 10+K	TOAST 20	TOAST 20+K	TOAST 30	TOAST 30+K	TOAST 40	TOAST 40+K	
poroznost	dan peke	4,4±0,1 ^{Ab}	4,5±0,1 ^{Aa}	4,4±0,0 ^{Ab}	4,6±0,1 ^{Aa}	4,4±0,1 ^{Ab}	4,4±0,1 ^{Ab}	4,1±0,1 ^{Ad}	4,3±0,1 ^{Ac}	4,0±0,0 ^{Ad}	P _p <0,0001
	1. dan	4,4±0,1 ^{Ab}	4,5±0,1 ^{Aa}	4,4±0,0 ^{Ab}	4,6±0,1 ^{Aa}	4,4±0,1 ^{Ab}	4,4±0,1 ^{Ab}	4,1±0,1 ^{Ad}	4,3±0,1 ^{Ac}	4,0±0,0 ^{Ad}	
	3. dan	4,4±0,1 ^{Ab}	4,5±0,1 ^{Aa}	4,4±0,0 ^{Ab}	4,6±0,1 ^{Aa}	4,4±0,1 ^{Ab}	4,4±0,1 ^{Ab}	4,1±0,1 ^{Ad}	4,3±0,1 ^{Ac}	4,0±0,0 ^{Ad}	
	5. dan	4,4±0,1 ^{Ab}	4,5±0,1 ^{Aa}	4,4±0,0 ^{Ab}	4,6±0,1 ^{Aa}	4,4±0,1 ^{Ab}		4,1±0,1 ^{Ad}		4,0±0,0 ^{Ad}	
	7. dan							4,1±0,1 ^{Ad}		4,0±0,0 ^{Ad}	
	9. dan							4,1±0,1 ^{Ad}		4,0±0,0 ^{Ad}	
	11. dan							4,1±0,1 ^{Ad}		4,0±0,0 ^{Ad}	
elastičnost	dan peke	4,5±0,0 ^{Ab}	4,6±0,1 ^{Aa}	4,1±0,0 ^{Ac}	4,5±0,1 ^{Ab}	4,2±0,0 ^{Ad}	4,3±0,1 ^{Ac}	3,9±0,0 ^{Ag}	4,0±0,0 ^{Af}	3,8±0,1 ^{Ah}	P _p <0,0001 P _C <0,0001 P _{p*C} <0,0001
	1. dan	4,1±0,1 ^{Bd}	4,5±0,1 ^{Ba}	4,1±0,0 ^{Ad}	4,4±0,1 ^{Bb}	4,1±0,1 ^{BAd}	4,3±0,1 ^{Ac}	3,9±0,1 ^{Ae}	3,8±0,1 ^{Bf}	3,7±0,0 ^{BAf}	
	3. dan	3,7±0,1 ^{Cdc}	4,3±0,1 ^{Ca}	4,0±0,1 ^{Bb}	4,2±0,1 ^{Ca}	4,0±0,1 ^{BCb}	4,2±0,0 ^{Aa}	3,8±0,1 ^{Bc}	3,4±0,1 ^{Cc}	3,7±0,1 ^{Bd}	
	5. dan	3,4±0,0 ^{Dd}	3,7±0,1 ^{Db}	4,0±0,1 ^{Ba}	4,0±0,1 ^{Da}	4,0±0,1 ^{Ca}		3,7±0,1 ^{Bb}		3,6±0,1 ^{Cc}	
	7. dan							3,6±0,1 ^{Ca}		3,5±0,1 ^{Ca}	
	9. dan							3,5±0,1 ^{Da}		3,5±0,0 ^{Ca}	
	11. dan							3,4±0,1 ^{Ea}		3,4±0,1 ^{Da}	
drobljivost	dan peke	4,4±0,1 ^{Ac}	4,7±0,1 ^{Ab}	4,3±0,1 ^{Ad}	4,8±0,0 ^{Aa}	4,3±0,1 ^{Ad}	4,6±0,0 ^{Ab}	4,0±0,0 ^{Ac}	4,4±0,0 ^{Ac}	3,9±0,1 ^{Af}	P _p <0,0001 P _C <0,0001 P _{p*C} <0,0001
	1. dan	3,8±0,1 ^{Bf}	4,4±0,1 ^{Bb}	4,1±0,1 ^{Bd}	4,6±0,1 ^{Ba}	4,2±0,0 ^{Ac}	3,9±0,0 ^{Cfe}	4,0±0,1 ^{Ae}	4,2±0,1 ^{Bc}	3,7±0,1 ^{Bg}	
	3. dan	3,3±0,1 ^{Cg}	4,2±0,1 ^{Cb}	4,0±0,1 ^{Cd}	4,3±0,1 ^{Ca}	4,1±0,1 ^{Bc}	4,2±0,0 ^{Bb}	3,7±0,1 ^{Be}	3,9±0,1 ^{Cd}	3,5±0,1 ^{Cf}	
	5. dan	2,8±0,1 ^{De}	3,8±0,1 ^{Db}	3,9±0,1 ^{Cb}	3,8±0,1 ^{Db}	4,0±0,1 ^{Ba}		3,6±0,0 ^{Cc}		3,3±0,1 ^{Dd}	
	7. dan							3,2±0,1 ^{Da}		3,1±0,1 ^{Ea}	
	9. dan							2,6±0,1 ^{Ea}		2,5±0,0 ^{Fb}	
	11. dan							2,3±0,1 ^{Fa}		2,2±0,0 ^{Ga}	

Nadaljevanje preglednice 17

aroma	dan peke	4,0±0,1 ^{Ae}	4,7±0,1 ^{Ab}	4,4±0,0 ^{Ac}	4,8±0,0 ^{Aa}	4,4±0,0 ^{Ac}	4,6±0,1 ^{Ab}	4,0±0,1 ^{Ae}	4,2±0,1 ^{Ad}	3,9±0,1 ^{Af}	
	1. dan	3,7±0,1 ^{Bc}	4,3±0,0 ^{Bc}	4,2±0,1 ^{Bdc}	4,5±0,1 ^{Ba}	4,3±0,1 ^{Bc}	4,4±0,0 ^{Bb}	3,7±0,1 ^{Be}	4,1±0,1 ^{Ad}	3,5±0,1 ^{Bf}	
	3. dan	3,4±0,1 ^{Ce}	3,9±0,1 ^{Ccb}	4,1±0,0 ^{Ba}	4,0±0,0 ^{Cb}	4,2±0,1 ^{Ca}	3,9±0,1 ^{Cc}	3,4±0,1 ^{Ce}	3,7±0,1 ^{Bd}	3,2±0,1 ^{Cf}	P _p <0,0001
	5. dan	3,2±0,1 ^{Dc}	3,8±0,1 ^{Db}	4,0±0,1 ^{Ca}	3,8±0,1 ^{Db}	4,0±0,1 ^{Da}		3,0±0,1 ^{Dd}		3,0±0,1 ^{Dd}	P _c <0,0001
	7. dan							2,7±0,1 ^{Ea}		2,6±0,1 ^{Eb}	P _{p*c} <0,0001
	9. dan							2,2±0,1 ^{Fa}		2,2±0,1 ^{Fa}	
	11. dan							1,9±0,1 ^{Ga}		1,8±0,1 ^{Gb}	
svežost	dan peke	4,4±0,1 ^{Ac}	4,7±0,1 ^{Ab}	4,3±0,1 ^{Ad}	4,8±0,1 ^{Aa}	4,4±0,0 ^{Ac}	4,7±0,1 ^{Ab}	3,9±0,1 ^{Ae}	4,2±0,1 ^{Ad}	3,8±0,1 ^{Ae}	P _p <0,0001
	1. dan	4,0±0,1 ^{Bd}	4,3±0,1 ^{Bb}	4,2±0,0 ^{Ac}	4,5±0,1 ^{Ba}	4,3±0,1 ^{Bcb}	4,5±0,1 ^{Ba}	3,8±0,1 ^{Ae}	4,0±0,1 ^{Bd}	3,7±0,1 ^{Ae}	P _c <0,0001
	3. dan	3,7±0,1 ^{Cd}	4,0±0,1 ^{Cb}	4,0±0,1 ^{Bb}	4,3±0,1 ^{Ca}	4,0±0,1 ^{Cb}	4,2±0,1 ^{Ca}	3,5±0,1 ^{Be}	3,9±0,1 ^{Cc}	3,5±0,1 ^{Be}	P _{p*c} <0,0001
	5. dan	3,2±0,1 ^{Dc}	3,8±0,1 ^{Dc}	3,9±0,0 ^{Cbc}	4,0±0,1 ^{Da}	4,0±0,1 ^{Cba}		3,3±0,0 ^{Cd}		3,3±0,1 ^{Cd}	
	7. dan							2,8±0,1 ^{Da}		2,8±0,2 ^{Da}	
	9. dan							2,5±0,1 ^{Ea}		2,5±0,1 ^{Ea}	
	11. dan							2,3±0,1 ^{Fa}		2,2±0,1 ^{Fa}	

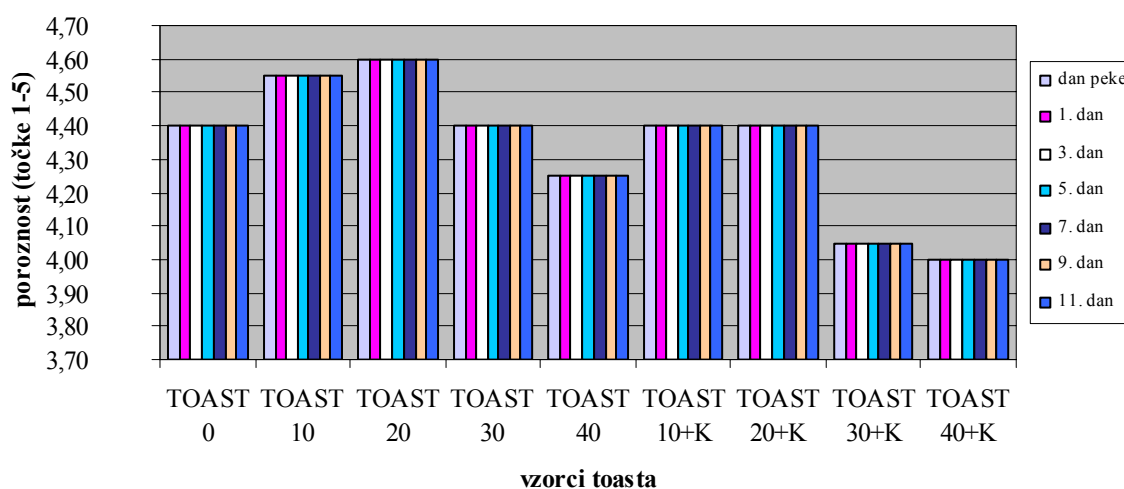
znač. –P≤0,001 statistično zelo visoko značilen vpliv; P≤0,01 statistično visoko značilen vpliv; P≤0,05 statistično značilen vpliv; nz – neznačilen vpliv (P>0,05); ^{a, b, c, d, e, f, g} skupine z enako črko znotraj stolca se med seboj statistično značilno ne razlikujejo (P>0,05); ^{A, B, C, D, E, F, G, H} skupine z enako črko znotraj vrstice se med seboj statistično značilno ne razlikujejo (P>0,05).

4.1.3.1 Vpliv % dodatka kislega testa z dodatkom konzervansa in brez dodatka konzervansa (K) na poroznost sredice toasta

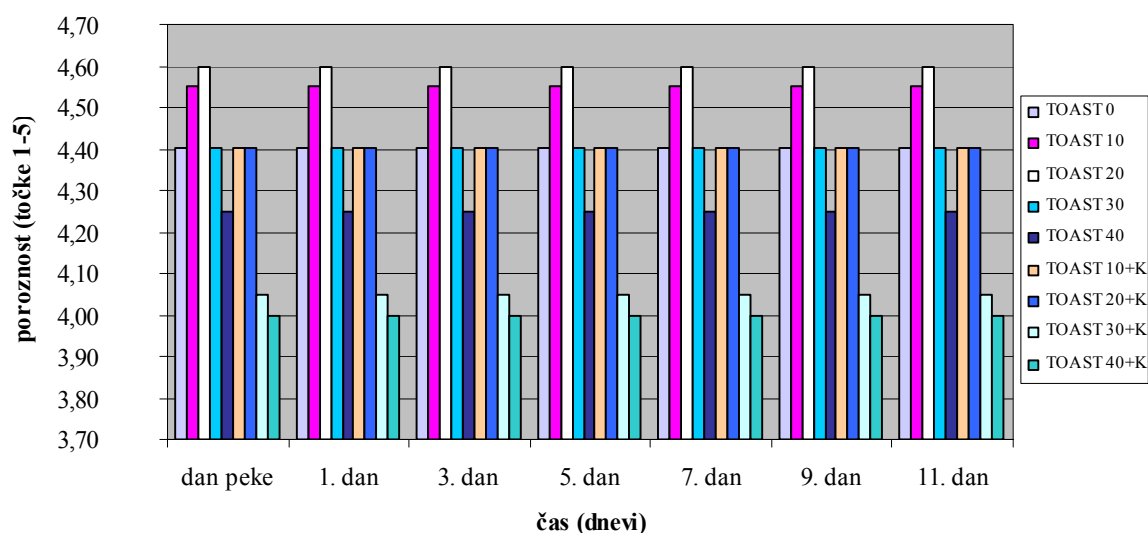
Preglednica 18: Rezultati senzoričnega ocenjevanja poroznosti sredice toasta z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)

vzorci toasta	poroznost (točke 1-5)						
	dan peke	1. dan	3. dan	5. dan	7. dan	9. dan	11. dan
TOAST 0	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40
TOAST 10	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55	4,55
TOAST 20	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60
TOAST 30	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40
TOAST 40	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25	4,25
TOAST 10+K	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40
TOAST 20+K	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40
TOAST 30+K	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05
TOAST 40+K	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

Vrednosti za poroznost predstavljajo povprečne vrednosti treh ocenjevanj.



Slika 24: Vpliv % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K) na poroznost sredice toasta



Slika 25: Vpliv časa skladiščenja na poroznost sredice toasta z dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)

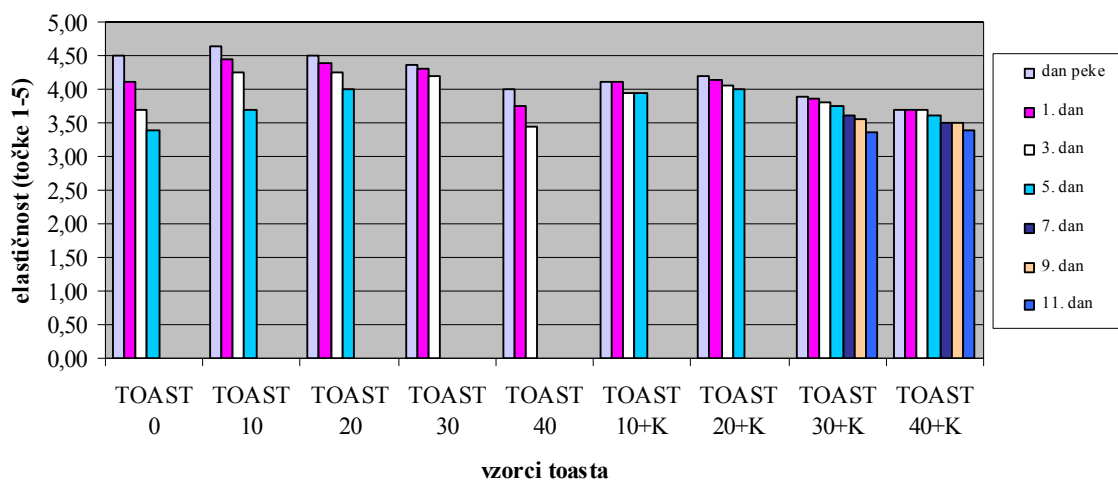
Poroznost toastov z dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K) se s časom skladiščenja ni spreminjala. Največjo poroznost so imeli toasti z 10 % in 20 % dodatkom kislega brez dodatka konzervansa. Toasti s 30 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in toasti z 10 % in 20 % dodatkom kislega testa z dodatkom konzervansa (K) se statistično niso razlikovali od kontrolnega vzorca.

4.1.3.2 Vpliv % dodatka kislega testa z dodatkom konzervansa in brez dodatka konzervansa (K) na elastičnost sredice toasta

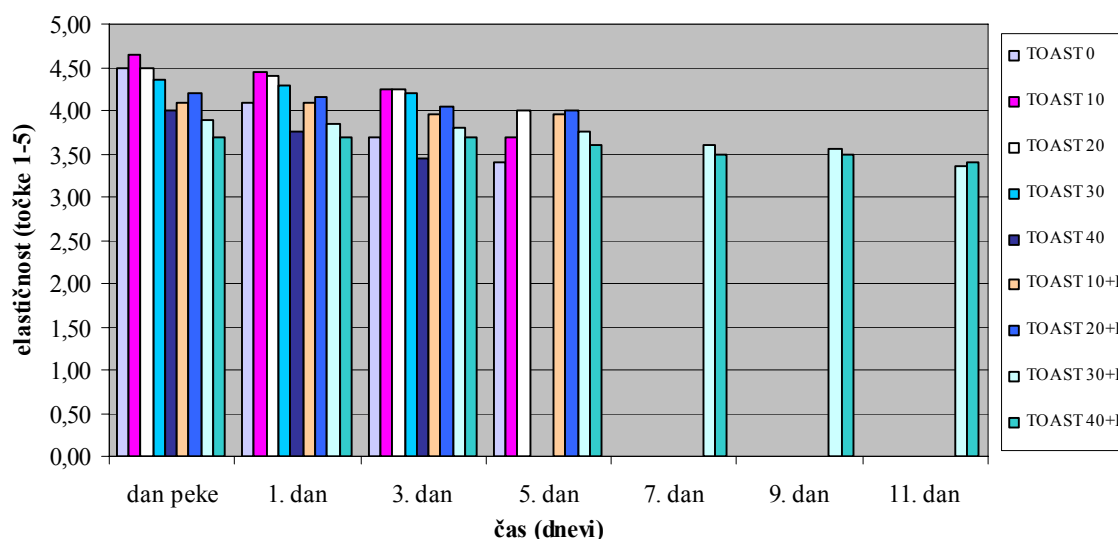
Preglednica 19: Rezultati senzoričnega ocenjevanja elastičnosti sredice toasta z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)

vzorci toasta	elastičnost (točke 1-5)						
	dan peke	1. dan	3. dan	5. dan	7. dan	9. dan	11. dan
TOAST 0	4,50	4,10	3,70	3,40			
TOAST 10	4,65	4,45	4,25	3,70			
TOAST 20	4,50	4,40	4,25	4,00			
TOAST 30	4,35	4,30	4,20				
TOAST 40	4,00	3,75	3,45				
TOAST 10+K	4,10	4,10	3,95	3,95			
TOAST 20+K	4,20	4,15	4,05	4,00			
TOAST 30+K	3,90	3,85	3,80	3,75	3,60	3,55	3,35
TOAST 40+K	3,70	3,70	3,70	3,60	3,50	3,50	3,40

Vrednosti za elastičnost predstavljajo povprečne vrednosti treh ocenjevanj.



Slika 26: Vpliv % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K) na elastičnost sredice toasta



Slika 27: Vpliv časa skladiščenja na elastičnost sredice toasta z dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)

Glede na % dodatka kislega testa so bili najbolj elastični toasti z 10 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa, sledili so mu kontrolni vzorec in toasti z 20 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa. Najmanj elastični so bili toasti s 40 % dodatkom kislega testa z dodatkom konzervansa (K).

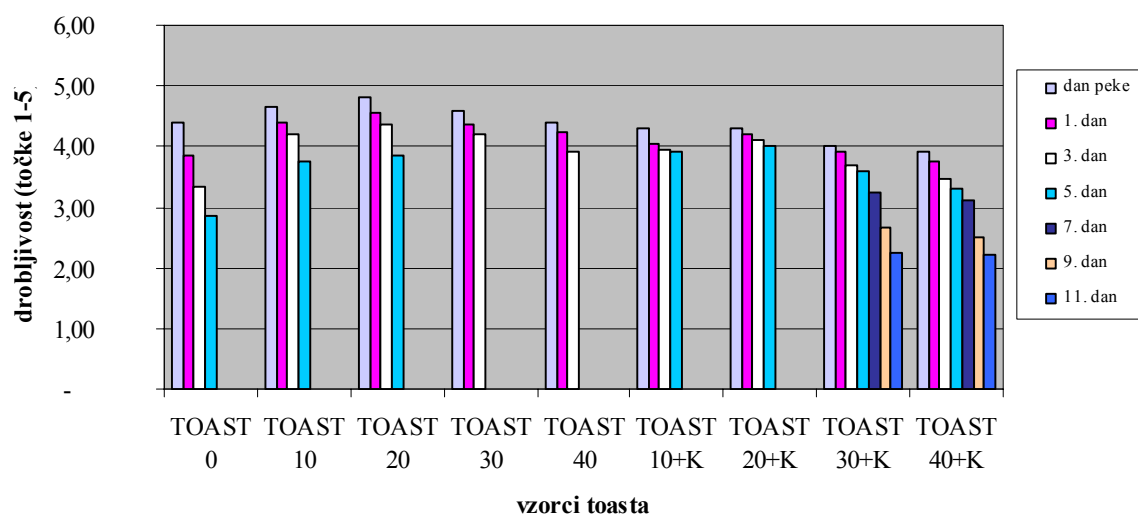
Po času skladiščenja so se statistično značilno razlikovali toasti brez dodatka kislega testa ter toasti z 10 %, 20 % in 40 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa, elastičnost toastov s 30 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa pa se s časom se ne razlikuje.

4.1.3.3 Vpliv % dodatka kislega testa z dodatkom konzervansa in brez dodatka konzervansa (K) na drobljivost sredice toasta

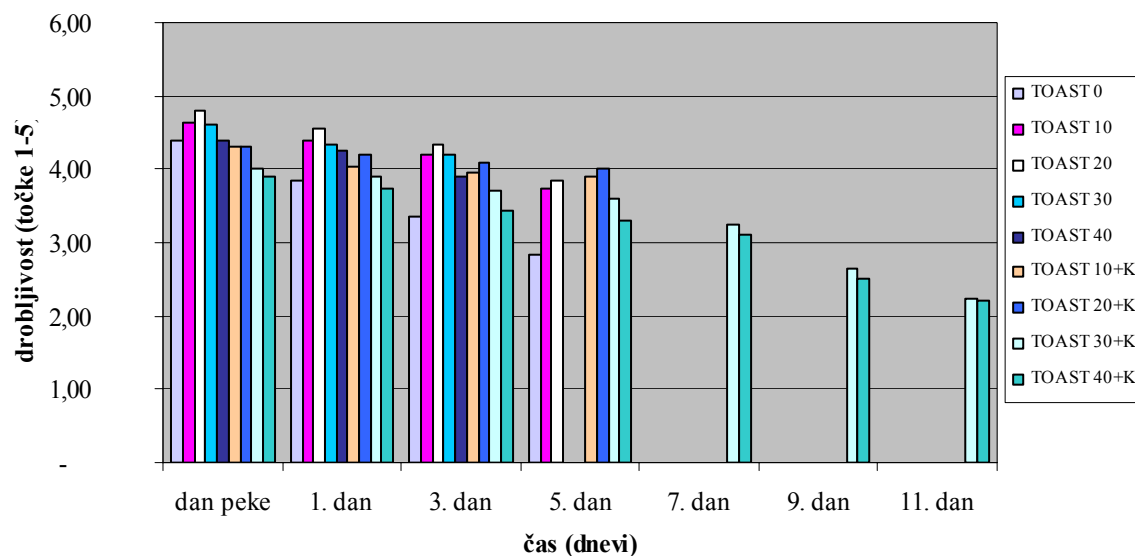
Preglednica 20: Rezultati senzoričnega ocenjevanja drobljivosti sredice toasta z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)

vzorci toasta	drobljivost (točke 1-5)						
	dan peke	1. dan	3. dan	5. dan	7. dan	9. dan	11. dan
TOAST 0	4,40	3,85	3,35	2,85			
TOAST 10	4,65	4,40	4,20	3,75			
TOAST 20	4,80	4,55	4,35	3,85			
TOAST 30	4,60	4,35	4,20				
TOAST 40	4,40	4,25	3,90				
TOAST 10+K	4,30	4,05	3,95	3,90			
TOAST 20+K	4,30	4,20	4,10	4,00			
TOAST 30+K	4,00	3,90	3,70	3,60	3,25	2,65	2,25
TOAST 40+K	3,90	3,75	3,45	3,30	3,10	2,50	2,20

Vrednosti za drobljivost predstavljajo povprečne vrednosti treh ocenjevanj.



Slika 28: Vpliv % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K) na drobljivost sredice toasta



Slika 29: Vpliv časa skladiščenja na drobljivost sredice toasta z dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)

Najmanj so se drobili toasti z 10 % in 20 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa.

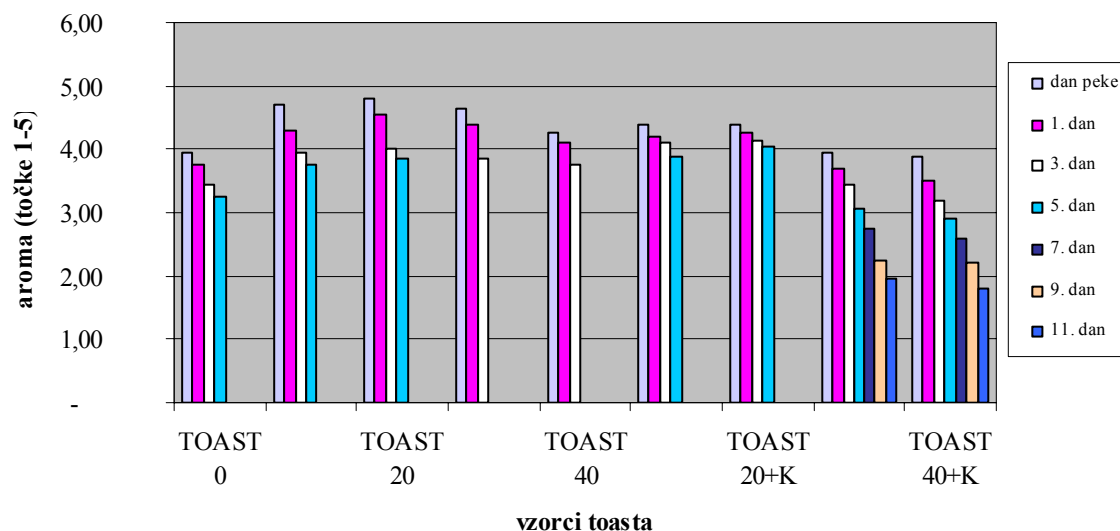
Po času so se statistično značilno razlikovali toasti brez dodatka kislega testa ter toasti z 10 %, 20 %, 40 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in 40 % dodatkom kislega testa z dodatkom konzervansa (K). Največjo drobljivost so imeli toasti brez dodatkom kislega testa ter toasti s 40 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa.

4.1.3.4 Vpliv % dodatka kislega testa z dodatkom konzervansa in brez dodatka konzervansa (K) na aromo sredice toasta

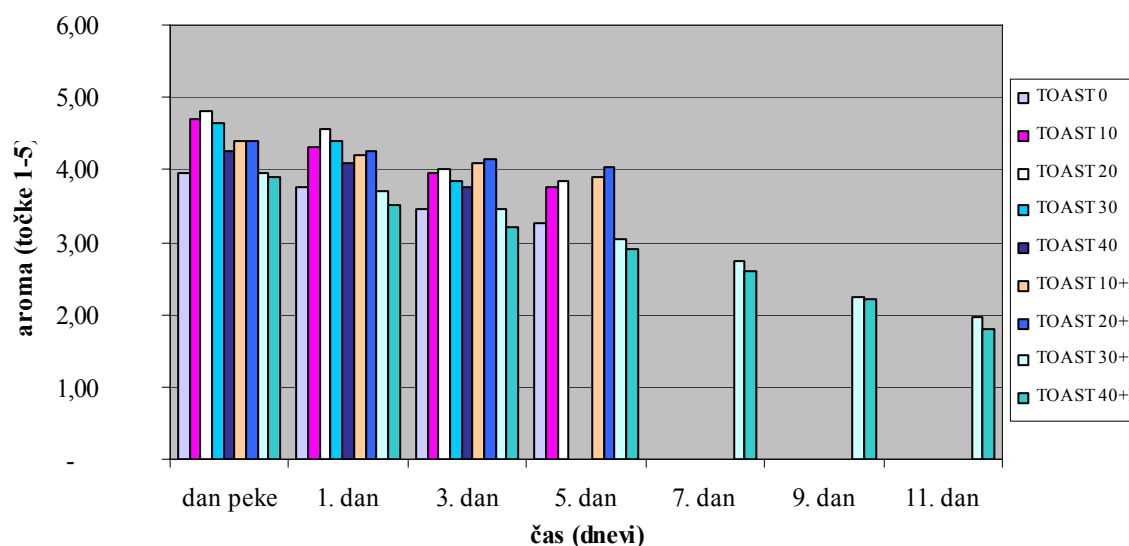
Preglednica 21: Rezultati senzoričnega ocenjevanja arome sredice toasta z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)

vzorci toasta	aroma (točke 1-5)						
	dan peke	1. dan	3. dan	5. dan	7. dan	9. dan	11. dan
TOAST 0	3,95	3,75	3,45	3,25			
TOAST 10	4,70	4,30	3,95	3,75			
TOAST 20	4,80	4,55	4,00	3,85			
TOAST 30	4,65	4,40	3,85				
TOAST 40	4,25	4,10	3,75				
TOAST 10+K	4,40	4,20	4,10	3,90			
TOAST 20+K	4,40	4,25	4,15	4,05			
TOAST 30+K	3,95	3,70	3,45	3,05	2,75	2,25	1,95
TOAST 40+K	3,90	3,50	3,20	2,90	2,60	2,20	1,80

Vrednosti za arome predstavljajo povprečne vrednosti treh ocenjevanj.



Slika 30: Vpliv % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K) na drobljivost sredice toasta



Slika 31: Vpliv časa skladiščenja na aromo sredice toasta z dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)

Najbolj aromatični so bili toasti z 10 %, 20 % in 30 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa.

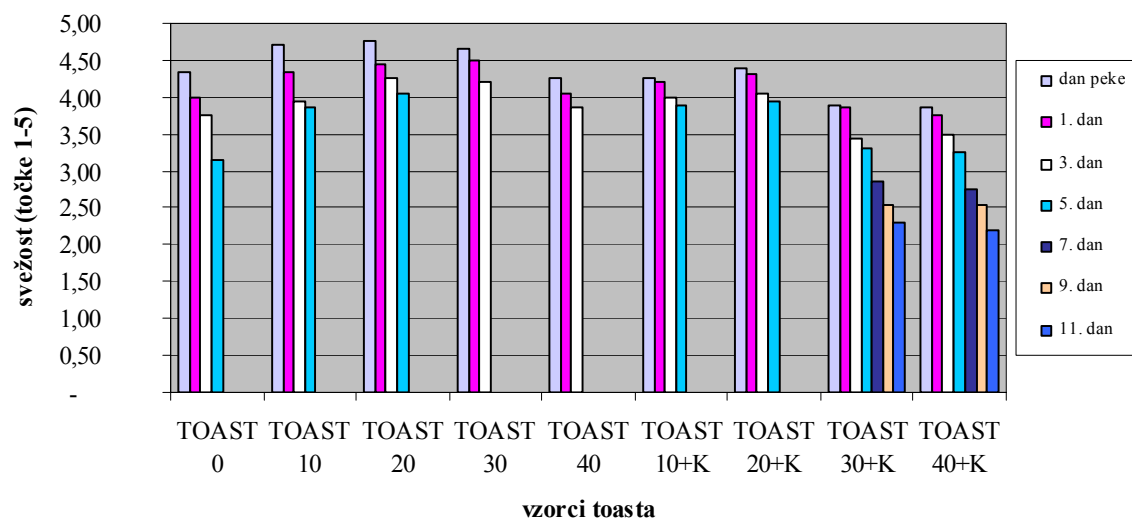
Po času so se statistično značilno razlikovali toasti brez dodatka kislega testa ter toasti z 10 %, 20 % in 30 % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in toasti 20 %, 30 % in 40 % dodatkom kislega testa z dodatkom konzervansa (K). Najdlje so aromo zadržali toasti z 10 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in toasti z 10 % in 20 % dodatkom kislega testa z dodatkom konzervansa (K).

4.1.3.5 Vpliv % dodatka kislega testa z dodatkom konzervansa in brez dodatka konzervansa (K) na svežost sredice toasta

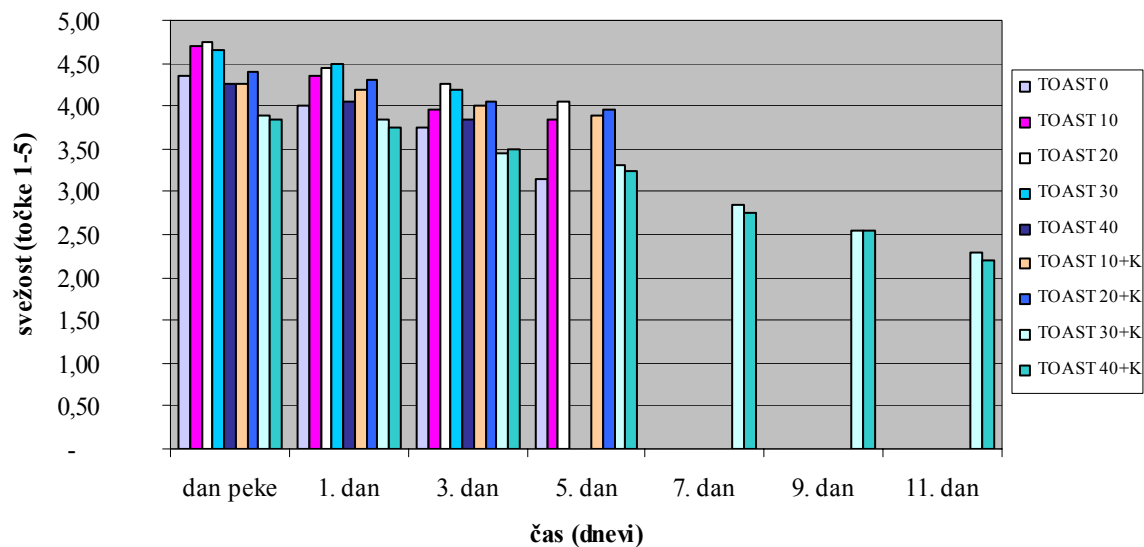
Preglednica 22: Rezultati senzoričnega ocenjevanja arome sredice toasta z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)

vzorci toasta	aroma (točke 1-5)						
	dan peke	1. dan	3. dan	5. dan	7. dan	9. dan	11. dan
TOAST 0	3,95	3,75	3,45	3,25			
TOAST 10	4,70	4,30	3,95	3,75			
TOAST 20	4,80	4,55	4,00	3,85			
TOAST 30	4,65	4,40	3,85				
TOAST 40	4,25	4,10	3,75				
TOAST 10+K	4,40	4,20	4,10	3,90			
TOAST 20+K	4,40	4,25	4,15	4,05			
TOAST 30+K	3,95	3,70	3,45	3,05	2,75	2,25	1,95
TOAST 40+K	3,90	3,50	3,20	2,90	2,60	2,20	1,80

Vrednosti za svežost predstavljajo povprečne vrednosti treh ocenjevanj.



Slika 32: Vpliv % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K) na svežost sredice toasta



Slika 33: Vpliv časa skladiščenja na svežost sredice toasta z dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa (K)

Najdlje so ostali sveži toasti z 20 % in 30 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa, ki se od kontrolnega vzorca in toastov z 10 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa tudi statistično značilno razlikujejo.

5 RAZPRAVA

Namen diplomske naloge je bil preučiti vpliv kislega testa na kakovost toasta. Primerjali smo toaste brez dodatka kislega testa, toaste z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa ter toaste z različnim % dodatkom kislega testa z dodatkom konzervansa. Zanimalo nas je, kakšen % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa najbolj vpliva na kakovost in trajnost toasta. S pomočjo fizikalno-kemijskih analiz (trdota sredice, kislinska stopnja, pH vrednosti) ter senzoričnih analiz (aroma, okus, tekstura ter podaljšanje obstojnosti) smo določili kakovost toasta.

Vse prej našteve lastnosti toasta smo spremljali na dan peke, prvi, tretji, peti, sedmi, deveti in enajsti dan po peki oziroma tako dolgo, dokler se na toastu ni pojavila vidna plesen. Dodajali smo različen % dodatka kislega testa (0, 10, 20, 30 in 40) h glavnemu zamesu brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa.

S pomočjo statistične analize rezultatov meritev pa smo poskušali ugotoviti primernost uporabe kislih test v pripravi toastov in njegove optimalne količine.

Toast smo pripravljali s pšenično moko tipa 500 po enaki recepturi brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa ter različnim % dodatka kislega testa. Kislo testo smo pripravili z dodatkom heterofermentativne kulture *Lactobacillus brevis* en dan prej ter ga pustili fermentirati 18 h pri temperaturi 30 °C.

Z instrumentalno analizo smo merili trdoto sredic toastov in tako dopolnili senzorično ocenjevanje.

- TRDOTA SREDICE TOASTA

Trdoto sredic toastov smo merili po standardizirani metodi AACC 74-09 s pomočjo penetrometra. Iz eksperimentalno dobljenih rezultatov merjenja smo ugotovili, da različni % dodatka kislega testa močno vplivajo na trdoto sredice toastov.

Ugotovili smo, da se je trdota sredic toastov z dnevi večala ne glede na dodano količino kislega testa. Vendar so posamezne količine dodatka kislega testa različno močno zmanjšale trdoto sredic toastov.

Trdota sredice toastov je bila na dan peke pri toastih z 10 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa podobna. Pri toastih z 20 % dodatkom kislega testa z dodatkom konzervansa je bila isti dan trikrat večja, s časom skladiščenja (prvi, tretji in peti dan) pa je postala dvakrat večja kot pri toastih z 20 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa. Razlika je bila še opaznejša pri toastih z višjim % dodatka kislega testa. Pri toastih s 30 % dodatkom kislega testa je bila trdota toastov brez dodatka konzervansa na dan peke štirikrat manjša kot pri toastih s 30 % dodatkom kislega testa z dodatkom konzervansa, pri toastih s 40 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa pa celo šestkrat manjša kot pri toastih s 40 % dodatkom kislega testa z dodatkom konzervansa.

Prvi in tretji dan po peki pri toastih s 30 % in 40 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa je bila trdota približno trikrat manjša kot pri toastih z istim % dodatka kislega testa z dodatkom konzervansa.

Tretji dan je imel toast s 30 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa v skupini toastov z različnim % dodatka kislega brez dodatka konzervansa najmanjšo trdoto, sledila sta mu toasta s 40 % in z 20 % dodatkom kislega testa. V skupini toastov z dodatkom kislega testa in z dodatkom konzervansa je imel tretji dan najmanjšo trdoto toast z 10 % dodatkom kislega testa, sledili so mu toasti z 10 %, 30 % in 40 % dodatkom kislega testa, a s skoraj še enkrat večjo trdoto.

Peti dan se je toastu s 30 % in 40 % dodatkom kislega testa brez dodatka konzervansa pojavila vidna plesen, zato meritve niso bile možne. Med ostalimi je imel najmanjšo trdoto toast z 20 % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa.

Sedmi, deveti in enajsti dan so bile meritve možne samo še s toasti s 30 % in 40 % dodatkom kislega testa z dodatkom konzervansa. Trdota se je z časom skladiščenja večala, toast z največjo trdoto je bil pripravljen s 40 % dodatkom kislega testa.

Najpočasnejši proces staranja smo ugotovili pri toastu s 30 % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa, pri toastih z dodatkom konzervansa pa je bila najmanjša trdota izmerjena v skupini z 10 % dodatkom kislega testa.

- KISLINSKA STOPNJA IN pH VREDNOST SREDIC TOASTA

Kislinske stopnje in pH vrednost sredic toastov smo merili isti dan, prvi, tretji, peti, sedmi, deveti in enajsti dan po peki oziroma tako dolgo, dokler se ni pojavila vidna plesen. Kakovost kruha je odvisna od stopnje kislosti testa, le-ta pa od kislinske stopnje moke. Kislinske stopnje in tudi pH vrednosti vplivajo na aromo in okus kruhov ter na strukturne lastnosti sredice, kot so elastičnost, drobljivost in trdota.

Najnižje kislinske stopnje in najvišje pH vrednosti je imel po pričakovanju kontrolni vzorec z 0 % dodatka kislega testa. Na kislinsko stopnjo in pH vrednost imajo starter kulture statistično značilen vpliv.

Kislinske stopnje sredic toastov z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa so se izredno malo spreminjale s časom skladiščenja. Vrednosti kislinskih stopenj skupin toastov brez dodatka konzervansa so se na dan peke gibale med 1,1 in 1,2, prvi, tretji ter peti dan pa med 1,2 in 1,3. Razlike med vrednostmi kislinskih stopenj toastov znotraj skupin z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in skupin z dodatkom konzervansa so majhne in statistično značilne. Vendar pa so vrednosti toastov z različnim % dodatka kislega testa in dodatkom konzervansa že na dan peke višje kot pri toastih brez dodatka konzervansa. Do enajstega dne so se vrednosti toastov s 30 % in 40 % dodatkom kislega testa z dodatkom konzervansa gibale med 2,2 in 2,4.

Kislinske stopnje so s časom skladiščenja statistično značilno naraščale ne glede na različen % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa ali z dodatkom konzervansa. Najbolj so se razlikovale pri toastih s 40 % dodatkom kislega testa brez dodatka

konzervansa in pri toastih z 10 % dodatkom kislega testa z dodatkom konzervansa. Med ostalimi toasti so razlike majhne. Najnižje vrednosti kislinskih stopenj sredice toastov smo izmerili pri toastih brez dodatka kislega testa, najvišje pa pri toastih z 20 % in 40 % dodatkom kislega testa z dodatkom konzervansa.

- **SENZORIČNA OCENA TOASTOV:**

Senzorično smo ocenjevali lastnosti poroznost, elastičnost, drobljivost, aromo in svežost toastov. Z ocenjevanjem smo poskušali ugotoviti vpliv različnega % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa ter vpliv časa skladiščenja. Iz podatkov je razviden statistično zelo visok vpliv različnega % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa in z dodatkom konzervansa ter časa skladiščenja na posamezne senzorične ocene toastov.

V skupini toastov brez dodatka konzervansa so bili najvišje ocenjeni toasti z 10 %, 20 % in 30 % dodatkom kislega testa, v skupni toastov z dodatkom konzervansa pa toasti z 10 % in 20 % dodatkom kislega testa.

Slabše so bili ocenjeni toasti brez dodatka kislega testa ter toasti z najvišjim (40) % dodatkom kislega testa brez konzervansa in s konzervansom.

S časom skladiščenja so se vse senzorične ocene razen poroznosti poslabšale, najslabše ocenjeni toast je bil pripravljen brez dodatka kislega testa.

Trajnost pakiranih toastov brez dodatka konzervansa je bila tri oziroma pet dni, trajnost pakiranih toastov z dodatkom konzervansa pa je bila enajst dni, trinajsti dan smo opazili pojav vidne plesni.

6 SKLEPI

Na osnovi opravljenih analiz, dobljenih rezultatov in razprave lahko zaključimo:

- Dodatek kislega testa, pripravljenega s heterofermentativno mlečnokislinsko kulturo *Lactobacillus brevis*, vpliva na fizikalno-kemijske parametre (trdoto sredice, kislinsko stopnjo, pH vrednost) in na senzorično kakovost toastov.
- Trdota sredic toastov se poveča s časom skladiščenja ne glede na dodano količino kislega testa brez ali z dodatkom konzervansa. Hitrost staranja sredice je najpočasnejša pri toastu, pripravljenem s 30 % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa oz. z 10 % dodatka kislega testa z dodatkom konzervansa.
- Hitrost staranja sredic toastov, pripravljenih s pomočjo kislih test, je počasnejša kot pri toastih, pripravljenih brez dodatka kislega testa. Z višanjem % dodatka kislega testa brez in z dodatkom konzervansa (K) vrednost kislinske stopnje raste, pH vrednost pa pada.
- Toasti, pripravljeni z 10 % in 20 % dodatka kislega testa brez in z dodatkom konzervansa ter toasti s 30 % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa imajo boljše senzorično oceno kot toasti, pripravljeni brez dodatka kislega testa, s 30 % dodatka kislega testa z dodatkom konzervansa ter 40 % dodatka kislega testa brez in z dodatkom konzervansa.
- Dodatek konzervansa (sorbinska kislina) statistično značilno vpliva na trajnost toastov, ne glede na količino uporabljenega kislega testa. Najbolj pa je dodatek kislega testa opazen pri toastih z višjim % dodatka kislega testa (30 in 40), saj se njihova trajnost podaljša za več kot 100 %. Vendar pa je senzorična kakovost teh slabša.
- Ob upoštevanju vseh fizikalno-kemijskih in senzoričnih rezultatov meritev lahko sklepamo, da je najbolj primeren 20% in 30 % dodatek kislega testa brez dodatka konzervansa ter 10 % in 20 % dodatek kislega testa z dodatkom konzervansa.

7 POVZETEK

V sodobnem svetu želijo potrošniki aromatične, okusne in čimbolj trajne pekarske izdelke, česar pa se samo z uporabo pekovskega kvasa ne da doseči. Eden od možnih načinov izboljšave v tehnologiji pripravljanja pekarskih izdelkov je uporaba kislega testa, ki postaja odločilnega pomena za kvaliteto na tem področju.

Fermentacija kislega testa služi tako za tvorbo plinov kot tudi za izboljšanje teksture, arome in trajnosti kruha. Tak učinek kislega testa je rezultat skupnega delovanja žitu lastnih encimov ter pri fermentaciji udeleženih mlečno-kislinskih bakterij in kvasovk. Specifična sestava mikroflore kislega testa je odvisna od dodanih sestavin, starter kultur in pogojev za vodenje samega procesa. Poznamo različne načine vodenja procesa zaradi velikega števila različnih mlečno-kislinskih bakterij, kvasnih kultur in možnosti kontaminacij zaradi prisotnosti neželenih mikroorganizmov.

Kislo testo smo pripravili iz vode in moke ter dodatka liofilizirane kulture *L. brevis*. Fermentacija je potekala pri temperaturi 30 °C, 18 h. Kislo testo smo dodajali glavnemu zamesu v različnih količinah brez dodatka konzervansa: 0 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 % in z dodatkom konzervansa: 10 %, 20 %, 30 %, 40 %.

Namen našega dela je bil preučiti vpliv kislega testa na kakovost toasta, na njegovo aromo, vonj, okus, teksturo ter podaljšanje obstojnosti. Primerjali smo toaste z različnim % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa ter z dodatkom konzervansa (K). S pomočjo fizikalno-kemijskih analiz (trdota sredice, kislinska stopnja, pH vrednosti) ter senzoričnih analiz (aroma, okus, tekstura ter podaljšanje obstojnosti) smo določili kakovost toasta.

Dodatek kislega testa, pripravljenega s heterofermentativno mlečnokislinsko kulturo *Lactobacillus brevis* vpliva na fizikalno-kemijske parametre (trdoto sredice, kislinsko stopnjo, pH vrednost) in na senzorično kakovost, saj izboljša njegovo aromo, teksturo in podaljša trajnost. Dodatek konzervansa trajnost toasta podaljša za več kot 100 %. Hitrost staranja sredic toastov, pripravljenih s pomočjo kislih test, je počasnejša kot pri toastih, pripravljenih brez dodatka kislega testa. Po senzoričnih lastnostih sta bila najboljše ocenjena toasta z 20 % in 30 % dodatka kislega testa brez dodatka konzervansa ter toasta z 10 % in 20 % dodatka kislega testa z dodatkom konzervansa.

8 VIRI

- AOAC official method 943.02, pH of flour. Potentiometric method. 1995. V: Official methods of analysis of AOAC International Vol. 2. 16th edit. Cunniff P. (ed.). Arlington, AOAC International: chapt. 32 – 11 – 11.
- Apling E. C. 1993. Breadmaking processes. V: Encyclopedia of food science, food technology and nutrition. Vol. 1 Macrae R., Robinson R. K., Sadler M. J. (eds.) London, Academic Press: 457-467.
- Antuna-Cervera B. 1994. Biotechnological characterization of lactic acid bacteria isolated from bread dough and the regulation of acid production as a function of environmental conditions. Thesis. Valencia, University of Valencia: abstract, 1 str.
- Aspinall G. O. 1980. Chemistry of cell wall polysaccharides. V: The biochemistry of plants. Vol. 3 Preiss J. (ed.). New York, Academic Press: 473-500.
- Auerman L. 1988. Tehnologija pekarske proizvodnje. Novi Sad, Tehnološki fakultet: 26-32, 149-177.
- Barber S., Torner M. J., Martinez-Anaya M. A. 1989. Microflora of the sourdough of wheat flour bread IX. Biotechnical characteristics and baking performance of wheat doughs elaborated with mixtures of pure microorganisms. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 189: 6-11.
- Batič M. 1999. Tradicionalni proizvodi z veliko prihodnostjo. Slovenska strokovna revija za mlinarstvo in pekarstvo, 3: 4-8.
- Batič M, Raspor P. 1994. Kvasna biomasa kot aditiv. V: Aditivi: "Dodatki-tehnologija-zdravje". 16. Bitenčevi živilski dnevi. Bled, 9.-10. junij 1994. Raspor P. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 23-25.
- Bode J., Seibel W. 1982. Säuerungen und Führungen-Begriffsbestimmungen. *Getreide-Mehl und Brot*, 36: 11-12.
- Bushuk W., Thachuk R. 1991. Gluten proteins. V: Advances in cereal science and technology. Vol. 5, Pomeranz Y. (ed.). St. Paul, American Association of Cereal Chemists: 57-89.
- Cenčič L. 1994. Prednosti kislega testa. *Sodobno kmetijstvo*, 27: 88-91.
- Clarke C. I., Schober T. J., Angst E., Arendt E. K. 2003. Use of response surface methodology to investigate the effects of processing conditions on sourdough wheat bread quality. *European Food Research and Technology*, 217: 23-33.

- Corsetti A., Gobetti M., Balestrieri F., Paoletti F., Russi L., Rossi J. 1998a. Sourdough lactic acid bacteria effects on bread firmness and staling. *Journal of Food Science*, 63: 347-351
- Cvrtila A. 2002. Što stariji, to bolji – ne vrijedi za kruh. *Novi pekar*, 2, 12: 32-33.
- Česen M. 2001. Pekarske učne delavnice francoskega kruha in peciva ali Praktična uporaba mlečnokislinskih kultur v pekovskih izdelkih. *Interno gradivo. Maribor, Kruh-Pecivo Maribor*: 1-4.
- Damiani P., Gobetti M., Cossignani L., Corsetti A., Simonetti S., Rossi J. 1996. The sourdough microflora. Characterization of hetero- and homofermentative lactic acid bacteria, yeasts and their interaction on the basis of the volatile compounds produced. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 29: 63-70.
- De Vuyst L., Vandamme E. J. 1994. Antimicrobial potential of lactic acid bacteria. V: *Bacteriocines of lactic acid bacteria: microbiology, genetics and applications*. De Vuyst L., Vandamme E. J.(eds.) London, Blackie Academic and Professional: 536-536.
- Đaković L. 1980. Pšenično brašno. 3. dopolnjena izd. Novi Sad, Tehnološki fakultet: 15-28.
- Eršte A. 1994. Vpliv aditivov na kakovost belega kruha. *Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo*: 5-5.
- Ferko R. 1997. Postavitev sistema ocenjevanja kakovosti kruha. *Magistrsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo*: 5-5.
- Fox P. F., Mulvihill D. M. 1982. Enzymes in wheat, flour and bread. V: *Advances in cereal science and technology*. Vol. 5. Pomeranz Y. (ed.). St. Paul, American Association of Cereal Chemists: 107-156.
- Galli A., Franzetti L., Fortina M. G. 1988. Isolation and identification of sour dough microflora. *Microbiologie-Aliments-Nutrition*, 6: 345-351.
- Gobetti M. 1998. The sourdough microflora: Interaction of lactic acid bacteria and yeasts. *Trends in Food Science & Technology*, 9: 267-274.
- Gobetti M., Corsetti A., Rossi J. 1995. Interaction between lactic acid bacteria and yeasts in sourdough using a rheofermentometer. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 11, 6: 625-630.
- Gobetti M., Corsetti A., Rossi J. 1994. The sourdough microflora. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 10, 3: 275-279.

- Gobetti M., Simonetti S., Corsetti A., Santinelli F., Rossi J., Damiani P. 1995. Volatile compound and organic acid productions by mixed wheat sourdough starters: influence of fermentation parameters and dynamics during baking. *Food Microbiology*, 12, 6: 497-507.
- Gobetti M., Simonetti S., Rossi J., Cossignani L., Corsetti A., Damiani P. 1994. Free D- and L-amino acid evolution during sourdough fermentation and baking. *Journal of Food science*, 59, 4: 881-884.
- Grba S. 2003b. Od kiselog vrenja do izvrznog tjesta. *Novi pekar*, 3, 16: 22-24.
- Greenwood C. T. 1976. *Starch. V: Advances in cereal science and technology. Vol. 1.* Pomeranz Y. (ed.). St. Paul, American Association of Cereal Chemists: 119-157.
- Hansen A., Lund B., Lewis M. J. 1989. Flavour production and acidification of sour doughs in relation to starter culture nad fermentation temperature. *Lebensmittel-Wissenschaft-und-Technologie*, 22: 145-149.
- Hansen B., Hull N., Hansen A. 1993. Farinogram studies on wheat doughs with added sour sough. *V: The Nordic Cereal Industry in an Intergrating Europe. Proceedings from the 25th Nordic Cereal Congress.* Helsinki, Finland, 6.-9. June 1993. Aalto-Kaarlenho T., Salovaara H. (eds.). Helsinki, University Press: 249-252.
- Hebeda R. E. , Zobel H. F. 1996. *Baked good freshness.* New York, Marcel Dekker: 1-15, 25-27.
- Hoseney R. C. 1984. Gas retention in bread doughs. *Cereal Foods World*, 29: 305-308.
- Hoseney R. C. 1994. *Principles of cereal science and technology.* 2nd ed. St. Paul, American Association of Cereal Chemists: 56-62.
- Hrovat M. 2000. Tehnološke osnove proizvodnje kruha. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 7-13, 32-34, 55-56, 61-62.
- Hrovat M. 2000. Surovine v pekarstvu in slaščičarstvu. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 32-33, 59-61.
- Kamel B. S., Stauffer C. E. (eds.), 1995. *Advances in baking technology.* London, Blackie Academic and Professional: 135-138.
- Kandler O., Weiss N. 1986. Genus *Lactobacillus*. *V: Bergey's manual of systematic bacteriology.* Vol. 2. Krieg N. R. (ed.). Baltimore, Williams and Wilkins: 1208-1234.
- Knez M. 1974. Tehnologija pekarstva. Ljubljana, DZS: 64-95.

- Kramer A. 1973. Food texture definition, measurements and relation to other food quality attributes. V: Texture measurements of food. Kramer A., Szczesniak A.S. (eds.). Dordrecht, D. Reidel Publishing Company: 1-9.
- Linko Y. Y., Javanainen P., Linko S. 1997. Biotechnology of bread making. Trends in Food, Science & Technology, 8: 339-343.
- Lorenz K. 1981. Sourdough processes-methodology and biochemistry. Bakers' Digest, 55: 32-36.
- Marklinder I, Johansson L. 1995. Sourdoughs fermentation barley flours with varied content of mixed-linked (1→3), (1→4) β-D-glucanes. Food Microbiology, 12: 363-371.
- Markovič B. 1996. Vpliv ohlajevanja kruha na njegovo kakovost. Diplomaska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 10-10.
- Martinez-Anaya M. A., Collar C., Bendito de Barber C. 1995. Comparison of wheat flours from different European countries in microbiologically started breadmaking processes. Cereal Foods World, 40, 9: 605-610.
- Meigen B., Onno B., Gelinas P., Infantes M., Guliois S., Cahagnier B. 2001. Optimization of sourdough with *Lactobacillus brevis* and baker's yeast. Food Microbiology, 18, 3: 239-245.
- Mascaros A. F., Martinez C. S., Collar C. 1994. Metabolism of yeasts and lactic acid bacteria during dough fermentation relating functional characteristics of fermented doughs. Revista Espanola de Ciencia y Tecnologia de Alimentos. 34, 6: 623-642.
- Morrison W. R., 1978. Lipids. Cit. po: Hoseney R. C. 1994. Principles of cereal science and technology. 2nd ed. St. Paul, American Association of Cereal Chemists: 87-92.
- Nekrep F. V. 1996. Bakterije in arheje. V: Biotehnologija. Osnovna znanja. Raspor P. (ed.). Ljubljana, BIA: 35-38.
- Onishi H., Kajitani T., Okada H., Mori H., Takaki S. 2001. Bread making using brewing microorganisms. II. Sour bread making using the new starter. Journal of the Brewing Society of Japan, (Nippon Jozokyoikai Shi), 96, 5: 360-367.
- Plestenjak A. 2000. Tehnologija poljščin. Zapiski s predavanj. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo.
- Pravilnik ocenjevanja kakovosti kruha 2000. Žitna skupnost GIZ. Združenje pekov. Mlinarstvo in pekarstvo, 14: 15-19.

- Pravilnik o metodah jemanja vzorcev ter o metodah fizikalnih in kemičnih analiz za kontrolo kakovosti žit, mlevskih in pekarskih izdelkov, testenin in hitro zamrznjenega testa. 2003. Uradni list Republike Slovenije, 13, 83: 12395-12475.
- Röcken W., Mack H., Stiegelmeier B. 1996. Influencing actic acid formation in sourdoughs. *Getreide, Mehl und Brot*, 50, 6: 363-367.
- SAS/STAT 1999. SAS Software. Version 8.01. Cary, SAS Institute Inc.: software.
- Schünemann C., Treu G. 1999. *Technologie der Backwaren-Herstellung: Fachkundliches Lehrbuch für Bäcker und Bäckerinnen*. 7. Aufl. Alfred, Gildebuchverlag: 62-64, 118-120, 124-140.
- Seibel W., Brümmer J. M. 1991. The sourdough process for bread in Germany. *Cereal-Foods-World*, 36, 3: 299-300, 302, 304..
- Simsek O., Con A. H., Tulumoglu S. 2006. Isolating lactic starter cultures with antimicrobial activity for sourdough processes. *Food Control*: 17, 4: 263-270.
- Smerajec M. 2000. Tehnologija izdelave toasta. *Zapiski pri praktičnem delu v Pekarni Grosuplje*. Grosuplje, Pekarna Grosuplje: 2. str.
- Spicher G., Stephan H. 1987. *Handbuch: Sauerteige. Biologie, Biochemie, Technologie*/Spicher G., Stephan H., 3., aktualisierte Aufl. Hamburg, Behr's Verlag: 17-27, 41-59, 256-300.
- Stehlik-Tomas V. 2003. Ukorak sa svijetom do boljeg i trajnijeg kruha. *Novi pekar*, 3, 17: 34-37.
- Stehlik-Tomas V., Grba S. 1995. Growth of *Lactobacillus brevis* and simultaneous production of metabolites in different media. *Prehrambeno – Tehnološka i Biotehnološka revija*, 31, 4: 151-155.
- Zobel H. F., Kulp K. 1996. The staling mechanism. V: *Baked goods freshness: technology, evaluation and inhibition of staling*. Hebeda R. E., Zobel H. F. (eds.) New York, Marcel Dekker: 1-65.
- Wrigley C. W., Beitz J. A. 1988. Proteins and amino acids. V: *Wheat: Chemistry and technology*. 3rd ed. Vol. 1. Pomeranz Y. (ed.). St. Paul, American Association of Cereal Chemists: 159-276.

ZAHVALA

Diplomsko delo sem opravila v Pekarni Grosuplje in na Biotehniški fakulteti pod mentorstvom doc. dr. Andreja Plestenjaka in pod recenzentstvom doc. dr. Terezije Golob.

Obema se iskreno zahvaljujem za pomoč, vodenje in izkazano potrpljenje pri nastajanju diplomske naloge, koristne napotke, strokovne popravke ter preglede diplomskega dela.

Zahvaljujem se gospe Barbari Štiglic, vodji razvoja v Pekarni Grosuplje in njihovi tehnologinji Mojci Smerajec, za pomoč pri izvajanju eksperimentalnega dela diplomske naloge v Pekarni Grosuplje ter kolegici in tehnologinji Jerneji Krč, ki mi pomagala s strokovnimi nasveti, prav tako se zahvaljujem tudi vsem zaposlenim v podjetju.

Za pomoč in nasvete pri iskanju literature se zahvaljujem gospe Ivici Hočevar in gospe Barbari Slemenik.

Iskreno se zahvaljujem moji družini za vzpodbudo pri študiju in pomoč v težkih trenutkih: mami predvsem za moralno in finančno podporo, bratu Nikotu za tehnično podporo pri izdelavi diplomske naloge ter babici za to, da ni prenehala verjeti vame.

Iskrena hvala vsem!

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ŽIVILSTVO

Nataša KUŠAR

VPLIV KISLEGA TESTA NA KAKOVOST TOASTA

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

Ljubljana, 2006